

 M 2021

U. PORTO
FEUP FACULDADE DE ENGENHARIA
UNIVERSIDADE DO PORTO

DESENVOLVIMENTO DE ESTRATÉGIAS PREVENTIVAS PARA EVITAR NÃO CONFORMIDADES RESIDUAIS

FILIPA DA SILVA COSTA SANTOS

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO APRESENTADA

À FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO EM 27/01/2021

ÁREA CIENTÍFICA: CIÊNCIAS DA ENGENHARIA E TECNOLOGIAS > ENGENHARIA CIVIL

DESENVOLVIMENTO DE ESTRATÉGIAS PREVENTIVAS PARA EVITAR NÃO CONFORMIDADES RESIDUAIS

FILIPA DA SILVA COSTA SANTOS

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

Orientador: Professor Doutor Rui Manuel Gonçalves Calejo Rodrigues

JANEIRO DE 2021

MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA CIVIL 2020/2021

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Tel. +351-22-508 1901

Fax +351-22-508 1446

✉ miec@fe.up.pt

Editado por

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

Rua Dr. Roberto Frias

4200-465 PORTO

Portugal

Tel. +351-22-508 1400

Fax +351-22-508 1440

✉ feup@fe.up.pt

🌐 <http://www.fe.up.pt>

Reproduções parciais deste documento serão autorizadas na condição que seja mencionado o Autor e feita referência a *Mestrado Integrado em Engenharia Civil - 2020/2021 - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2021.*

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

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

O orientador reserva-se nos direitos sobre a autoria deste documento.

À minha família

*“Tudo o que custa, lustra. E tudo o que lustra, custa. Não há nada que lustre sem custar,
nem que custe sem lustrar.”*

António Manuel

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, Professor Doutor Rui Calejo, pela oportunidade de trabalhar sob a sua orientação, por todo o acompanhamento, por toda a ajuda e motivação ao longo do desenvolvimento deste trabalho e do restante período académico.

Aos meus pais, Angelina e António, aos meus irmãos, à minha avó e à Arminda, por todo o apoio, por toda a confiança, por todas as palavras de apreço e por todo o amor em que sempre me envolveram. Sem eles não teria chegado onde cheguei, e espero progredir no meu caminho com todos sempre a meu lado.

Aos meus amigos, da infância e da faculdade, pelas amizades que me orgulho de ter e que me fazem ser uma melhor pessoa, acompanhando-me em todos os períodos bons e maus.

À empresa Valor Triplo que, através da disponibilidade e interesse demonstrados na realização deste trabalho, possibilitou a análise de casos de estudo reais, permitindo o acesso às suas obras e informações.

RESUMO

Não existe uma metodologia específica para se realizar o controle da qualidade em obra, o que indica uma ausência de parâmetros qualitativos que demonstrem a eficácia do produto final. Devido a esta inexistência é comum encontrar-se não conformidades em fase de produção da obra, que não estão em concordância com o planejamento e/ou com o projeto, abrangendo desde uma simples troca de cor até erros que obrigam a demolições. Estas não conformidades podem ter implicações na qualidade do produto entregue ao cliente, nos custos e nos prazos estabelecidos, abalando a imagem da empresa.

O desenvolvimento de estratégias preventivas de modo a que seja possível evitar falhas ocorridas em fase de execução da obra é o objetivo desta dissertação. A estratégia do estudo incide, numa primeira parte, na observação das não conformidades ocorridas em obra, seguindo-se a realização de inquéritos aos trabalhadores, engenheiros e clientes da empresa. Após a recolha da informação obtida nos inquéritos e na observação direta das não conformidades, seguem-se entrevistas, conversas e reuniões onde são discutidas estas não conformidades de modo a que seja possível encontrar o “caminho de falha” que levou ao aparecimento da anomalia verificada em obra. Para tal, é proposta uma metodologia que se entende ser original tendo por base a criação de Árvores de Falhas que contemplem o maior número de causas possível. Posteriormente e após analisadas as não conformidades encontradas, determinadas as suas causas e as suas consequências seguiu-se a análise de recomendações e estratégias que previnam a ocorrência das anomalias em obra.

As conclusões retiradas no final deste estudo revelam que a atenção deve ser primeiramente direcionada para o controle da qualidade nos problemas associados ao planejamento, tendo em conta que esta é a categoria que apresenta um maior impacto negativo nos orçamentos e nos prazos das obras da empresa. Estas anomalias podem ser evitadas aplicando as soluções propostas nesta dissertação, recorrendo à implementação de medidas corretivas e preventivas.

PALAVRAS-CHAVE: Qualidade na Construção, Não Conformidades, Planejamento, Análise de Árvore de Falhas, Medidas Preventivas.

ABSTRACT

There is no specific methodology to perform the quality control on the construction site, which indicates an absence of qualitative parameters that demonstrate the quality of the elements of the final product. Due to this absence, it is common to find non-conformities in the production phase of the work, which are not in agreement with the planning and/or the project, ranging from a simple colour exchange to errors that compel demolitions. These non-conformities may have implications on the quality of the product delivered to the client, the costs, and the established deadlines, shaking the image of the company.

The development of preventive strategies so that it is possible to avoid failures that occur during the execution phase of the work is the objective of this dissertation. The strategy of this study focuses firstly on the observation of the non-conformities that occurred on the construction site, followed by surveys to workers, engineers and customers of the company. After gathering the information obtained from the surveys and direct observation of the non-conformities, it was followed interviews, conversations and meetings where these non-conformities were discussed so that it was possible to find the "failure path" that led to the appearance of the anomaly verified on site. To that end, a methodology was developed based on the creation of Fault Trees that contemplate as many causes as possible. Afterward and after analysing the non-conformities found, determined their causes and their consequences, it was followed the analysis of recommendations and strategies that prevent the occurrence of the anomalies on site.

The conclusions drawn at the end of this study reveal that the attention should first be directed to quality control in problems associated with planning, taking into account that this is the category that presents the highest negative impact on budgets and deadlines of the company's works. These anomalies can be avoided by applying the solutions proposed in this dissertation, using the implementation of corrective and preventive measures.

KEYWORDS: Quality in Construction, Non-conformities, Planning, Fault Tree Analysis, Preventive Measures.

ÍNDICE GERAL

AGRADECIMENTOS	i
RESUMO	iii
ABSTRACT	v
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. ENQUADRAMENTO GERAL	1
1.2. ENQUADRAMENTO CULTURAL, SOCIAL E ECONÓMICO	1
1.3. PROBLEMÁTICA A ABORDAR	2
1.4. ÂMBITO E OBJETIVOS	2
1.5. MÉTODO CIENTÍFICO	3
1.5.1. MÉTODO CIENTÍFICO HIPOTÉTICO-DEDUTIVO	4
1.5.2. MÉTODO DE ENGENHARIA	4
1.6. METODOLOGIA	5
1.7. ORGANIZAÇÃO DO DOCUMENTO	6
2. SÍNTESE DO CONHECIMENTO	7
2.1. BIBLIOMETRIA	7
2.1.1. INTRODUÇÃO	7
2.1.2. DESCRIÇÃO DOS DOCUMENTOS CONSULTADOS	7
2.1.3. ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS DOCUMENTOS UTILIZADOS	19
2.2. INTRODUÇÃO À REVISÃO DE LITERATURA	22
2.3. CONCEITO DE “QUALIDADE”	22
2.3.1. TOTAL QUALITY MANAGEMENT	23
2.3.2. QUALITY CONTROL CIRCLE	25
2.4. FALHAS, NÃO CONFORMIDADES E ERROS NA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO	26
2.4.1. FALHAS NA CONSTRUÇÃO	26
2.4.2. NÃO CONFORMIDADES NA CONSTRUÇÃO	26
2.4.3. ERROS NA CONSTRUÇÃO	27
2.5. PROBLEMAS NA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO	28
2.5.1. CAUSAS	28
2.5.2. IMPLICAÇÕES NOS CUSTOS	29

2.4.3. IMPLICAÇÕES NOS PRAZOS	30
2.6. SUCESSO DE UM PROJETO DE CONSTRUÇÃO	30
2.6.1. PRINCÍPIOS GERAIS	30
2.6.2. IMPORTÂNCIA DA LIDERANÇA NA CONSTRUÇÃO	31
2.6.3. RELAÇÃO ENTRE SEGURANÇA E QUALIDADE NA CONSTRUÇÃO	32
2.6.4. RELEVÂNCIA DA INOVAÇÃO NA CONSTRUÇÃO	32
2.7. PREVENÇÃO DE ERROS	32
2.8. GESTÃO DA CONSTRUÇÃO	33
2.8.1. PRINCÍPIOS GERAIS	33
2.8.2. GESTÃO DE ERROS	34
2.8.3. LESSONS LEARNED PROGRAM	35
2.8.4. SISTEMAS COMPUTACIONAIS	35
2.9. FERRAMENTAS DE ANÁLISE DE FALHAS	36
2.9.1. FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS	37
2.9.2. ÁRVORE DE FALHAS	38
2.9.3. ÁRVORE DE EVENTOS	38
2.10. SÍNTESE DOS CONCEITOS IMPORTANTES	39
3. ABORDAGEM A ERROS DE OBRA – ESTRUTURAÇÃO DE INQUÉRITOS	41
3.1. INTRODUÇÃO – ESTRUTURA DE ABORDAGEM DAS NÃO CONFORMIDADES	41
3.2. INQUÉRITOS AOS TRABALHADORES	41
3.2.1. ANÁLISE DA AMOSTRA	42
3.2.2. AVALIAÇÃO DA QUALIDADE	42
3.2.2.1. Avaliação da empresa	42
3.2.2.2. Avaliação da mão-de-obra	44
3.2.2.3. Avaliação dos equipamentos	47
3.2.2.4. Avaliação dos materiais de construção	47
3.2.2.5. Avaliação do planeamento e gestão	47
3.3. INQUÉRITOS AOS CLIENTES	49
3.3.1. ANÁLISE DA AMOSTRA	49
3.3.2. AVALIAÇÃO DA QUALIDADE	49
3.3.2.1. Avaliação da empresa	49

3.3.2.2. Avaliação da mão-de-obra	49
3.3.2.3. Avaliação do planeamento e gestão	50
3.3.3. ESPAÇO DE SUGESTÕES E OPINIÃO	51
3.4. CONCLUSÃO DOS INQUÉRITOS	51

4. METODOLOGIA DE ANÁLISE DE ERROS E FALHAS EM OBRA..... 53

4.1. INTRODUÇÃO AO CAPÍTULO	53
4.2. ANÁLISE DE ÁRVORES DE FALHAS	53
4.2.1. INTRODUÇÃO: O QUE É?.....	53
4.2.2. OBJETIVOS	54
4.2.3. VANTAGENS	55
4.2.4. COMPONENTES DA ÁRVORE DE FALHAS.....	55
4.3. PROCESSO DE APLICAÇÃO DA FTA	57
4.3.1. CONSIDERAÇÕES PRINCIPAIS.....	57
4.3.2. ETAPAS DA METODOLOGIA.....	58
4.4. CONSTRUÇÃO DA ÁRVORE DE FALHAS	59
4.4.1. ÁRVORE DE FALHAS: MÃO-DE-OBRA	60
4.4.2. ÁRVORE DE FALHAS: EQUIPAMENTOS	61
4.4.3. ÁRVORE DE FALHAS: MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO	63
4.4.4. ÁRVORE DE FALHAS: PLANEAMENTO.....	64
4.4.5. ÁRVORE DE FALHAS: GESTÃO	67
4.4.6. ÁRVORE DE FALHAS: TECNOLOGIAS CONSTRUTIVAS	69
4.4.7. ÁRVORE DE FALHAS: SOLUÇÕES CONSTRUTIVAS.....	70
4.5. OBJETIVO DA CONSTRUÇÃO E UTILIZAÇÃO DA ÁRVORE DE FALHAS	71

5. ANÁLISE DOS CASOS DE ESTUDO – NÃO CONFORMIDADES EM OBRA..... 73

5.1. ESTRUTURA DE ABORDAGEM	73
5.2. OBRA A	74
5.2.1. DESCRIÇÃO DA OBRA	74
5.2.2. CASO DE ESTUDO 01.....	74
5.2.3. CASO DE ESTUDO 02.....	76

5.3. OBRA B	79
5.3.1. DESCRIÇÃO DA OBRA	79
5.3.2. CASO DE ESTUDO 03.....	79
5.3.3. CASO DE ESTUDO 04.....	80
5.3.4. CASO DE ESTUDO 05.....	82
5.4. OBRA C	84
5.4.1. DESCRIÇÃO DA OBRA	84
5.4.2. CASO DE ESTUDO 06.....	84
5.5. OBRA D	87
5.5.1. DESCRIÇÃO DA OBRA	87
5.5.2. CASO DE ESTUDO 07.....	87
5.5.3. CASO DE ESTUDO 08.....	90
5.6. OBRA E	92
5.6.1. DESCRIÇÃO DA OBRA	92
5.6.2. CASO DE ESTUDO 09.....	93
5.7. OBRA F	95
5.7.1. DESCRIÇÃO DA OBRA	95
5.7.2. CASO DE ESTUDO 10.....	95
5.8. OBRA G	97
5.8.1. DESCRIÇÃO DA OBRA	97
5.8.2. CASO DE ESTUDO 11.....	97
5.9. OBRA H	100
5.9.1. DESCRIÇÃO DA OBRA	100
5.9.2. CASO DE ESTUDO 12.....	100
5.9.3. CASO DE ESTUDO 13.....	102
5.9.4. CASO DE ESTUDO 14.....	105
5.9.5. CASO DE ESTUDO 15.....	107
5.9.6. CASO DE ESTUDO 16.....	109
5.9.7. CASO DE ESTUDO 17.....	111
5.10. OBRA I	113
5.10.1. DESCRIÇÃO DA OBRA	113
5.10.2. CASO DE ESTUDO 18.....	113
5.10.3. CASO DE ESTUDO 19.....	115

5.11. OBRA J	117
5.11.1. DESCRIÇÃO DA OBRA	117
5.11.2. CASO DE ESTUDO 20.....	117
5.12. OBRA K	119
5.12.1. DESCRIÇÃO DA OBRA	119
5.12.2. CASO DE ESTUDO 21.....	119
5.12.3. CASO DE ESTUDO 22.....	122
5.13. OBRA L	123
5.13.1. DESCRIÇÃO DA OBRA	123
5.13.2. CASO DE ESTUDO 23.....	124
5.14. OBRA M	125
5.14.1. DESCRIÇÃO DA OBRA	125
5.14.2. CASO DE ESTUDO 24.....	125
5.14.3. CASO DE ESTUDO 25.....	128
5.14.4. CASO DE ESTUDO 26.....	130
5.15. OBRA N	132
5.15.1. DESCRIÇÃO DA OBRA	132
5.15.2. CASO DE ESTUDO 27.....	132
5.15.3. CASO DE ESTUDO 28.....	134
5.15.4. CASO DE ESTUDO 29.....	136
5.16. OBRA O	139
5.16.1. DESCRIÇÃO DA OBRA	139
5.16.2. CASO DE ESTUDO 30.....	139
5.16.3. CASO DE ESTUDO 31.....	141
5.16.4. CASO DE ESTUDO 32.....	142
6. ANÁLISE DE RESULTADOS	145
6.1. ESTRUTURA DE ABORDAGEM	145
6.2. DISTRIBUIÇÃO DOS PROBLEMAS POR CATEGORIAS	145
6.3. PRINCIPAIS CAUSAS DAS ANOMALIAS	146
6.4. IMPLICAÇÕES DAS ANOMALIAS NOS CUSTOS E NOS PRAZOS	148
6.4.1. ANÁLISE GERAL DAS IMPLICAÇÕES	148
6.4.2. ANÁLISE DA DISTRIBUIÇÃO DAS IMPLICAÇÕES POR CATEGORIA	149

6.4.2.1. Implicações nos custos	150
6.4.2.2. Implicações nos prazos	151
6.5. ANÁLISE DE ESTRATÉGIAS PREVENTIVAS	152
6.6. CONCLUSÕES DOS DADOS OBTIDOS	155
7. CONCLUSÃO	157
7.1. SÍNTESE DOS CAPÍTULOS	157
7.2. CONCLUSÕES FINAIS	158
7.3. DIFICULDADES SENTIDAS	159
7.4. DESENVOLVIMENTOS FUTUROS	160

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Notícia do jornal digital “Funchal Notícias”.....	1
Figura 2 – Organização do Método Científico.....	3
Figura 3 - Número de artigos por autor da amostra recolhida	20
Figura 4 - Distribuição dos artigos por ano tendo em conta a amostra recolhida	20
Figura 5 - Distribuição dos "temas gerais" presentes na amostra recolhida	21
Figura 6 – Fonte dos artigos presentes na amostra.....	21
Figura 7 - Esquema PDCA. Fonte: DOXPLAN (Junior, 2017)	25
Figura 8 - Distribuição dos anos de experiência profissional da amostra.	42
Figura 9 - Classificação da relação com a empresa, segundo a amostra.....	43
Figura 10 - Classificação das capacidades técnicas dos trabalhadores, segundo a amostra.	43
Figura 11 - Classificação do salário que recebem, segundo a amostra.....	44
Figura 12 - Resposta dos trabalhadores relativamente à falta de formação ser uma causa das não conformidades encontradas em obra.	45
Figura 13 - Resposta dos trabalhadores relativamente à falta de motivação ser uma causa das não conformidades encontradas em obra.....	46
Figura 14 - Resposta dos trabalhadores relativamente às alterações ao planeamento inicial serem uma causa das não conformidades encontradas em obra.	48
Figura 15 - Resposta dos clientes relativamente às alterações ao orçamento inicial serem uma causa das não conformidades encontradas em obra.....	50
Figura 16 - Exemplo de uma Árvore de Falhas. (Mendonça, 2013).....	54
Figura 17 - Evento de topo e eventos intermédios de primeiro nível da Árvore de Falhas.	59
Figura 18 - Eventos intermédios de segundo nível associados à mão-de-obra.....	59
Figura 19 - Excerto de Árvore de Falhas relativo à mão-de-obra.	62
Figura 20 - Excerto de Árvore de Falhas relativo aos equipamentos.....	63
Figura 21 - Excerto de Árvore de Falhas relativo aos materiais de construção.	64
Figura 22 - Excerto de Árvore de Falhas relativo ao planeamento.	66
Figura 23 - Excerto de Árvore de Falhas relativo à gestão.	68
Figura 24 - Excerto de Árvore de Falhas relativo às tecnologias construtivas.....	69
Figura 25 - Excerto de Árvore de Falhas relativo às soluções construtivas.....	70
Figura 26 - Árvore de Falhas total.....	71
Figura 27 - Fotografia referente à aplicação das placas vinílicas após se corrigir a não conformidade.	74
Figura 28 - Esquema do caminho de falha (caso 01).	75
Figura 29 - Árvore de falhas total com o caminho de falhas a vermelho (caso 01).....	75

Figura 30 - Excerto da Árvore de Falhas total com o caminho de falha a vermelho (caso 01).	76
Figura 31 - Esquema do caminho de falha A (caso 02).	77
Figura 32 - Esquema do caminho de falha B (caso 02).	77
Figura 34 - Excerto da Árvore de Falhas total com o caminho de falha B a vermelho (caso 02).	78
Figura 33 - Excerto da Árvore de Falhas total com o caminho de falha A a vermelho (caso 02).	78
Figura 35 - Esquema do caminho de falha (caso 03).	80
Figura 36 - Excerto da Árvore de Falhas total com o caminho de falha a vermelho (caso 03).	80
Figura 37 - Fotografia referente às aberturas para os depósitos e esgotos das instalações sanitárias.	81
Figura 38 - Esquema do caminho de falha (caso 04).	82
Figura 39 - Excerto da Árvore de Falhas total com o caminho de falha a vermelho (caso 04).	82
Figura 40 - Esquema do caminho de falha (caso 05).	83
Figura 41 - Excerto da Árvore de Falhas total com o caminho de falha a vermelho (caso 05).	84
Figura 42 - Fotografia elucidativa da não conformidade na pintura das paredes.	85
Figura 43 - Fotografia do espaço após corrigida a pintura.	85
Figura 44 - Esquema do caminho de falha (caso 06).	86
Figura 45 - Excerto da Árvore de Falhas total com o caminho de falha a vermelho (caso 06).	86
Figura 46 - Fotografia da lomba causada pelo levantamento do pavimento devido às juntas de retração.	87
Figura 47 - Fotografia em pormenor da lomba causada pelo levantamento do pavimento devido às juntas de retração.	88
Figura 48 - Fotografia da selagem das juntas de retração.	88
Figura 49 - Fotografia da selagem das juntas de retração em pormenor.	88
Figura 50 - Esquema do caminho de falha (caso 07).	89
Figura 51 - Excerto da Árvore de Falhas total com o caminho de falha a vermelho (caso 07).	89
Figura 52 - Fotografia da execução das sapatas.	90
Figura 53 – Fotografia da estrutura metálica que suporta o mezanino.	91
Figura 54 - Esquema do caminho de falha (caso 08).	91
Figura 55 - Excerto da Árvore de Falhas total com o caminho de falha a vermelho (caso 08).	92
Figura 56 - Fotografia elucidativa das testas e dos perfis das divisórias.	93
Figura 57 - Fotografia das forras de alumínio e dos perfis das divisórias instalados na cor incorreta.	93
Figura 58 - Esquema do caminho de falha (caso 09).	94
Figura 59 - Excerto da Árvore de Falhas total com o caminho de falha a vermelho (caso 09).	95
Figura 60 - Fotografia da não conformidade verificada devido à má aplicação do capoto.	96
Figura 61 - Esquema do caminho de falha (caso 10).	96
Figura 62 – Excerto da Árvore de Falhas total com o caminho de falha a vermelho (caso 10).	97

Figura 63 - Fotografia descritiva do abatimento do pavimento nas caixas.	98
Figura 64 - Fotografia da medida corretiva: aplicação de um cimento adequado.....	98
Figura 65 - Esquema do caminho de falha (caso 11).	99
Figura 66 - Excerto da Árvore de Falhas total com o caminho de falha a vermelho (caso 11).	100
Figura 67 - Esquema do caminho de falha (caso 12).	101
Figura 68 - Excerto da Árvore de Falhas total com o caminho de falha a vermelho (caso 12).	102
Figura 69 - Esquema do caminho de falha A (caso 13).	103
Figura 70 - Esquema do caminho de falha B (caso 13).	103
Figura 71 - Excerto da Árvore de Falhas total com o caminho de falha A a vermelho (caso 13).....	104
Figura 72 - Excerto da Árvore de Falhas total com o caminho de falha B a vermelho (caso 13).....	104
Figura 73 - Fotografia do reforço estrutural realizado.	105
Figura 74 - Fotografia do reforço estrutural realizado em pormenor.	105
Figura 75 - Esquema do caminho de falha (caso 14).	106
Figura 76 - Excerto da Árvore de Falhas total com o caminho de falha a vermelho (caso 14).	107
Figura 78 - Fotografia da falta de qualidade das pinturas.....	107
Figura 77 - Fotografia da falta de qualidade das pinturas.....	107
Figura 79 - Esquema do caminho de falha (caso 15).	108
Figura 80 - Excerto da Árvore de Falhas total com o caminho de falha a vermelho (caso 15).	109
Figura 81 - Fotografia elucidativa do rodapé partido.....	109
Figura 82 - Esquema do caminho de falha (caso 16).	110
Figura 83 - Excerto da Árvore de Falhas total com o caminho de falha a vermelho (caso 16).	110
Figura 84 - Fotografia da mudança de posição do aplique na parede.	111
Figura 85 - Esquema do caminho de falha (caso 17).	112
Figura 86 - Excerto da Árvore de Falhas total com o caminho de falha a vermelho (caso 17).	112
Figura 87 - Fotografia do levantamento do pavimento.....	113
Figura 88 - Esquema do caminho de falha (caso 18).	114
Figura 89 - Excerto da Árvore de Falhas total com o caminho de falha a vermelho (caso 18).	115
Figura 90 - Esquema do caminho de falha (caso 19).	116
Figura 91 - Excerto da Árvore de Falhas total com o caminho de falha a vermelho (caso 19).	116
Figura 92 - Fotografia do sumidouro não cravado no pavimento.....	117
Figura 93 - Esquema do caminho de falha (caso 20).	118
Figura 94 - Excerto da Árvore de Falhas total com o caminho de falha a vermelho (caso 20).	118
Figura 95 - Fotografia do pavimento marcado devido à falta de proteção.	119

Figura 96 - Esquema do caminho de falha A (caso 21).....	120
Figura 97 - Esquema do caminho de falha B (caso 21).....	120
Figura 98 - Excerto da Árvore de Falhas total com o caminho de falha A a vermelho (caso 21).....	121
Figura 99 - Excerto da Árvore de Falhas total com o caminho de falha B a vermelho (caso 21).....	121
Figura 100 - Fotografia da anomalia nas persianas.....	122
Figura 101 - Esquema do caminho de falha (caso 22).....	123
Figura 102 - Excerto da Árvore de Falhas total com o caminho de falha a vermelho (caso 22).....	123
Figura 103 - Esquema do caminho de falha (caso 23).....	124
Figura 104 - Excerto da Árvore de Falhas total com o caminho de falha a vermelho (caso 23).....	125
Figura 105 - Fotografia do teto falso aplicado na obra em questão.....	126
Figura 106 - Esquema do caminho de falha (caso 24).....	127
Figura 107 - Excerto da Árvore de Falhas total com o caminho de falha a vermelho (caso 24).....	127
Figura 108 - Fotografia da laje do pavimento.....	128
Figura 109 - Fotografia da correção do pavimento.....	129
Figura 110 - Esquema do caminho de falha (caso 25).....	129
Figura 111 - Excerto da Árvore de Falhas total com o caminho de falha a vermelho (caso 25).....	130
Figura 112 - Esquema do caminho de falha (caso 26).....	131
Figura 113 - Excerto da Árvore de Falhas total com o caminho de falha a vermelho (caso 26).....	131
Figura 114 - Fotografia da aresta entre teto e parede.....	132
Figura 115 - Fotografia da parede com riscos e mal emassada.....	132
Figura 116 - Esquema do caminho de falha (caso 27).....	133
Figura 117 - Excerto da Árvore de Falhas total com o caminho de falha a vermelho (caso 27).....	134
Figura 118 - Esquema do caminho de falha (caso 28).....	135
Figura 119 - Excerto da Árvore de Falhas total com o caminho de falha a vermelho (caso 28).....	135
Figura 120 - Fotografia das juntas no pavimento e parede.....	136
Figura 121 - Fotografia da correção da anomalia na parede.....	136
Figura 122 - Esquema do caminho de falha A (caso 29).....	137
Figura 123 - Esquema do caminho de falha B (caso 29).....	138
Figura 124 - Excerto da Árvore de Falhas total com o caminho de falha A a vermelho (caso 29).....	138
Figura 125 - Excerto da Árvore de Falhas total com o caminho de falha B a vermelho (caso 29).....	139
Figura 126 - Esquema do caminho de falha (caso 30).....	140
Figura 127 - Excerto da Árvore de Falhas total com o caminho de falha a vermelho (caso 30).....	141
Figura 128 - Esquema do caminho de falha (caso 31).....	141

Figura 129 - Excerto da Árvore de Falhas total com o caminho de falha a vermelho (caso 31).	142
Figura 130 - Esquema do caminho de falha (caso 32).	143
Figura 131 - Excerto da Árvore de Falhas total com o caminho de falha a vermelho (caso 32).	144
Figura 132 - Distribuição dos problemas por categorias.	146
Figura 133 - Principais causas das não conformidades detetadas.	147
Figura 134 - Distribuição dos custos das medidas corretivas por categoria.	151
Figura 135 - Distribuição temporal das medidas corretivas por categoria.	152
Figura 136 - Estratégias mencionadas para corrigir as não conformidades ocorridas em obra.	153

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Comparação entre Método Científico e Método de Engenharia.....	4
Tabela 2 - Descrição visual das diferentes tipologias dos eventos primários.	56
Tabela 3 – Descrição visual das diferentes tipologias dos eventos intermédios, transferência e topo.	56
Tabela 5 - Distribuição dos problemas por categorias.....	145
Tabela 6 - Implicações das não conformidades no orçamento da obra.	148
Tabela 7 - Implicações das não conformidades na duração da obra.	149
Tabela 8 - Implicações das não conformidades nos custos, distribuídas por categorias.....	150
Tabela 9 - Implicações das não conformidades nos prazos, distribuídas por categorias.	151

SÍMBOLOS, ACRÓNIMOS E ABREVIATURAS

AHP – Processo de Hierarquia Analítica (*Analytic Hierarchy Process*)

APRAM – Modelo Avançado de Análise e Gestão de Riscos Programáticos (*Advanced Programmatic Risk Analysis and Management Model*)

CAD – Conceção Assistida por Computador (*Computer-Aided Design*)

DDD – Deficiências dos Documentos de Projeto (*Design Documents Deficiencies*)

DPM – Metodologia Dinâmica de Planeamento e Controlo (*Dynamic Planning and Control Methodology*)

FANP – Processo de Rede Analítica Difusa (*Fuzzy Analytic Network Process*)

FMEA – Análise de Modos de Falha e Efeitos (*Failure Mode and Effect Analysis*)

FTA – Análise de Árvores de Falha (*Fault Tree Analysis*)

HAZOP – Estudo de Perigos e Operabilidade (*Hazard and Operability Study*)

LLP – Programa de Lições Aprendidas (*Lessons Learned Program*)

PDCA – Planear-Fazer-Verificar-Agir (*Plan-Do-Check-Act*)

QC Circle – Círculo de Controlo de Qualidade (*Quality Control Circle*)

QMS – Sistema de Gestão da Qualidade (*Quality Management System*)

RPN – Número de Prioridade de Risco (*Risk Priority Number*)

SCOR – Modelo de Referência das Operações na Cadeia Logística (*Supply Chain Operations Reference*)

TQM – Gestão Total da Qualidade (*Total Quality Management*)

TSP – Problema do Vendedor Viajante (*Travelling Salesman Problem*)

1

INTRODUÇÃO

1.1. ENQUADRAMENTO GERAL

A realização desta dissertação nasce da oportunidade de aplicar os conhecimentos obtidos durante os cinco anos de formação em Engenharia Civil, adequando-os ao contexto real e laboral – como uma fusão entre o final do percurso académico e o início de um futuro no mundo do trabalho. Centra-se essencialmente nos aspetos associados ao controlo da qualidade em obra, assim como nas medidas preventivas e mitigadoras das não conformidades em fase de execução. Assenta em casos práticos reais, já que foi desenvolvida com o apoio de uma empresa de construção. Deste modo, serão estudadas e analisadas as não conformidades verificadas em obra, com vista a encontrar medidas que previnam determinados erros, evitando-se custos associados, atrasos temporais e aumentando, assim, a qualidade de execução das suas obras.

1.2. ENQUADRAMENTO CULTURAL, SOCIAL E ECONÓMICO

O estudo da qualidade nos diferentes setores é muitas vezes subvalorizado. Observa-se que na indústria da construção acaba por se tornar numa preocupação menor comparando, por exemplo, com a sua imagem. Na linguagem corrente, o termo “qualidade” está muitas vezes associado a produtos caros ou luxuosos, quando na realidade deveria ser associado a produtos que estão bem executados e que cumprem a sua função.

Sendo Portugal um país pouco exigente e muitas vezes preocupado com o que aparenta ser e não com o que é verdadeiramente, a qualidade de determinado produto é definida como um extra e não como um ponto fulcral. Focando na indústria da construção, a problemática associada ao controlo da qualidade poderá ter impactos económicos severos já que usualmente os projetos têm custos elevados. Havendo equipas que controlem a qualidade podem-se evitar custos associados a medida corretivas e, eventualmente, causar melhorias na produtividade da empresa e na sua imagem.

A figura 1 mostra a notícia de um edifício em risco de ruir devido a falhas na construção, a título de exemplo das consequências associadas a erros e não conformidades verificadas em obra.



Figura 1 – Notícia do jornal digital “Funchal Notícias”

O caso demonstrado não é único e poderá ser parte integrante duma panóplia de notícias similares relativas a problemas de construção. A notícia refere que o edifício em causa tem fissuras agravadas nas paredes e tetos de vários apartamentos. Após entrevistas feitas pelo jornalista Henrique Correia, conseguiu-se apurar, junto dos técnicos da Câmara e após avaliações técnicas, que *“o edifício tem, ao nível da construção, falta de peças estruturantes, que podem provocar falências estruturais”* e também que *“há falhas relativamente ao projeto inicial”*. (Correia, 2017) Esta notícia retrata um exemplo das consequências negativas da ocorrência de não conformidades em fase de execução de obra, comprovando a falta de controlo de qualidade nesta fase.

1.3. PROBLEMÁTICA A ABORDAR

Em ambiente laboral o Controlo da Qualidade não é habitualmente feito com estratégias específicas mas sim através da identificação de erros. Em termos práticos, o que acontece é que *“se não foi verificado um erro, está bem executado”*. Não é possível admitir tal visão como verdadeira quando se considera a qualidade de determinada tarefa.

A qualidade, como outro parâmetro, pode ser quantificável e, portanto, não se pode admitir que na não ocorrência de uma falha visível se possa verificar que exista qualidade. Assim, faltam metodologias para prevenir a ocorrência de determinados problemas. Não havendo metodologias estudadas para que sejam evitados determinados problemas em fase de execução de obra, fica a cargo de algum membro da empresa a sua resolução, onde estão implicados custos extraordinários não expectados – mão-de-obra, materiais, transportes ou outros -, podem ocorrer atrasos nas tarefas seguintes se estas estiverem organizadas como fim-início e, conseqüentemente pode verificar-se a perda da qualidade - a colmatação de determinada falha poderá implicar uma diminuição da qualidade de execução de determinado elemento em comparação com a sua perfeita execução desde o primeiro passo.

1.4. ÂMBITO E OBJETIVOS

O estudo presente nesta dissertação tem como principais objetivos:

1. Desenvolver um sistema de identificação de estratégias preventivas para evitar não conformidades em fase de execução de obra, que poderão interferir na qualidade do produto final;
2. Aplicar o referido sistema a casos práticos para se avaliar a sua utilidade.

Introduz-se o conceito de “não conformidades residuais” já que o objetivo da dissertação assenta no desenvolvimento de estratégias que previnam, especificamente, as não conformidades que se conservam e se mantêm até ao final da obra (daí o conceito de “residuais”: que criam resíduo), se não forem aplicadas medidas corretivas.

O caminho adotado passa por desenvolver um conjunto de estratégias preventivas, não só para as obras em estudo mas que seja possível abranger à construção no geral e aos seus processos construtivos. Assim, as conclusões deste estudo podem servir de base a muitos processos de melhorias de qualidade em obra, em diversas empresas de construção, de maior ou menor dimensão, adaptando a metodologia desenvolvida aos seus casos particulares. Deste modo, permite-se que determinem os pontos que estão na origem das não conformidades e conseqüentemente se possam aplicar medidas que eliminem as suas causas ou reduzam os seus impactos negativos. Em conseqüência, estima-se que seja possível obter as ferramentas necessárias para que se consiga classificar as não conformidades encontradas, tratando a

informação e segmentando-a em diferentes categorias e, assim, encontrar soluções (estratégias) preventivas para as não conformidades observadas e para as que possam ocorrer futuramente.

1.5. MÉTODO CIENTÍFICO

O método científico usado é um método empírico para adquirir conhecimento, seguindo um conjunto de regras de procedimentos que geram o conhecimento científico, seja este um conhecimento novo ou uma evolução dos anteriores. Pode caracterizar-se através de um processo sequencial que tem início na observação sistemática e controlada dos factos, seguindo-se da formulação de uma hipótese com base nessas observações. É tomada uma hipótese como verdadeira e, de seguida, realizam-se experimentações e pesquisas para que se verifique a hipótese. No caso de se concluir que os resultados experimentais corroboram a hipótese, são analisados os dados e retiradas as conclusões. Por último, estes são comunicados como resultado do estudo científico. (Science Buddies, 2012)

Na figura 2 encontra-se um esquema que permite uma melhor interpretação do processo descrito, de modo a ajudar na compreensão e encadeamento das diferentes fases do método.

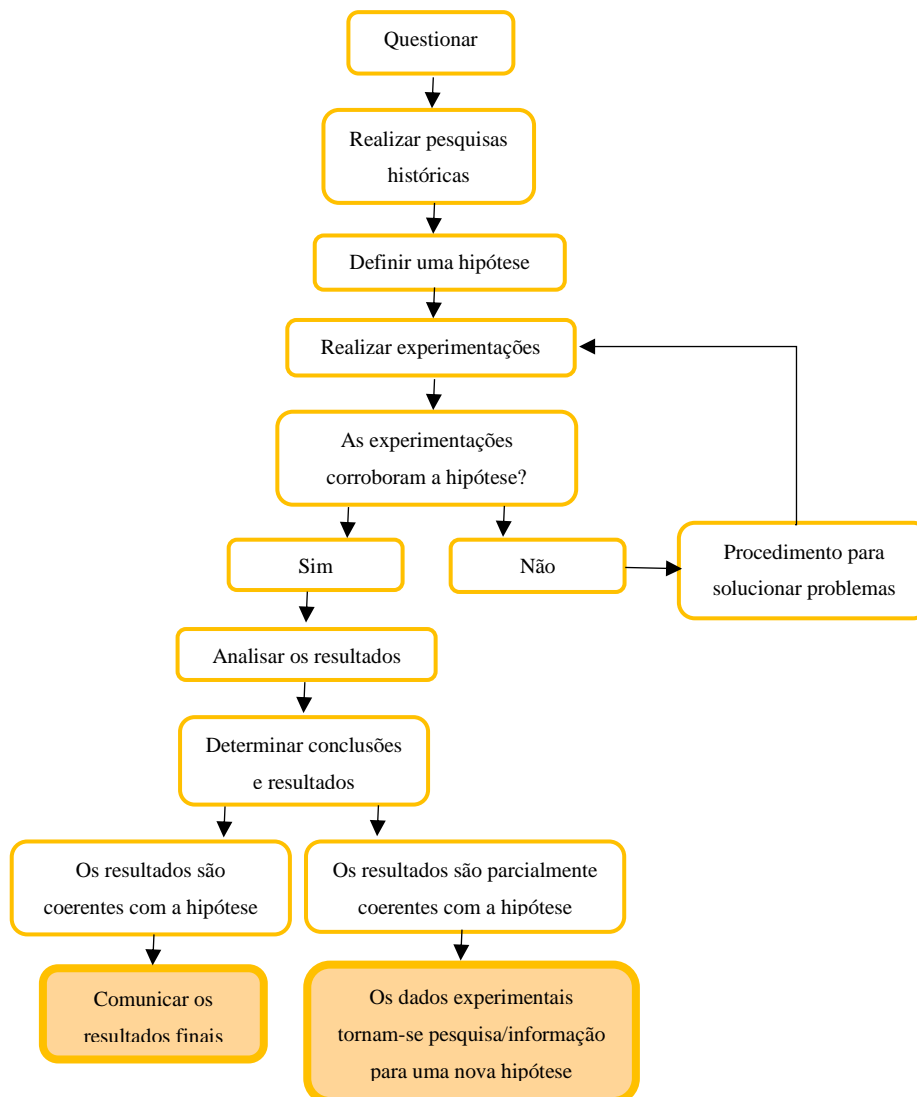


Figura 2 – Organização do Método Científico

Admite-se que o método científico não tem validação universal já que para lidar com o conhecimento é necessária a existência de fundamentos que possam verificar a veracidade das conclusões. Para a obtenção deste conhecimento podem-se classificar diferentes tipos de métodos científicos como o método indutivo, o método dedutivo, o método hipotético-dedutivo, o método dialético, o método comparativo, entre outros. No caso particular desta dissertação tem-se como fundamental o método científico hipotético-dedutivo.

1.5.1. MÉTODO CIENTÍFICO HIPOTÉTICO-DEDUTIVO

Existindo informações que não são suficientes para explicar um fenómeno estamos perante um problema. Para tentar explicá-lo criam-se hipóteses que são testadas para determinar a sua veracidade. Algumas hipóteses conflituem com factos observáveis e são de imediato rejeitadas e admitidas como falsas. Para as hipóteses em que tal não se verifica são deduzidos quais os acontecimentos que ocorreriam no caso da hipótese se verificar – Hempel (1950) apelidou-os de “implicações do teste da hipótese”. De seguida são testadas experimentalmente tais hipóteses onde se observa se tais implicações ocorreram. Se os resultados experimentais dos testes mostrarem resultados falsos (as implicações não coincidem com as deduzidas anteriormente), então a hipótese pode ser rejeitada. No entanto, mesmo que os resultados tenham implicações coerentes com as deduzidas, não se pode concluir que a hipótese é verdadeira. Portanto, a confirmação das implicações do teste da hipótese não verifica a hipótese mas permite alguma corroboração da mesma. Assim, quanto mais testes realizados às hipóteses, mais forte a probabilidade da sua veracidade. Se uma verdade for aceite tal não implica no entanto que é verdadeira, mas sim que ainda não foi falseada. (Andersen e Hepburn, 2015) (Science Buddies, 2012)

Neste estudo, a falta de dados experimentais motivada pela escassez temporal implica que o método referido seja complementado com um método de engenharia.

1.5.2. MÉTODO DE ENGENHARIA

No âmbito deste estudo é de realçar, a par do método científico, o método de engenharia. Estes métodos de resolução de problemas e encontro do conhecimento podem ambos ser benéficos na análise desta temática, não havendo um caminho perfeito a seguir mas sim um estudo que analise hipóteses que possam resolver as questões.

O método de engenharia é sobretudo usado quando existe a necessidade de criar algo, quer sejam produtos, *websites*, ambientes ou experiências. Observe-se na tabela 1 a comparação entre os dois métodos.

Tabela 1 – Comparação entre Método Científico e Método de Engenharia

Método Científico	Método de Engenharia
Questionar	Definir o problema
Realizar pesquisas históricas	Realizar pesquisas históricas
Definir uma hipótese	Especificar os requerimentos
Realizar experimentações	Determinar várias soluções, escolher a mais adequada e desenvolvê-la

Verificar que as experimentações corroboram a hipótese	Desenvolver um protótipo da solução
Analisar conclusões e determinar resultados	Testar a solução
Se os resultados estão em concordância com a hipótese é feita a comunicação dos mesmos.	Se a solução vai de encontro aos requerimentos são comunicados os resultados.

Se no método de engenharia, tal como no método científico, as soluções vão de encontro apenas parcialmente aos requerimentos, então deve-se, baseado nos resultados obtidos, fazer as alterações necessárias, determinar um novo protótipo de solução e testar novamente.

Como referido, ao longo do estudo vão ser seguidos ambos os métodos na medida que, relativamente ao método científico, este será usado para prever determinados acontecimentos e encontrar razões válidas e, relativamente ao método de engenharia, este será sobretudo aplicado numa fase posterior do estudo onde será criado um processo para encontrar soluções para as não conformidades detetadas, ou seja, criar soluções para os problemas. É identificado “quem” necessita de “o quê” porque “porquê” e após estas respostas estima-se que seja possível encontrar uma solução compatível.

1.6. METODOLOGIA

O estudo apresentado ao longo desta dissertação tem como princípio as não conformidades detetadas em obra na empresa de construção Valor Triplo Lda., cujas obras são maioritariamente remodelações de pequenos espaços comerciais.

Inicia-se com o acompanhamento das obras durante três meses com o intuito de, numa fase inicial, observar o modo de trabalho dos operários e dos elementos de gestão, seguindo-se a estruturação e realização de inquéritos aos intervenientes em obra e aos clientes da empresa, de modo a compreenderem-se alguns aspetos chave. O acompanhamento das obras permite verificar a ocorrência de não conformidades em obra, acrescentando reuniões e entrevistas, sempre que possível, com os trabalhadores e com os engenheiros diretores de obra, para um melhor entendimento de toda a situação. Do mesmo modo são também documentados os relatos históricos de não conformidades verificadas em obras da empresa. Assim, é possível encontrar quais os erros mais comuns das construções da empresa com base em factos ocorridos no passado.

Segue-se o desenvolvimento e permanente atualização de árvores de falhas, de modo a contemplar o máximo de possíveis causas para a ocorrência das não conformidades observadas. Através das entrevistas, das reuniões e da observação direta das anomalias em obra, prevê-se que seja possível estabelecer um “caminho de falha”, que levará até ao primeiro elemento causador da não conformidade, de modo a identifica-lo e, conseqüentemente possibilitar o desenvolvimento de medidas que o eliminem.

Após a identificação das não conformidades em obra procede-se à análise da informação recolhida em “fichas” individuais para cada não conformidade em estudo. Para cada anomalia define-se um possível caminho de falha, descrevendo as suas conseqüências a nível financeiro e de prazos da obra. Por último são estudadas e analisadas propostas de estratégias preventivas para as não conformidades detetadas.

Através da análise dos dados recolhidos é possível estabelecer-se um método que determine resultados concretos, sendo possível distribuir as não conformidades por categorias e entender

quais as falhas que originam as anomalias, procurando estratégias que as eliminem. O ponto forte desta metodologia passa pela possibilidade poder vir a ser aplicada a diferentes empresas de construção.

1.7. ORGANIZAÇÃO DO DOCUMENTO

A presente dissertação está organizada em quatro diferentes fases, ou seja:

- Identificação de não conformidades em obra – sejam estas de obras atuais, as quais é possível a observação direta, ou sejam anteriores, recorrendo a relatos históricos;
- Determinação do percurso a seguir de modo a encontrar as não conformidades numa fase ainda prematura – desenvolvimento do conceito de “caminho de falha”;
- Estudo de medidas para identificar as causas das não conformidades de modo a evitá-las. Nesta parte do estudo recorre-se ao método de Análise de Árvores de Falhas, através do seu desenvolvimento específico. Cada não conformidade é então analisada tendo em conta as suas especificações como a descrição da anomalia, identificação do “caminho de falha”, implicações nos custos e nos prazos, o seu percurso na Árvore de Falhas e a determinação de possíveis medidas corretivas;
- Encontrar estratégias que resolvam ou atenuem a recorrência e existência das não conformidades encontradas em obra.

O primeiro e presente capítulo incide no enquadramento da dissertação, na problemática a abordar, no âmbito e objetivos e na introdução da metodologia adotada. O segundo capítulo inicia-se com a bibliometria, que descreve os documentos consultados no âmbito desta dissertação, seguindo-se a síntese do conhecimento, onde são abordados conceitos importantes para a compreensão do tema em estudo. O terceiro capítulo incide na realização de inquéritos aos trabalhadores e aos clientes, assim como a análise dos dados obtidos. No quarto capítulo é apresentada a metodologia proposta para a análise de erros e falhas em obra, nomeadamente o desenvolvimento da Árvore de Falhas. O quinto capítulo retrata a análise dos casos de estudo onde são descritas e analisadas trinta e duas não conformidades verificadas nas obras da empresa. Segue-se o sexto capítulo onde são analisados os dados obtidos no capítulo anterior, assim como as conclusões a reter sobre as causas principais e possíveis estratégias preventivas a implementar. No último capítulo estão descritas as conclusões da dissertação e possíveis desenvolvimentos futuros.

2

SÍNTESE DO CONHECIMENTO

2.1. BIBLIOMETRIA

2.1.1. INTRODUÇÃO

Nesta primeira análise estão descritos os documentos consultados e analisados pela autora que, numa primeira instância, através do título e das fontes de pesquisa, pareceram adequados e relevantes para o estudo. No entanto, nem todos os documentos aqui mencionados farão parte integrante da dissertação já que, após uma leitura atenta do seu conteúdo, alguns não se enquadram nos âmbitos do presente estudo. No entanto, os documentos não interessantes para a análise em questão permanecem mencionados, com vista a ajudar futuros autores e investigadores de temas semelhantes de quais os conteúdos abordados nas monografias e artigos encontrados, assim como indicação daqueles que, apesar do título convidativo, não têm tanto interesse no âmbito da qualidade na construção.

De modo equivalente, os documentos referentes à análise de risco também se contemplam nas páginas seguintes apesar de, devido à escassez do tempo, não ter sido possível abordar tais conceitos ao longo deste estudo. No entanto, reforça-se a ideia de que futuros estudos poderão contemplar tais assuntos tendo em conta a sua relevância para o tema em estudo.

Os títulos estudados apresentam-se por ordem cronológica, do mais antigo para o mais recente, mencionando o nome do artigo/livro, os autores, o ano em que foi divulgado, a referência de como aparece mencionado ao longo do documento e uma frase explicativa do seu conteúdo.

2.1.2. DESCRIÇÃO DOS DOCUMENTOS CONSULTADOS

1. *More Construction for the Money: Summary Report of the Construction Industry Cost Effectiveness Project*

Autor: Roger Blough

Ano: 1983

Referência: Blough (1983)

Assunto: Relatório sobre a gestão da qualidade de obras.

2. *Evaluating Construction Failures*

Autor: Harvey Kagan

Ano: 1983

Referência: Kagan (1983)

Assunto: Descrição de quatro falhas na construção que levaram ao colapso de diferentes estruturas. Conclui-se que o fator comum é o erro humano.

3. *A Construction Industry Cost Effectiveness Project Report*

Autor: William B. Ledbetter

Ano: 1983

Referência: Ledbetter (1983)

Assunto: Custos relativos a projetos de construção.

4. *The Irrational Organization: Irrationality as a Basis for Organizational Action and Change*

Autor: Nils Brunsson

Ano: 1985

Referência: Brunsson (1985)

Assunto: Falhas na construção.

5. *Quality Control for Profit: Gaining the Competitive Edge*

Autor: Norbert Lloyd Enrick e Harry E. Mottley

Ano: 1985

Referência: Enrick e Mottley (1985)

Assunto: Gestão da qualidade de projetos de construção.

6. *Total Quality Management for Construction*

Autor: Jerald L. Rounds e Nai-Yuan Chi

Ano: 1985

Referência: Rounds e Chi (1985)

Assunto: Descrição de *Quality Control (Q.C.) Circle* e justificação das suas vantagens em prol dos métodos anteriormente usados.

7. *Out of the Crisis*

Autor: William E. Deming

Ano: 1986

Referência: Deming (1986)

Assunto: Livro sobre gestão e alguns conceitos relacionados.

8. *Let's talk quality: 96 questions you always wanted to ask Phil Crosby*

Autor: Philip B. Crosby

Ano: 1989

Referência: Crosby (1989)

Assunto: Conceitos relativos à qualidade num âmbito geral.

9. *Measuring Design and Construction Quality Costs*

Autor: Kent Davis, William B. Ledbetter e James L. Burati Jr

Ano: 1989

Referência: Davis [et al.] (1989)

Assunto: Custos relacionados com os parâmetros para haver qualidade na indústria da construção.

10. *TQM in Building Design and Construction: Significant Problems and their Causes in the Design and Construction of Buildings*

Autor: G. W. Chase e C. D. Manning

Ano: 1990

Referência: Chase e Manning (1990)

Assunto: Conceitos de gestão da qualidade, nomeadamente análises TQM (Total Quality Management).

11. *Causes of Quality Deviations in Design and Construction*

Autor: James L. Burati Jr, Jodi J. Farrington e William B. Ledbetter

Ano: 1992

Referência: Burati Jr [et al.] (1992)

Assunto: Recolha e análise de dados de nove projetos de construções industriais. Estuda-se a variação de custos associados à fase de projeto, fase de construção, transporte e fabricação.

12. *An Organizational Development Process to Prepare for Total Quality Management*

Autor: Gary D. Bates

Ano: 1993

Referência: Bates (1993)

Assunto: Gestão total da qualidade.

13. *Implementing TQM in Consulting Engineering Firm*

Autor: Gordon Culp, Anne Smith e Jim Abbott

Ano: 1993

Referência: Culp [et al.] (1993)

Assunto: Aplicação da metodologia TQM a casos de estudo.

14. *Total Quality Management at Construction Jobsites*

Autor: Ronald L. Deffenbaugh

Ano: 1993

Referência: Deffenbaugh (1993)

Assunto: Aplicação de *Total Quality Management* (TQM) à fase de construção de obras.

15. *Total Quality in Construction Projects: Achieving Profitability with Customer Satisfaction*

Autor: R. Baden Hellard

Ano: 1993

Referência: Hellard (1993)

Assunto: Gestão geral da qualidade nos projetos de construção.

16. *Project Management for Engineers and Construction*

Autor: Garold D. Oberlender

Ano: 1993

Referência: Oberlender (1993)

Assunto: Abordagem de temas relacionados com a gestão de projetos e gestão de obras.

17. *The Manager's Guide to ISO 9000*

Autor: Kenneth L. Arnold

Ano: 1994

Referência: Arnold (1994)

Assunto: Gestão da qualidade.

18. *Distributed Database for Project Control*

Autor: Avraham Shtub

Ano: 1995

Referência: Shtub (1995)

Assunto: Análises de conceitos relativos a gestão de projetos.

19. *Factors that affect Process Quality in the Life Cycle of Building Projects*

Autor: David Arditi e H. Murat Gunaydin

Ano: 1998

Referência: Arditi e Gunaydin (1998)

Assunto: Estudo dos fatores que afetam o processo da qualidade em fases de projeto, construção e operação, na vida útil de um edifício. Recurso a análise de inquéritos.

20. *The Causes and Costs of Defects in Construction: A study of seven building projects*

Autor: P-E Josephson e Yngve Hammarlund

Ano: 1999

Referência: Josephson e Hammarlund (1999)

Assunto: Estudo da natureza dos erros detetados durante a fase de produção de obra, para sete obras em sete empresas de construção diferentes.

21. *A Comprehensive Hazard Analysis Technique for Safety-Critical Automotive Systems*

Autor: Sanket Amberkar, Barbara J. Czerny, Joseph G. D'Ambrosio, Jon D. Demerly e Brian T. Murray

Ano: 2001

Referência: Amberkar [et al.] (2001)

Assunto: Análise da qualidade, especificamente orientado para a indústria automóvel e conceitos relacionados.

22. *QUALICON: Computer-Based System for Construction Quality Management*

Autor: Mireille G. Battikha

Ano: 2002

Referência: Battikha (2002)

Assunto: Descrição de um sistema informático para controlar a gestão da qualidade.

23. *Material Waste in Building Industry: Main Causes and Prevention*

Autor: Carlos T. Formoso, Lucio Soibelman, Cláudia De Cesare e Eduardo L. Isatto

Ano: 2002

Referência: Formoso [et al.] (2002)

Assunto: Estudos feitos no Brasil sobre a ocorrência de desperdício em 74 construções e quais as suas principais causas.

24. *Quality and Change Management Framework for Concurrent Design and Construction*

Autor: SangHyun Lee, Feniosky Peña-Mora e Moonseo Park

Ano: 2003

Referência: Lee [et al.] (2003)

Assunto: Metodologias de gestão da qualidade.

25. *Estratégia de gestão de obras de arte baseada numa análise de risco segundo a FMEA*

Autor: Marta Duarte Alves e Jorge Moreira da Costa

Ano: 2004

Referência: Alves e Costa (2004)

Assunto: Análise de um sistema de gestão de obras de arte, pressupondo a análise de risco usando a FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*) de modo a priorizar as intervenções.

26. *Proposta de um Modelo de Sistema de Informação para a Gestão do Conhecimento Aplicado a Árvores de Falhas*

Autor: D.A. Almeida, A. F. Pinho e Fabiano Leal

Ano: 2005

Referência: Almeida [et al.] (2005)

Assunto: Análise e compreensão de árvores de falhas aplicadas a um caso de estudo real.

27. *Learning to Fly: Practical Knowledge Management from Leading and Learning Organizations*

Autor: C. Collison e G. Parcell

Ano: 2005

Referência: Collison e Parcell (2005)

Assunto: Livro que aborda os conceitos básicos da gestão.

28. As consequências do incumprimento dos prazos para a competitividade da indústria de construção: razões para os atrasos

Autor: J. Pedro Couto e J. M. Cardoso Teixeira

Ano: 2005

Referência: Couto e Teixeira (2005)

Assunto: Incumprimento de prazos na indústria da construção e possíveis causas dos mesmos.

29. 1º Relatório de Progresso – Grupo de Trabalho de Análise de Riscos em Barragens

Autor: A. S. Gomes, A. B. Almeida, A. T. Castreo, J. Paixão, L. Caldeira, L. Pimenta e T. Viseu

Ano: 2005

Referência: Gomes [et al.] (2005)

Assunto: Relatório onde são abordados conceitos FMEA.

30. Influência dos Atrasos na Competitividade da Indústria de Construção Portuguesa

Autor: J. Pedro Couto

Ano: 2006

Referência: Couto (2006)

Assunto: Realização de um inquérito nacional que identifica a importância do estudo e as causas mais comuns de atrasos nos projetos de construção.

31. *Web-enabled system dynamics model for error and change management on concurrent design and construction projects*

Autor: SangHyun Lee, Feniosky Peña-Mora e Moonseo Park

Ano: 2006

Referência: Lee [et al.] (2006)

Assunto: Elaboração de um estudo informático do método DPM (*Dynamic Planning and Control Methodology*) que analisa o impacto dos ciclos iterativos na construção.

32. Metodologia FMEA e sua aplicação à construção de edifícios

Autor: Sónia R. C. Silva, Manuel Fonseca e Jorge de Brito

Ano: 2006

Referência: Silva [et al.] (2006)

Assunto: Descrição do método FMEA e consequente FMECA e a utilidade de FMEA para as fases de construção de um edifício.

33. *Empirical study on the merit of web-based 4D visualization in collaborative construction planning and scheduling*

Autor: Julian H. Kang, Stuart D. Anderson e Mark J. Clayton

Ano: 2007

Referência: Kang [et al.] (2007)

Assunto: Estudo da utilidade da implementação de uma visualização *web-based* 4D na construção, no planejamento e organização, onde é possível que vários participantes colaborem remotamente.

34. Aplicação do mapeamento de árvore de falhas (FTA) para melhoria contínua em uma empresa do setor automobilístico

Autor: Alexandre Kenji Yamane e Luiz Gonzaga Mariano de Souza

Ano: 2007

Referência: Yamane e Souza (2007)

Assunto: Análise de conceitos de árvores de falhas aplicados a casos de estudo reais, nomeadamente no setor automóvel.

35. *Reasoning Mechanism for Construction Nonconformance Root-Cause Analysis*

Autor: Mireille G. Battikha

Ano: 2008

Referência: Battikha (2008)

Assunto: Desenvolvimento de uma abordagem para identificar e prever problemas na construção, assim como diagnosticar as causas.

36. *Construction of P-Charts using Degree of Nonconformity*

Autor: Vahid Amirzadeh, Mashaallah Mashinchi e Abbas Parchami

Ano: 2009

Referência: Amirzadeh [et al.] (2009)

Assunto: Determinação de modelos estatísticos de “graus de não conformidade” e construção de *P-Charts* com base no grau médio de não-conformidade.

37. *Identification of Effective Management Practices and Technologies for Lessons Learned Programs in the Construction Industry*

Autor: Carlos H. Caldas, G. Edward Gibson Jr, Runi Weerasooriya e Angela M. Yohe

Ano: 2009

Referência: Caldas [et al.] (2009)

Assunto: Estudo de práticas e tecnologias de gestão, de 70 organizações, para programas de lições aprendidas na construção. Identificação de características cruciais para que programas sejam bem-sucedidos.

38. *Managing Construction Projects using the Advanced Programmatic Risk Analysis and Management Model*

Autor: William Imbeah e Seth Guikema

Ano: 2009

Referência: Imbeah e Guikema (2009)

Assunto: Utilidade do Modelo Avançado de Análise e Gestão de Riscos Programáticos (APRAM) para a gestão de risco de prazos, custos e qualidade na construção. Aplicação num projeto real.

39. *Construction engineering - Reinvigorating the discipline*

Autor: Gregory A. Howell, Glenn Ballard e Iris Tommelein

Ano: 2011

Referência: Howell [et al.] (2011)

Assunto: Comparação do sistema de gestão de projetos de construção tradicional com um sistema alternativo, desenvolvido com base em práticas de Construção *Lean*.

40. *A Methodology for Evaluating Construction Innovation Constraints through Project Stakeholder Competencies and FMEA*

Autor: Martina Murphy, John E. Tookey, George Heaney e Srinath Perera

Ano: 2011

Referência: Murphy [et al.] (2011)

Assunto: Estudo de uma metodologia que retire as restrições de inovação da construção, através da gestão de *stakeholders* e de FMEA

41. *Comprehensive Hybrid Framework for Risk Analysis in the Construction Industry Using Combined Failure Mode and Effect Analysis, Fault Trees, Event Trees, and Fuzzy Logic*

Autor: Mohamed Abdelgawad e Aminah Robinson Fayek

Ano: 2012

Referência: Abdelgawad e Fayek (2012)

Assunto: Apresentação de uma estrutura linguística (na vez de numérica) para realizar análises de árvores de eventos e calcular VME de eventos, combinando FMEA, árvores de falhas, árvores de eventos e lógica difusa.

42. *Analysis of Causes of Construction Defects Using Fault Trees and Risk Importance Measures*

Autor: Hamad Aljassmi e Sangwon Han

Ano: 2013

Referência: Aljassmi e Han (2013)

Assunto: Desenvolvimento de uma metodologia para identificar e quantificar o risco de defeitos, usando uma abordagem de árvore de defeitos, utilizando escalas de classificação de importância de risco.

43. *Design Error Management: Interaction of People, Organisation and the Project Environment in Construction*

Autor: Peter E. D. Love, Robert Lopez e Jeong Tai Kim

Ano: 2013

Referência: Love [et al.] (2013)

Assunto: Estratégias de gestão de erros que antecipem o que pode correr mal em projetos de construção.

44. *Relationship between Construction Safety and Quality Performance*

Autor: John Wanberg, Christofer Harper, Matthew R. Hallowell e Sathyanarayanan Rajendran

Ano: 2013

Referência: Wanberg [et al.] (2013)

Assunto: Análise de 32 obras onde se usaram diferentes métricas de qualidade como variáveis de previsão e utilizadas as taxas de lesões como variáveis de resposta, fazendo, conseqüentemente, regressões lineares que expliquem a relação.

45. *Root-Cause Analysis of Construction-Cost Overruns*

Autor: Yehiel Rosenfeld

Ano: 2014

Referência: Rosenfeld (2014)

Assunto: Estudo dos custos excedentes (*cost overruns*), analisando-os e identificando as suas causas.

46. *Fault Tree Analysis in Construction Industry for Risk Management*

Autor: M. Angeline Swarna e R. Venkatakrishnaiah

Ano: 2014

Referência: Swarna e Venkatakrishnaiah (2014)

Assunto: Estudo dos fatores de maior risco para as empresas de construção e qual a eficácia de métodos de prevenção desses riscos. Estes são analisados mediante a árvore de falhas.

47. *Adaptation of Evolutionary Algorithms for Decision Making on Building Construction Engineering (TSP Problem)*

Autor: Raniyah A. Wazirali, Arwa D. Alzughaibi e Zenon Chaczko

Ano: 2014

Referência: Wazirali [et al.] (2014)

Assunto: Estudo que visa minimizar custos de construção e desperdícios de materiais tendo por base métodos de inteligência artificial, como *Pattern Recognition* e *Travelling Salesman Problem*.

48. *What matters most in leader selection? The role of personality and implicit leadership theories*

Autor: Andrew Carnes, Jeffery D. Houghton e Christopher N. Ellison

Ano: 2015

Referência: Carnes [et al.] (2015)

Assunto: Livro que aborda conceitos básicos de gestão.

49. *Quality Management Systems-Fundamentals and Vocabulary (ISO 9000: 2015)*

Autor: International Organization for Standardization

Ano: 2015

Referência: Standardization (2015)

Assunto: Vocabulário para a compreensão de conceitos de gestão da qualidade.

50. *Toward Error Management in Construction: Moving beyond a Zero Vision*

Autor: Peter E. D. Love e Jim Smith

Ano: 2016

Referência: Love e Smith (2016b)

Assunto: Metodologias para intervir na construção, iniciando mudanças que permitam melhorar os processos de construção. Aplicação do conceito desenvolvido pelos autores dos 6E.

51. *Error Management: Implications for Construction*

Autor: Peter E. D. Love e Jim Smith

Ano: 2016

Referência: Love e Smith (2016a)

Assunto: Abordagem alternativa para assegurar melhorias significativas em segurança e qualidade, introduzindo o conceito de gestão de erros.

52. *A Study on Optimization of Nonconformities Management Cost in the Quality Management System (QMS) of Small-sized Enterprise of the Construction Industry*

Autor: Ivanov Nikolay

Ano: 2016

Referência: Nikolay (2016)

Assunto: Discussão de problemas na formação de um plano eficaz que identifique as não conformidades. Consideram-se os custos de correção das mesmas e os custos que as previnem.

53. *Assessment of Deficiencies in Design Documents for Large Construction Projects*

Autor: Sadi Assaf, Mohammad A. Hassanain e Abdullatif Abdallah

Ano: 2017

Referência: Assaf [et al.] (2017)

Assunto: Análise de 16 diferentes tipos de deficiências dos documentos de projeto (DDD) em grandes construções.

54. *Factors affecting Rework Costs in Construction*

Autor: Nuria Forcada, Marta Gangolells, Miquel Casals e Marcel Macarulla

Ano: 2017

Referência: Forcada [et al.] (2017)

Assunto: Analisados dados de 788 incidentes na construção de 40 edifícios para determinar os efeitos do projeto e das características de gestão nos custos do retrabalho. É feita uma análise de regressão entre os fatores contribuidores de modo a desenvolver um modelo de previsão.

55. *The Practical Application of Client-Oriented Technologies of Linguistic Communication*

Autor: O. Gaybarian e G. Myasishchev

Ano: 2017

Referência: Gaybarian e Myasishchev (2017)

Assunto: Conceitos de gestão.

56. *Statistical Analysis of Injury and Nonconformance Frequencies in Construction: Negative Binomial Regression Model*

Autor: Peter E. D. Love e Pauline Teo

Ano: 2017

Referência: Love e Teo (2017)

Assunto: Criação de um modelo que fornece previsões da frequência de acidentes em obra. Permite antecipar o que pode correr mal, relativamente a qualidade e segurança.

57. *Design of an Enhanced Defect Identification System for Commercial Building Construction*

Autor: Ju Yeon Park, James Lange, Okan Koc e Firas Al-Bakhat

Ano: 2017

Referência: Park [et al.] (2017)

Assunto: Desenvolvimento de um modelo de simulação, utilizando distribuições de estudos de tempo e movimento, para comparar o tempo, segurança e precisão, de modo a comparar com a performance humana.

58. *Putting into practice Error Management Theory: Unlearning and Learning to Manage Action Errors in Construction*

Autor: Peter E. D. Love, Jim Smith, Pauline Teo

Ano: 2018

Referência: Love [et al.] (2018a)

Assunto: A teoria da gestão de erros para abordar o retrabalho e problemas de segurança na construção.

59. *Reduce Rework, Improve Safety: an Empirical Inquiry into the Precursors to Error in Construction*

Autor: Peter E. D. Love, Jim Smith, Pauline Teo, Fran Ackermann, James Alexander, Ekambaram Palaneeswaran e John Morrison

Ano: 2018

Referência: Love [et al.] (2018b)

Assunto: Proposta de uma metodologia que permite reduzir, simultaneamente, o retrabalho e os acidentes. Realização de entrevistas com funcionários e projetistas.

60. *Revisiting Quality Failure Costs in Construction*

Autor: Peter E. D. Love, Pauline Teo e John Morrison

Ano: 2018

Referência: Love [et al.] (2018c)

Assunto: Análise de 7082 não-conformidades recolhidas. Estas são quantificadas de acordo com o seu custo e as diferenças entre tipo de projeto e dimensão são estatisticamente examinadas.

61. *Quality Control with Six Sigma DMAIC and Grey Failure Mode Effect Analysis (FMEA): A Review*

Autor: Aulia Ishak, Khawarita Siregar, Asfriyati e Hansen Naibaho

Ano: 2019

Referência: Ishak [et al.] (2019)

Assunto: Revisão de casos de estudo sobre Seis Sigma e Grey FMEA, em empresas de escala pequena, de serviços e de produtos.

62. *Development of Integration Risk on Integrated Management System in order to Increase Organizational Performance of Construction Company*

Autor: Ringgy Masuin e Yusuf Latief

Ano: 2019

Referência: Masuin e Latief (2019)

Assunto: Gestão de risco: como se poderá melhorar o desempenho de uma organização. Através de inquéritos conhecem-se os riscos dominantes, que são consequentemente analisados através do método AHP (*Analytical Hierarchy Process*) e FMEA.

63. *Quality of Project Documentation*

Autor: Martin Tuhacek e Pavel Svoboda

Ano: 2019

Referência: Tuhacek e Svoboda (2019)

Assunto: Proposta de um método de verificação da documentação de projeto, tendo em conta a melhoria contínua da qualidade.

64. *Construction Project Risk Evaluation based on FMEA*

Autor: Ru Wang, Youliang Feng e Hongmei Yang

Ano: 2019

Referência: Wang [et al.] (2019)

Assunto: Análise de risco em projetos de construção tendo em conta o método FMEA.

65. *Improved Decision Model for Evaluating Risks in Construction Projects*

Autor: Morteza Yazdani, M. Reza Abdi, Niraj Kumar, Mehdi Keshavarz-Ghorabae e Felix T. S. Chan

Ano: 2019

Referência: Yazdani [et al.] (2019)

Assunto: Desenvolvimento de uma metodologia de análise de risco, considerando FANP (*Fuzzy Analytic Network Process*) e FMEA.

66. *Identifying Tools and Methods for Risk Identification and Assessment in Construction Supply Chain*

Autor: H. Hernadewita e B. I. Saleh

Ano: 2020

Referência: Hernadewita e Saleh (2020)

Assunto: Métodos de identificação de avaliação de riscos na cadeia de fornecimento da construção usando as metodologias AHP, FMEA, SCOR (*Supply Chain Operations Reference*) e HAZOP (*Hazard and Operability Study*).

67. *A Hybrid Risk Prioritization Approach in Construction Projects using Failure Mode and Effective Analysis*

Autor: Amirhossein Karamoozian e Desheng Wu

Ano: 2020

Referência: Karamoozian e Wu (2020)

Assunto: Proposta de abordagem que considera as interdependências entre modos de falha e que utiliza *fuzzy logic* para considerar incertezas nos julgamentos.

68. *Rework in Construction: A Focus on Error and Violation*

Autor: Peter E. D. Love, Jane Matthews e Weili Fang

Ano: 2020

Referência: Love [et al.] (2020)

Assunto: Conceptualização do retrabalho com base na manifestação de erros. A estrutura permite uma melhor compreensão das causas do retrabalho.

De acordo com o referido anteriormente, nem todos os documentos acima explicitados foram utilizados no âmbito deste estudo, sendo os seguintes:

- 36, 39, 43, 47, 53, 56, 57 e 61 não utilizados devido aos temas abordados, apesar do título sugestivo, de um menor interesse no âmbito dos temas em estudo nesta dissertação;
- 38, 46, 62, 64, 65, 66 e 67 não utilizados na medida em que incidem sobre a análise de risco que, mesmo de elevada importância e relevância para o estudo, devido à escassez do tempo, não existiu oportunidade para direcionar a análise nesse campo.

2.1.3. ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS DOCUMENTOS UTILIZADOS

De seguida são apresentados diferentes gráficos que ilustram as características da amostra. Porém, nesta fase do estudo, apenas foram considerados os documentos que foram utilizados pela autora para a redação desta dissertação, ignorando, então, aqueles que foram referidos previamente e que não têm tanto interesse no âmbito deste estudo.

Realizaram-se análises estatísticas tendo em conta os autores dos documentos, os anos das publicações, as fontes e os “temas gerais” dos mesmos.

Sendo assim, uma primeira análise recai sobre os autores que mais têm publicado artigos com relevância para o tema em questão, como é possível observar através do gráfico de barras presente na figura 3.

Podem-se destacar os autores Peter E. D. Love com seis publicações relevantes, Jim Smith com quatro publicações e também William B. Ledbetter e Pauline Teo com três publicações mencionadas neste estudo.



Figura 3 - Número de artigos por autor da amostra recolhida

De seguida, analisou-se a forma como se distribuem os documentos ao longo dos anos, para que se consiga perceber, baseado na amostra recolhida, quais os anos em que foram realizadas mais pesquisas sobre os temas do controlo da qualidade na construção. Os resultados encontram-se explícitos na seguinte figura 4.

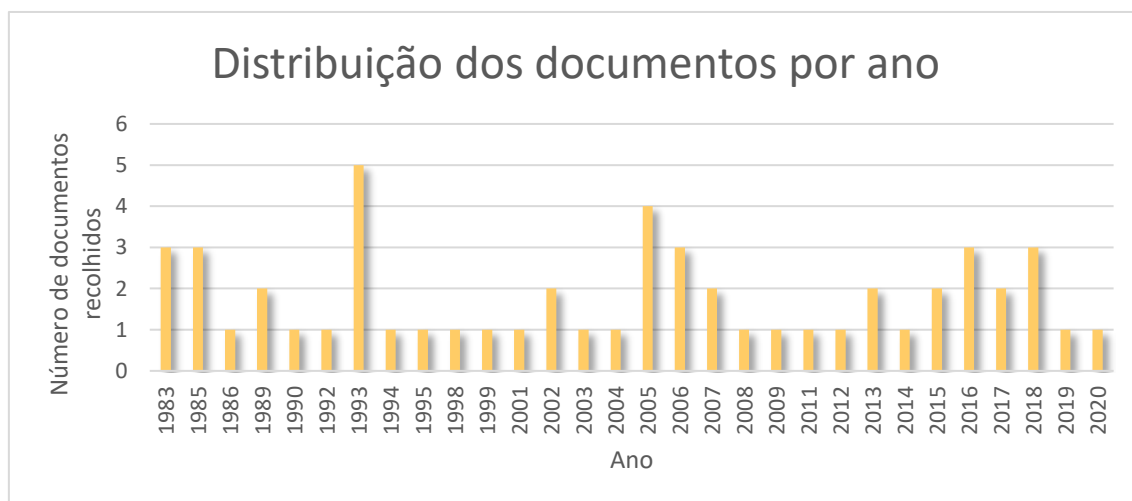


Figura 4 - Distribuição dos artigos por ano tendo em conta a amostra recolhida

De acordo com a análise da figura 4 consegue-se destacar o ano de 1993 com cinco documentos recolhidos e mencionados neste estudo, assim como 2005 com quatro documentos e 2006, 2016 e 2018 com três documentos.

Adicionalmente, realizou-se uma análise dos documentos da amostra com base nos temas gerais de cada documento, para que fosse possível entender quais as áreas de incidência dos estudos considerados. Através do diagrama circular da figura 5 consegue compreender-se como variam os temas presentes na amostra recolhida.

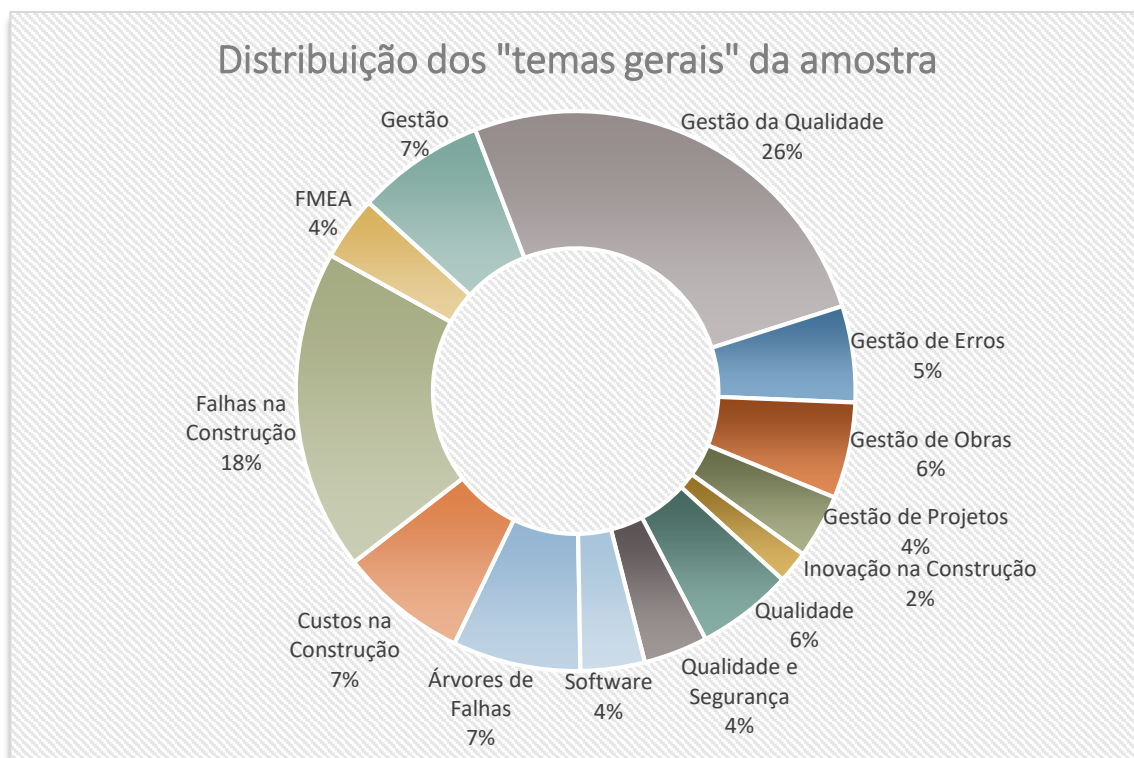


Figura 5 - Distribuição dos "temas gerais" presentes na amostra recolhida

Na amostra recolhida pode-se destacar através do gráfico descrito que 26% dos documentos são referentes à “Gestão da Qualidade” e 18% a “Falhas na Construção”.

Numa última análise relativa aos documentos recolhidos pela autora considerou-se importante perceber quais as fontes e revistas científicas que mais publicaram, ao longo dos anos, documentos relacionados com o estudo do tema do controlo da qualidade na construção. Esta análise é possível observar-se na seguinte figura 6.

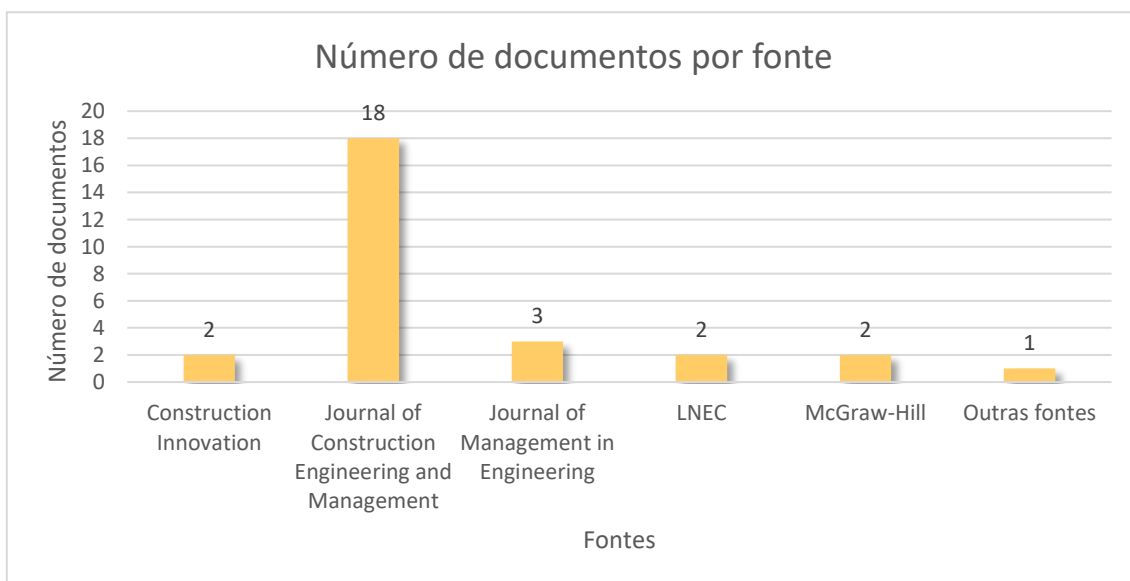


Figura 6 – Fonte dos artigos presentes na amostra

De acordo com o gráfico de barras descrito, consegue-se compreender que, por uma larga maioria, a revista “*Journal of Construction Engineering and Management*” é a que publica mais estudos relevantes para o tema, com dezoito documentos publicados em análise pela autora no presente documento.

2.2. INTRODUÇÃO À REVISÃO DA LITERATURA

Após a análise dos dados da amostra e com base nos documentos previamente descritos, nas próximas páginas encontram-se explicados e definidos os conceitos que se consideram como importantes para a compreensão deste estudo para que o leitor, não tendo conhecimentos prévios dos temas a serem abordados, consiga acompanhar todo o raciocínio desenvolvido. O objetivo da revisão da literatura passa por, através de estudos realizados por autores selecionados e publicados por fontes credíveis, expor teorias e conceitos que se relacionem e se comprovem entre si, através de encadeamentos lógicos.

Comparando as especificidades da indústria da construção a outra qualquer indústria podem-se destacar diferenças particulares que alteram a facilidade com que se classifica a qualidade da primeira. Cada construção é única e tem o seu próprio e singular local de produção, onde é esperado um ciclo de vida muito superior a outra qualquer indústria de produção, e que evolua de acordo com o tempo e as circunstâncias. (Rounds; Chi, 1985) Os seus intervenientes - engenheiros, donos de obra e trabalhadores - diferem também com a mudança de construção. Em cada obra não existe um padrão de avaliação claro e uniforme que classifique a qualidade global da mesma. Portanto, esta avaliação acaba por ser subjetiva e acoplada a quem a executa. (Rounds; Chi, 1985)

De acordo com Lee [et al.] (2006), os projetos de construção são complexos e incertos devido a ciclos iterativos provocados por mudanças e erros. Estes afetam o desempenho da construção e podem provocar aumentos de custos e prazos.

2.3. CONCEITO DE “QUALIDADE”

A qualidade pode definir-se pelo grau em que um conjunto de características inerentes de um objeto preenche os requisitos, segundo a ISO 9000:2015.

De acordo com Deffenbaugh (1993), a qualidade total na indústria da construção é um processo mensurável de melhoria contínua que se centra nas necessidades e expectativas do cliente. Para um projeto ter sucesso deverá existir envolvimento e compromisso por parte de todos os intervenientes, desde os proprietários aos engenheiros.

Para Arditi e Gunaydin (1998), existem fatores que afetam a qualidade dos projetos da indústria da construção como: a melhoria contínua da qualidade, a formação dos trabalhadores neste âmbito, a liderança da gestão que promove a qualidade dos processos, o trabalho em equipa e a cooperação entre todos os intervenientes.

Por outro lado, existem também processos específicos da indústria da construção já implementados que afetam a qualidade, sendo alguns, por exemplo, os desenhos e especificações fornecidos pelos projetistas, a seleção por mérito dos trabalhadores, a existência de práticas de comunicação entre as partes, a inspeção da qualidade em obra e um orçamento adequado. (Arditi; Gunaydin, 1998)

Segundo Rounds e Chi (1985), como não existe um sistema que controle a qualidade, a correção só ocorre quando são apontados defeitos. Torna-se, assim, difícil o trabalho de avaliação da

qualidade. Os autores indicam também que, quando ocorre um defeito durante a construção, este é geralmente corrigido antes da gestão ou do proprietário terem conhecimento, já que uma correção após estar terminada determinada tarefa é prejudicial não só à reputação da empresa mas também ao executante. Devido a estas particularidades, estabelecer sistemas que recolham dados de modo a identificar precocemente os defeitos encontrados, torna-se mais complexo do que em outras indústrias. (Rounds; Chi, 1985)

Os defeitos em projetos de construção não são resultado de uma causa singular mas sim de várias causas interrelacionadas e combinadas. Estes têm um impacto negativo no desempenho de um projeto de construção e, como podem ocorrer através de diferentes caminhos, os riscos das causas que os originam variam em termos de frequência e do impacto que têm. (Aljassmi; Han, 2013)

De acordo com Battikha (2008), uma abordagem proactiva é benéfica no âmbito em que, quando são detetados problemas numa fase inicial da construção, é possível abordá-los numa fase primária, de modo a eliminar potenciais incumprimentos e dificuldades. Esta abordagem torna a prevenção de problemas possível e mais eficaz. No entanto, a abordagem reativa permite construir um conhecimento com o qual se podem fazer previsões para projetos futuros.

Quando o controlo da qualidade em obra é gerido eficientemente prevê-se que o produto final seja mais qualificado e atenda de uma melhor maneira aos objetivos pretendidos, com um menor custo de produção, já que os custos relativos a resoluções e remediações não serão incluídos. Assim, aumentando a qualidade, reduzem-se os custos, ao mesmo tempo que se aumenta a produtividade. (Enrick; Mottley, 1985)

Segundo Rounds e Chi (1985), um programa de controlo da qualidade para a indústria da construção deverá ter um padrão de qualidade derivado de uma base de dados atual, que seja criada através do feedback de projetos anteriores. No sistema de gestão da qualidade deverão estar integradas as fases de conceção e planeamento, assim como de construção e avaliação, de modo a que os defeitos sejam identificados e corrigidos de um modo precoce.

Rounds e Chi (1985) defendem que deverá mudar-se o conceito de “controlo da qualidade” para “controlo da gestão pela qualidade”, de modo a que seja possível utilizar normas de qualidade integradas, que esclareçam políticas e promovam a organização para gerir a qualidade, com base nas experiências atuais. Estas políticas deveriam definir-se para a qualidade, para o controlo da qualidade e também para a gestão do sistema de controlo de qualidade.

A gestão da qualidade influencia, de maneira indireta, a redução de custos. A deteção e correção prematura de erros e falhas evita reparações e alterações que têm custos associados. (Rounds; Chi, 1985) Portanto, existindo uma metodologia que inspecione e controle a existência de possíveis erros será uma metodologia preventiva com diversos benefícios. Do mesmo modo, uma empresa que tenha acoplado um controlo de qualidade será mais confiável do ponto de vista do cliente. Aumentando esta confiança, conseqüentemente, a procura pelos serviços da empresa aumentará, o que permite aumentar os seus rendimentos.

Deste modo, é possível gerir eficazmente a qualidade, melhorar o desempenho das construções e, assim, reduzir os custos de manutenção e potenciais riscos de segurança. (Battikha, 2008)

2.3.1. TOTAL QUALITY MANAGEMENT

A metodologia *Total Quality Management* (Gestão Total da Qualidade) (TQM) foca-se na melhoria dos processos, no envolvimento de clientes e fornecedores, no trabalho em equipa e formação, de modo a satisfazer o cliente, e na obtenção de um produto final com qualidade e sem

defeitos. (Crosby, 1989) Para Bates (1993), o objetivo da aplicação do TQM não passa por melhorar a gestão da qualidade mas sim melhorar a qualidade do sistema de gestão. Do mesmo modo, Crosby (1989) refere que em vez de se inspecionar o produto para verificar a sua qualidade, esta metodologia concentra-se na melhoria contínua do processo que fabrica o produto.

Um estudo realizado por Blough (1983) conclui que a gestão é um ponto crucial para o sucesso do TQM, e que o primeiro passo para uma boa gestão é o reconhecimento da existência de um problema. Este estudo sobre a relação custo-eficácia na indústria da construção define que as práticas de gestão insuficientes são das principais causas do declínio da produtividade.

Oberlender (1993) refere que os métodos estatísticos são ferramentas essenciais de resolução de problemas de acordo com o TQM. Do mesmo modo, para Culp [et al.] (1993) o TQM baseia-se em dados concretos e, portanto, a análise estatística trata-se como crucial para obtenção de informação verificada. A utilização de métodos estatísticos é também útil tendo em conta que, através das informações obtidas pelos resultados analisados, podem-se futuramente evitar cometer os mesmos erros nos projetos seguintes. (Arditi; Gunaydin, 1998)

De acordo com Deffenbaugh (1993), sendo cada obra classificada como um processo único, com a sua singular localização, materiais e trabalhadores distintos, clima, custos e tempo particulares, existe um desafio em implementar o TQM. Então, a implementação do *Jobsite Quality Planning* (Planeamento da Qualidade em Obra), tratando-se de um processo onde as ferramentas são utilizadas de modo a chegar uma missão de projeto comum, suportada por objetivos específicos, torna-se importante. (Deffenbaugh, 1993) Esta metodologia permite que uma equipa líder da qualidade se centre em princípios de qualidade da satisfação do cliente e respeito pelas pessoas. Existe no âmbito do reconhecimento, de equipas e indicadores da qualidade, assim como de formação e desenvolvimento. (Deffenbaugh, 1993)

Segundo Deffenbaugh (1993, p.382) “ao trabalhar o plano, constrói-se uma dinâmica no sentido de um projeto em que todos ganham. Quando isto acontece, o projeto pode ser descrito como um verdadeiro sucesso”.

Para Deffenbaugh (1993), a metodologia *Plan-Do-Check-Act* (Planear-Fazer-Verificar-Agir) (PDCA), foca-se na melhoria contínua, torna-se fundamental para o planeamento da qualidade em obra. Tal como o nome indica, numa primeira fase é abordado o planeamento, seguido da discussão das atividades, depois a verificação e monitorização e, por último, a identificação de formas para melhorar.

Para Nikolay (2016), uma empresa torna-se mais bem-sucedida quando os seus produtos e o seu sistema de gestão cumprem mais eficazmente os requisitos de todos os interessados. A abordagem de acordo com o ciclo PDCA e o pensamento baseado no risco permitem à organização planear os seus procedimentos com maior segurança. A implementação de PDCA permite garantir que se gerem os recursos e identificam e implementam oportunidades de melhoria. (Nikolay, 2016) Tuhacek e Svoboda (2019) propõem a utilização de um método que verifique a documentação do projeto com base no princípio da melhoria contínua da qualidade, geralmente descrito no diagrama PDCA.

Na figura 7 encontra-se um esquema do ciclo PDCA publicado no *website* de gestão de projetos DOXPLAN.

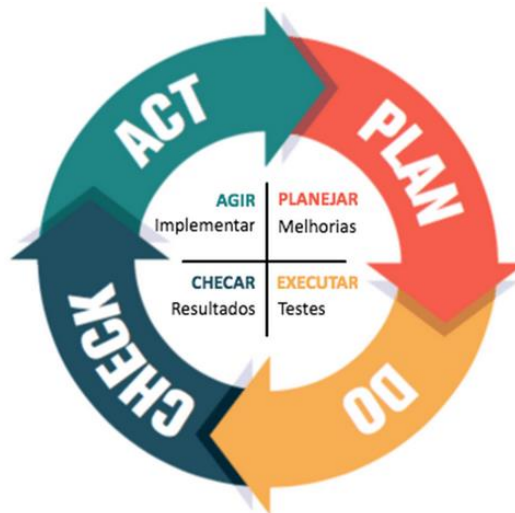


Figura 7 - Esquema PDCA. Fonte: DOXPLAN (Junior, 2017)

Deste modo, as metodologias apresentadas, TQM e PDCA, são relevantes no presente estudo na medida em que serviram para inspirar o envolvimento do planeamento e da gestão no desenvolvimento da Árvore de Falhas.

2.3.2. QUALITY CONTROL CIRCLE

Na indústria da construção verificam-se consecutivamente gastos de tempo, dinheiro e recursos, sendo estes humanos ou materiais, recorrentemente devido a ineficientes procedimentos de gestão. De modo oposto, na indústria transformadora, verifica-se a existência de estudos de 1985 em que se confirmam desenvolvimentos dos conceitos de gestão total da qualidade. Nasce no Japão durante os anos 60, baseado em técnicas desenvolvidas pelo consultor industrial Dr. W. Edwards Deming, a implementação de *Quality Control (Q.C.) Circle*, sendo posteriormente aplicado nos Estados Unidos. (Rounds; Chi, 1985)

Os efeitos da aplicação do método demonstraram aumentos de produtividade, diminuição de custo de produtos e aumentos dos níveis de fiabilidade dos mesmos. (Rounds; Chi, 1985) Aplicando tais metodologias à indústria da construção, expectam-se avanços semelhantes que melhorem a qualidade e aumentem a produtividade do ramo.

A implementação de *Q.C. Circle* na fase de planeamento de obra revê-se na garantia de qualidade, entrega e segurança, assim como na minimização dos custos de construção. Expandida às fases de conceção, administração e gestão, o controlo da qualidade torna-se um fator comum a nível geral da empresa. (Rounds; Chi, 1985) As especificidades da indústria da construção podem ser um entrave a esta aplicabilidade mas, havendo empenho e envolvimento do pessoal de gestão e de supervisão, poderá obter-se resultados significativos na melhoria dos processos. (Rounds; Chi, 1985)

Como referido previamente, a singularidade presente em cada construção dificulta a aplicação de métodos de controlo da qualidade. No caso da implementação de *Q.C. Circle* em fase de produção, pode-se destacar a variedade de tarefas que ocorrem simultaneamente no mesmo local e a necessidade recorrente de alterações. O facto de as equipas mudarem mediante a obra a executar também se torna num fator negativo, já que quebra o espírito de companheirismo. (Rounds; Chi, 1985)

Para um *Q.C. Circle* bem-sucedido existe a necessidade da capacidade de liderança do diretor de obra. Este deve compreender a metodologia aplicada e comprometer-se na sua eficiência e cumprimento para que se obtenham resultados eficazes. (Rounds; Chi, 1985) Do mesmo modo, considera-se que todos os supervisores e gestores devem encorajar a aplicação do *Q.C. Circle*, ensinando princípios de gestão da qualidade total. Este apoio trata-se de uma ferramenta crucial para o sucesso da implementação do método, já que a cooperação e a instrução são essenciais para o triunfo do *Q.C. Circle*. (Rounds; Chi, 1985)

De acordo com Rounds e Chi (1985), implementando-se o Controlo Total da Qualidade com base no conceito de *Q.C. Circle* cumprem-se requisitos de qualidade rigorosos e, simultaneamente, economizam-se os custos, aumentando a produtividade e a fiabilidade do produto entregue ao cliente.

Deste modo, o conhecimento e implementação destes conceitos de controlo da qualidade tornam-se extremamente úteis para o desenvolvimento do presente estudo, associando-se o papel importante da gestão na criação de Árvores de Falhas.

2.4. FALHAS, NÃO CONFORMIDADES E ERROS NA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO

2.4.1. FALHAS NA CONSTRUÇÃO

As falhas durante a fase de execução de obra são comuns e espera-se que continuem a suceder. No entanto, do ponto de vista técnico, a maioria destas ocorrências pode ser evitada, já que o “ponto fraco” destas falhas será o fator humano (Kagan, 1983).

Rounds e Chi (1985) afirmam que na indústria da construção as falhas ocorridas em fase de execução de obra resultam, sobretudo, de combinações de ações em várias áreas, tendo assim vários responsáveis. Existe, então, a necessidade de uma organização que implemente o controlo da qualidade em obra já que, havendo num projeto de construção diferentes entidades, que contribuem individualmente para determinadas ações, estas podem resultar falhas individuais que, numa fase posterior, se tornem num problema maior. Então, a organização da gestão da qualidade deve ter capacidade para lidar eficientemente com todas as partes intervenientes. (Rounds; Chi, 1985)

Segundo Brunsson (1985), a evolução das falhas em construção organiza-se por causa, ação errada, manifestação do erro, consequência e medida corretiva.

2.4.2. NÃO CONFORMIDADES NA CONSTRUÇÃO

Segundo a norma ISO 9000:2015 as não conformidades definem-se como os desvios na qualidade desejada ou requisitos específicos do cliente num processo de construção. Para Battikha (2002), a qualidade é definida como a conformidade com os requisitos estabelecidos. Então, num projeto de construção, a não conformidade ocorre quando o produto final não está de acordo com os requisitos estabelecidos inicialmente e são necessárias decisões e alterações.

As não conformidades, do ponto de vista do empreiteiro, implicam retrabalho, penalizações, custos associados, atrasos temporais e consequentes perdas de produtividade. No caso dos proprietários traduzem-se em problemas de segurança, de desempenho e custos elevados de manutenção. (Battikha, 2002) Se se descobrir precocemente uma não conformidade numa determinada tarefa pode-se evitar a ocorrência de falhas consequentes na obra permitindo, assim, evitar um problema mais gravoso e com uma maior complexidade de resolução – que implicará, provavelmente, mais custos associados. (Rounds; Chi, 1985)

A gestão de não-conformidades é um dos principais problemas na construção, uma vez que pode aumentar o tempo e o custo da construção. Uma parte importante do processo de gestão de não-conformidades é a etapa da formação de um plano de ação corretiva para abordar as causas da não-conformidade. (Nikolay, 2016)

Para Nikolay (2016), as tarefas mais importantes da gestão das não conformidades são a identificação das possíveis causas das não conformidades e o desenvolvimento das ações corretivas necessárias para evitar erros. A empresa construtora tem a função de corrigir as não conformidades detetadas, identificar as suas causas e planejar e implementar ações corretivas para que estas sejam eliminadas. (Nikolay, 2016)

Nesta dissertação introduz-se o conceito de “não conformidades residuais”, na medida em que se define uma não conformidade que se conserva ou que se mantém até ao final da obra, neste caso específico. Portanto, o objetivo do estudo inclui o desenvolvimento de estratégias que previnam não conformidades que, se não forem corrigidas, se verificam até ao fim do projeto.

2.4.3. ERROS NA CONSTRUÇÃO

Segundo Davis [et al.] (1989), o termo a utilizar no caso de ocorrência de uma não conformidade que não está em total conformidade com todos os requisitos, mas que não se trata de uma falha absoluta, poderá ser “desvio”. Estes estão relacionados com a fase de construção e consistem em atividades que acontecem no local da obra.

Segundo Burati Jr [et al.] (1992), uma “mudança na construção” é definida como uma mudança no método de construção. Os desvios que se classificam como “erros” resultam de métodos de construção errados. Do mesmo modo, “omissões de construção” são os desvios que acontecem devido à omissão de determinada tarefa.

Relativamente à fase de fabricação, as alterações, erros e omissões de fabrico são desvios que resultam do trabalho concretizado por um fornecedor ou fabricante. (Burati Jr [et al.], 1992) Assim, uma alteração efetuada durante esta fase será uma “mudança na fabricação”. Os autores referem também que o que seja fabricado e que não esteja de acordo com as especificações será um “erro de fabrico”. (Burati Jr [et al.], 1992)

No transporte de materiais também se verificam erros e alterações. Segundo Burati Jr [et al.] (1992), os desvios de transporte relacionam-se com o transporte de equipamento e materiais. “Mudança no transporte” determina uma mudança no método de entrega e “erro de transporte” implica um erro cometido durante esse transporte. Do mesmo modo, as “omissões de transporte” são aquelas onde o produto requerido não foi enviado.

Quando uma mudança é exigida por parte de requisitos do cliente, esta poderá ser planeada e integrada na calendarização da construção, sendo que os custos relativos a tal mudança ficam também a cargo do cliente. Contrariamente, no caso de mudança devido a erros de construção, esta tem acoplada retrabalho e custos não planeados para que se assegure a conformidade com as normas exigidas inicialmente. (Love [et al.], 2020)

Para Lee [et al.] (2003), os erros e as alterações são uma das causas de incerteza mais recorrentes em projetos de construção, já que envolvem diversos fatores como a experiência dos trabalhadores, os recursos disponíveis, as diferentes estratégias, singulares prazos e custos, assim como técnicas de gestão.

Para enfrentar a incerteza resultantes de erros e alterações, foi desenvolvida a *Dynamic Planning and Control Methodology* (Metodologia Dinâmica de Planeamento e Controlo) (DPM) de modo a auxiliar a preparação de planos de construções e facultar políticas para lidar com erros e

alterações. (Lee [et al.], 2003) Esta metodologia DPM foi desenvolvida para calcular os impactos dos erros e mudanças no desempenho da construção, ampliando modelos existentes, e enfatizando as características únicas dos erros e alterações nos projetos de construção. (Lee [et al.], 2006)

Para que o desempenho em termos de segurança e qualidade na construção melhore é necessário que as empresas de construção reconheçam a gestão de modo a que a aprendizagem através dos erros se torne parte integrante da organização. Para tal, torna-se crucial a comunicação e responsabilização organizacional partilhada dos erros. (Love; Smith, 2016a)

Uma mudança de mentalidade de uma posição de “erro” para uma posição onde os “erros acontecem” requer liderança e *coaching* que encorajem os intervenientes a perguntar e aprender constantemente. Esta mudança exige que a aprendizagem ocorra com a experiência e não com os desempenhos de sucesso. (Love; Smith, 2016b)

Segundo Love e Smith (2016b), os erros podem levar a acidentes, retrabalho ou impactos no planeamento.

2.5. PROBLEMAS NA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO

2.5.1. CAUSAS

Relativamente aos defeitos encontrados na fase de construção, Tuhacek e Svoboda (2019) referem que a causa não está sempre no empreiteiro mas também na documentação do projeto ou no próprio conceito. Battikha (2002) refere que, na fase de construção de obra, assim que detetadas não conformidades, devem encontrar-se as possíveis causas e, seguidamente, eliminá-las para impedir a sua recorrência durante o resto da obra ou em construções futuras. Para tal, é necessária a realização de estudos, onde são analisadas grandes quantidades de dados e tomadas as decisões necessárias por especialistas. (Battikha, 2002)

Um estudo realizado por Chase e Manning (1990) identificou três problemas significativos da indústria da construção: falta de trabalho em equipa, má comunicação e planeamento desadequado. Seguidamente, os autores concluem que as causas destes problemas passam pela inexistência de exercícios em equipa no início do projeto, pela falta de compreensão dos membros da equipa e pouco ou nenhum planeamento e programação orientados para a mesma. Anos mais tarde, Josephson e Hammarlund (1999) acrescentam que duas das causas mais frequentemente mencionadas relativas à ocorrência de falhas em fase de construção são a falta de conhecimento e a falta de informação. Embora a culpabilização dos erros seja atribuída a uma pessoa individual, usualmente, a causa primária poderá advir dos intervenientes organizacionais.

Josephson e Hammarlund (1999) identificaram também que a mudança de equipas de trabalho mediante as obras realizadas, a pressão em utilizar o menor custo possível, a inexistência de campanhas de motivação dos trabalhadores, a alteração dos responsáveis por determinadas tarefas, alterações constantes ao projeto inicial por exigências do cliente, a pressão em terminar as tarefas em tempo consideravelmente apertado e as políticas de gestão diferentes entre o escritório e a obra são algumas das causas mais recorrentes que estão na origem das falhas em fase de execução de obra.

Josephson e Hammarlund (1999) concluem, na maioria dos casos analisados no seu estudo, que o trabalhador que originou o erro tinha os conhecimentos necessários, tinha a informação correta mas faltava-lhe a motivação em realizar tal trabalho. Então, uma média de 50% do custo das falhas poderia ser devido à falta de motivação dos trabalhadores.

Através da eliminação de defeitos é possível adquirir poupanças financeiras consideráveis nas empresas de construção: durante a verificação inicial da documentação do projeto e antes da realização do mesmo podem prevenir-se defeitos e eliminar os custos relativos à sua remoção. (Tuhacek; Svoboda, 2019)

Um estudo realizado por Tuhacek e Svoboda (2019) propõe a criação de uma “base de dados de defeitos reclamados”, onde sejam descritos os defeitos encontrados em obras, de modo a melhorar a qualidade e a facilidade na gestão, esclarecendo quais os pontos em que se deve focar uma maior atenção. Os autores referem ainda que a eliminação dos defeitos encontrados em projetos de construção implica a ocorrência de melhorias financeiras significativas para as empresas.

2.5.2. IMPLICAÇÕES NOS CUSTOS

De acordo com um estudo feito por Burati Jr [et al.] (1992), os custos dos desvios na construção representam, em média, 12,4% dos custos totais. Os desvios relativos à fase de construção representam 16% do número total de desvios, 17% dos custos totais dos desvios e 2,5% do custo total de um projeto.

Segundo Nikolay (2016), em alguns casos, os custos adicionais da eliminação de produtos não conformes podem chegar a 33% do custo de construção. Então, a existência de um plano de ação corretivo eficaz pode ser uma das formas de reduzir os custos adicionais.

Em concordância, um estudo de Love [et al.] (2018c) refere que os custos relativos a falhas na qualidade podem variar entre 1% e 20% do valor do contrato original de um projeto. Love [et al.] (2018c) diferenciam e classificam os custos de falhas como internos quando existe a necessidade de inspeção antes de este ser entregue ao cliente e como externos quando o produto já deixou a organização e já não tem controlo sobre o mesmo.

Para Love [et al.] (2018c), os custos de avaliação da qualidade envolvem custos relacionados com testes, verificações, validações, auditorias e inspeção de materiais, produtos ou procedimentos.

Segundo um estudo realizado por Rosenfeld (2014), a existência de documentos de concurso prematuros, a ocorrência de alterações constantes nos requisitos e os preços das propostas vencedoras irrealisticamente baixos são causas comuns das ultrapassagens de custos. Rosenfeld (2014) acrescenta que tratando a “raiz da causa”, que é a razão da existência de um problema, este será permanentemente resolvido. Através da análise de eventos é possível identificar a “raiz da causa” dos excessos dos custos de construção. Para ser feita esta análise, é necessário ter em conta as seguintes etapas (Rosenfeld, 2014): compreensão do problema, criação de um conjunto de causas possíveis, recolha de dados, análise de dados e identificação da “raiz da causa” dos problemas.

Este conceito de “raiz da causa” está particularmente associado aos eventos básicos da Árvore de Falhas desenvolvida, que contém as primeiras causas que desencadearam a não conformidade detetada, conceitos que serão explicados posteriormente. Estes eventos básicos enquadram-se como a “raiz da causa” na medida em que são o primeiro evento verificado para a existência do problema.

De modo equivalente, um estudo realizado por Josephson e Hammarlund (1999) relativo à análise de causas e custos das falhas na construção de edifícios indica que 45% dos custos dos erros têm origem no local, sendo assim responsabilidade da gestão de obra, dos trabalhadores e subcontratados, e que 20% dos custos dos erros têm origem em materiais e equipamentos.

Forcada [et al.] (2017) refere que a ultrapassagem dos custos previamente planeados devido ao retrabalho é um problema comum e que o primeiro passo para a sua resolução é a identificação dos fatores que influenciam os custos. As empresas que controlam eficazmente os fatores que influenciam os custos e que formulam estratégias de prevenção conseguem controlar e evitar a ultrapassagem do orçamento e consequentemente aumentar os lucros. (Forcada [et al.], 2017)

O desempenho da qualidade só pode ser melhorado quando os custos relativos a falhas e não conformidades são quantificados e geridos eficazmente. (Love [et al.], 2018c)

2.5.3. IMPLICAÇÕES NOS PRAZOS

Segundo Couto e Teixeira (2005), as consequências dos incumprimentos dos prazos são geralmente graves e têm uma difícil resolução. Para Couto (2006), existe a necessidade de um maior cuidado dos donos de obra na elaboração dos programas e de um maior rigor na elaboração dos estudos de viabilidade. Do mesmo modo, a consciencialização dos riscos inerentes e a otimização da gestão com base na qualificação e na adequação de técnicas são também medidas que possibilitam uma mitigação dos atrasos.

De acordo com um estudo realizado por Couto (2006) sobre a influência dos atrasos na competitividade da indústria da construção, o autor elabora um inquérito sobre o incumprimento dos prazos, testando-o a nível nacional. As principais causas dos atrasos dos projetos de construção, destacadas pelo autor, relativamente à fase de construção incluem:

1. Excessiva dependência de autorizações de instituições
2. Dificuldades em obter autorizações e licenças
3. Seleção, geralmente, das propostas mais baratas
4. Inadequado planeamento, controlo e gestão de tarefas, materiais, mão-de-obra e equipamentos
5. Falta de mão-de-obra qualificada
6. Pouca importância dada às atividades críticas
7. Planeamento demasiado otimista para as condições de trabalho
8. Frequentes alterações durante a construção
9. Coordenação inadequada entre os intervenientes
10. Baixa produtividade
11. Inexistência de incentivos financeiros

Deste modo, as causas apontadas pelo autor serviram de inspiração na criação da Árvore de Falhas que se encontra no capítulo 4, admitindo a sua possibilidade de ocorrência nas obras da empresa.

2.6. SUCESSO DE UM PROJETO DE CONSTRUÇÃO

2.6.1. PRINCÍPIOS GERAIS

De acordo com Josephson e Hammarlund (1999), a motivação define-se como o desejo das pessoas contribuírem através das suas próprias ações para a ação organizacional resultante. As expectativas implicam que as pessoas acreditem nas suas ações em proveito da ação organizacional e o compromisso que, para alcançar algo em conjunto, as pessoas devem poder confiar em certos tipos de comportamento do resto da equipa.

Para o sucesso de um projeto de construção é crucial existir um equilíbrio entre os requisitos do proprietário – relativos, por exemplo, a custos, prazos, características e materiais – e a necessidade de tempo e orçamento adequados para satisfazer determinados requisitos. (Arditi; Gunaydin, 1998) De um modo equivalente, Wanberg [et al.] (2013) afirmam que para o sucesso de um projeto de construção é necessário assegurar que o custo, qualidade, segurança e duração estão corretamente determinados e planejados. (Wanberg [et al.], 2013) Na perspectiva de Rosenfeld (2014), considera-se um projeto “bem-sucedido” quando este é concluído dentro do orçamento, tempo e cumprindo os objetivos da qualidade, sendo esta uma das principais funções do gestor de obra.

Durante a fase de planejamento de uma construção, os gestores de obra constroem um encadeamento lógico das tarefas a realizar, estimando o tempo necessário para as executar e identificam o caminho crítico, recorrendo, por exemplo, a métodos como o MS Project. Este planejamento, para ser bem-sucedido, depende da capacidade crítica do profissional que o executa, tendo em conta que um erro neste planejamento poderá trazer consequências gravosas. (Kang [et al.], 2007) Segundo Kang [et al.] (2007), um planejamento da construção sem erros é um componente crucial para uma conclusão bem-sucedida do projeto e, então, quaisquer melhorias no processo de deteção de erros terá grande valor.

Arditi e Gunaydin (1998) afirmam que o trabalho em equipa durante a fase de construção é uma parte essencial do trabalho e que, havendo cooperação e coordenação de todos os profissionais intervenientes em fase de construção, podem-se evitar alterações ao projeto, problemas construtivos, erros em encomendas e aumentos de custos provocados pela necessidade de renegociações. Para Deming (1986), se for permitido aos trabalhadores expressar as suas opiniões, estes podem melhorar as suas técnicas de construção e, deste modo, aumentar a produtividade, o que levará à redução de retrabalho e conseqüente diminuição dos custos.

De acordo com Formoso [et al.] (2002), uma maneira de avaliar o desempenho dos sistemas de produção é através da quantificação dos desperdícios, já que permite indicar áreas com potencial melhoramento e apontar as principais causas de ineficiência. A medição dos desperdícios permite apoiar a gestão de processos, tendo em conta que alguns custos podem ser devidamente modelados, e gerir a informação obtida, criando condições que permitam implementar um controlo neste âmbito. (Formoso [et al.], 2002)

2.6.2. IMPORTÂNCIA DA LIDERANÇA NA CONSTRUÇÃO

Deve ser imposta uma criteriosa seleção dos líderes para que a gestão de erros e conseqüente aprendizagem possam prosperar. (Carnes [et al.], 2015) De acordo com Love e Smith (2016b) a compreensão da importância da liderança necessária para o êxito dos projetos de construção é de elevada importância não só para os gestores de projeto mas como para as organizações de que fazem parte.

De acordo com Carnes [et al.] (2015), selecionar uma pessoa ou uma equipa para liderar um projeto de construção é uma tarefa desafiante tendo em conta que, no caso de estas não serem as mais indicadas, o desempenho será afetado, assim como todos os intervenientes do projeto. Love e Smith (2016b) afirmam que a equipa de liderança precisa de moldar nos membros da equipa uma compreensão, desenvolvimento e aprendizagem para que possam agir de forma independente e em conformidade com os objetivos do projeto de construção.

2.6.3. RELAÇÃO ENTRE SEGURANÇA E QUALIDADE NA CONSTRUÇÃO

Para Love [et al.] (2018a, p.111) “possuir conhecimentos e compreender os comportamentos, práticas e rotinas que contribuem para o retrabalho e incidentes de segurança pode permitir o desenvolvimento de estratégias eficazes de contenção e redução de erros, o que contribuirá positivamente para melhorar a produtividade e o desempenho a nível organizacional e de projeto”.

Neste âmbito de reduzir as ações que contribuem para os erros e conseqüentemente para o retrabalho e acidentes, Love [et al.] (2018a) propõem que sejam estudados o tipo e natureza do retrabalho e dos incidentes de segurança de modo que seja possível determinar onde é necessário concentrar um maior esforço.

Segundo Wanberg [et al.] (2013), existe uma relação entre a segurança e a qualidade dos projetos de construção e torna-se crucial implementar estratégias de gestão que melhorem, conjuntamente, a segurança e a qualidade. Deste modo, uma melhor atribuição de recursos e esforços implica que se verifique um resultado de acordo com os requisitos do proprietário (qualidade) aliando uma responsabilidade detida pelos empreiteiros (segurança). (Wanberg [et al.], 2013)

Algumas estratégias que melhoram a qualidade e a segurança em obra simultaneamente incluem a organização e distribuição de recursos de acordo com um planeamento prévio, a disposição do tempo necessário para realizar as tarefas propostas, capacidades assertivas de liderança e responsabilização dos elementos pelo seu próprio trabalho. (Wanberg [et al.], 2013)

Segundo Burati Jr [et al.] (1992), o retrabalho surge como resultado de uma alteração, omissão ou erro com origem no processo de conceção ou durante a construção. Diversos estudos acrescentam que as mudanças são das principais causas para a ocorrência do retrabalho. (Love [et al.], 2020) Para Love [et al.] (2018b), existe uma relação simbiótica entre qualidade e segurança na indústria da construção. Efetivamente, para reduzir o retrabalho e melhorar a segurança, existe a necessidade de mudar a perspetiva de prevenção de erros para a gestão dos erros, que poderá complementar práticas já existentes. (Love [et al.], 2018b)

2.6.4. RELEVÂNCIA DA INOVAÇÃO NA CONSTRUÇÃO

De acordo com um estudo de Murphy [et al.] (2011), o objetivo de desenvolver um procedimento de gestão no qual se implementem inovações é de grande importância. Segundo os autores, não são os condicionamentos do projeto que exigem a gestão para sustentar a inovação mas sim as falhas nas competências das partes envolvidas.

Murphy [et al.] (2011) afirmam que existem elementos chave necessários para que se verifique inovação na indústria da construção, nomeadamente: singularidade de conceito, primeira utilização dentro da indústria, capacidade de efetuar mudanças, benefícios para os intervenientes e risco associado.

2.7. PREVENÇÃO DE ERROS

Segundo Love e Smith (2016a), como já argumentado anteriormente, os erros sendo quase inevitáveis em ambiente construtivo, a sua eliminação total torna-se uma tarefa praticamente impossível. Então, o conceito de prevenção dos erros será o mais eficaz já que torna viável antecipar a sua probabilidade de ocorrência.

De acordo com Josephson e Hammarlund (1999) e Aljassmi e Han (2013), para que seja possível existir a prevenção e eliminação de erros e falhas na construção é necessário ter conhecimento sobre esses erros, quais as suas causas e custos associados, para que se concentrem os esforços na

sua prevenção. Josephson e Hammarlund (1999) acrescentam que para evitar o acontecimento de determinados erros é necessário ter conhecimentos claros da natureza das suas causas e, portanto, fazendo as alterações necessárias previamente, melhorar-se-á, eficazmente, a qualidade dos trabalhos. (Josephson; Hammarlund, 1999)

De acordo com Battikha (2008), a criação de padrões de problemas, que podem ser analisados para prever não conformidades, permite a tomada de medidas mitigadoras para erradicar as causas de ocorrências de não conformidades e prevenir a sua recorrência de uma maneira mais fácil, permitindo o agrupamento dos diversos problemas detetados.

A divisão das falhas em padrões poderá distribuir-se como “problemas em projeto”, que remetem para especificações e desenhos, “problemas de construção”, que incluem erros e a incapacidade de executar tarefas e “problemas de fatores externos” que indicam eventos não expectáveis ou acidentes. (Battikha, 2008)

De acordo com Aljassmi e Han (2013), devem quantificar-se a frequência e o impacto das causas dos defeitos encontrados e aplicar estratégias que previnam os últimos de ocorrer, de modo a que os gestores de projeto tenham capacidade de classificar o significado destas causas e priorizar os seus esforços.

2.8. GESTÃO DA CONSTRUÇÃO

2.8.1. PRINCÍPIOS GERAIS

De acordo com um estudo realizado por Kagan (1983, p. 471) em três diferentes obras onde ocorreram colapsos estruturais, o autor refere que em dois dos casos de estudo “o empreiteiro estava com pressa no final do dia”, em outro caso que “o projetista não prestou a devida atenção aos detalhes” e, num último caso de estudo, que “os empreiteiros, arquitetos e engenheiros viram o que se estava a passar, sabiam que a prática da construção era imprópria e não realizaram qualquer ação”. Pode-se então afirmar que existe uma necessidade de observação e controlo por parte de entidades profissionais, exteriores à empresa ou não, em que as suas funções passem por inspecionar as ações ocorridas no contexto de execução de obra. (Kagan, 1983)

Para Arditi e Gunaydin (1998), em concordância com outros autores, a temática da gestão em questões de melhoria da qualidade tem grande importância em todas as fases do projeto de construção. Do ponto de vista dos autores, é necessário existir empenho por parte da equipa encarregue da gestão da obra na melhoria contínua da qualidade e, também, nas suas capacidades de liderança na promoção da qualidade do processo. Segundo Arditi e Gunaydin (1998), são os gestores de obra que deverão estar encarregues da coordenação de todo o projeto de construção e, deste modo, devem ter conhecimento de todas as fases do mesmo.

De acordo com Gaybarian e Myasishchev (2017), os princípios básicos de melhoria dos processos de gestão incluem: formulação racional e objetiva da finalidade da atividade, análise das práticas existentes, desenvolvimento de melhorias e determinação da sua eficácia, aceitação de propostas e consequente implementação.

Para Hellard (1993), a formação em gestão para os gestores é mais importante do que a formação de competências para os trabalhadores. Na fase de produção de obra, a formação de gestores de obra de conceitos básicos da qualidade, assim como a formação dos trabalhadores, melhora a qualidade do projeto. A empresa descobrindo as causas dos retrabalhos e erros poderá realizar formação nesses pontos. (Arditi; Gunaydin, 1998)

De acordo com Arditi e Gunaydin (1998), a liderança da gestão, a formação, o trabalho em equipa e o envolvimento com o cliente são fatores que influenciam a qualidade da construção. Para Shtub

(1995), a existência de uma base de dados para o controlo do projeto de construção poderá melhorar a qualidade da supervisão.

A supervisão por parte da equipa do empreiteiro é, de facto, um fator importante para a garantia da qualidade, ainda mais se existirem trabalhos subcontratados a subempreiteiros. Do ponto de vistas dos últimos, quando não existe informação clara e suficiente, assim como a sobreposição de atividades, poderá advir retrabalho, menor qualidade dos trabalhos e um aumento dos custos. (Arditi; Gunaydin, 1998) Então, havendo uma coordenação eficaz por parte da equipa gestora da qualidade, muitos problemas conseguem ser evitados, melhorando a comunicação e a informação partilhada. (Arditi; Gunaydin, 1998)

De acordo com um inquérito realizado por Arditi e Gunaydin (1998), a supervisão eficiente por parte da equipa do empreiteiro, especialmente dos subcontratados, a seleção de equipas experientes e qualificadas e a apresentação de especificações e informações claras, objetivas e consistentes são fatores que melhoram significativamente a qualidade da construção.

2.8.2. GESTÃO DE ERROS

É importante adotar conceitos de melhorias de produtividade e desempenho, dando ênfase a uma cultura de aprendizagem que transforme eventos de erro em experiências, já que aprender com erros, através da gestão de erros, poderá prevenir que outros semelhantes ocorram futuramente. (Love; Smith, 2016b) A prevenção e a gestão de erros, apesar de conceitos distintos, têm o mesmo objetivo de evitar consequências negativas nos projetos de construção. (Love; Smith, 2016b)

A gestão de erros baseia-se no entendimento de que nem todos os erros podem ser evitados. (Love; Smith, 2016b) Então, não será o erro que tem de ser evitado mas sim as suas consequências negativas. Assim, a gestão de erros aceita a ocorrência de erros mas sublinha a importância dos seus impactos negativos e a necessidade de os resolver no imediato em que são identificados. (Love; Smith, 2016b) Portanto, a gestão de erros baseia-se em dois princípios: não evitar os erros em si mas sim as suas consequências negativas e permitir a correção imediata desses mesmos erros. (Love; Smith, 2016b)

Segundo Love [et al.] (2018a), existem cinco princípios de gestão de erros que integram a cultura desenvolvida pelas organizações que a adotam: análise do erro, erro de comunicação, partilha de conhecimento de erros, assistência em caso de erros e erro de manipulação e coordenação.

De acordo com Love [et al.] (2018a), a gestão de erros trata-se de uma ferramenta que examina como uma organização baseada em projetos foi capaz de mudar a mentalidade de prevenção de erros para uma organização que aprova uma aprendizagem atenta e que, consequentemente, proporciona uma possibilidade de reduzir os seus erros. Como indicam Love e Smith (2016b) a gestão de erros visa evitar e reduzir as consequências negativas dos erros e utilizar a sua ocorrência como uma oportunidade de aprendizagem, que ajudará a prevenir erros futuros.

De acordo com um estudo feito por Love [et al.] (2018b) sobre a análise dos precursores de erros na indústria da construção, os autores referem que uma mudança de uma posição de “prevenção” para “gestão” de erros permite que a aprendizagem se torne uma característica incorporada na cultura da organização. Adicionalmente, Love [et al.] (2018b) acrescentam que esta mudança contribuirá para melhorias na produtividade e no desempenho.

Para se implementar políticas de gestão de erros é necessário motivar e desenvolver competências e processos de comunicação para lidar com os erros. Esta gestão abrange o conceito de não existir uma solução única já que há determinados erros que não podem ser previstos. (Love; Smith, 2016b) A teoria da gestão de erros permite facilitar a mudança necessária para reduzir o retrabalho

e melhorar a segurança na indústria da construção, fornecendo meios que permitam aprender com os erros. (Love [et al.], 2018a)

2.8.3. LESSONS LEARNED PROGRAM

Os sistemas de gestão do conhecimento são componentes essenciais nas organizações, na medida em que geram inovação e conseqüente vantagem competitiva. Estes sistemas podem consistir em processos, formação ou programas. (Caldas [et al.], 2009) Collison e Parcell (2005) afirmam que deve ser feita uma integração de *Lessons Learned Programs* nos sistemas de gestão do conhecimento para que se possa beneficiar dos conhecimentos e informações obtidas a partir de experiências, tendo em conta as atividades anteriores e extrair conclusões (aprendizagens).

Lessons Learned Program (Programa de Lições Aprendidas) (LLP) consiste em pessoas, processos e ferramentas que apoiam a recolha, análise e implementação de lições aprendidas nas organizações. LLP têm como objetivo acrescentar valor à organização e promover a comunicação da informação. (Collison; Parcell, 2005)

Os LLP dividem-se em diferentes fases: recolha, análise e implementação. A primeira trata da recolha de conhecimentos e experiências de indivíduos da organização, que pode acontecer em diferentes fases e ser feita por gestores de projeto. Numa segunda fase e após a recolha, as aprendizagens são analisadas, de modo a garantir que a informação partilhada está correta. Por último ocorre a fase de implementação das aprendizagens, que poderá assumir diferentes formas, desde a publicação destes conhecimentos até à mudança de determinados procedimentos. (Collison; Parcell, 2005)

De acordo com Collison e Parcell (2005), a implementação de um LLP ajuda na gestão do conhecimento dentro da organização, recolhendo e divulgando as informações e experiências. Adicionalmente, Caldas [et al.] (2009) acrescenta que a aplicação de LLP facilita a melhoria contínua dos processos e procedimentos. (Caldas [et al.], 2009)

2.8.4. SISTEMAS COMPUTACIONAIS

Para Arnold (1994), os sistemas de gestão da qualidade permitem que a conformidade seja alcançada, encontrando-se com os requisitos previamente estabelecidos. As normas presentes na ISO 9000 facultam um guia para organizar e implementar os componentes necessários a um sistema de qualidade.

Os sistemas computacionais de apoio à gestão da qualidade na indústria da construção podem ser úteis no âmbito em que definem os critérios de conceção, construção e gestão da qualidade, desenvolvem planos de inspeção, analisam os resultados destes planos, verificam a sua conformidade com os critérios definidos inicialmente, documentam a experiência sob a forma de modelos e geram relatórios que podem ser analisados futuramente. (Battikha, 2002)

A tecnologia tridimensional *Computer-Aided Design* (Conceção Assistida por Computador) (CAD) tornou-se disponível nos anos oitenta para a indústria da arquitetura, engenharia e construção, onde estes profissionais podiam usá-la de modo a gerir e transmitir informação aos demais sobre os projetos de construção, integrando informação adicional de engenharia expandido para o CAD 3D. (Kang [et al.], 2007)

A visualização 4D, que é uma junção do CAD 3D e do planeamento temporal, permite simular as operações de construção e as sequências de montagem. Assim, é possível desenvolver calendários de projetos de construção mais eficientes e resolver antecipadamente os conflitos temporais que

possam existir. (Kang [et al.], 2007) A visualização 4D da construção, sabendo que ilustra a sequência da construção com computação gráfica 3D ao longo do tempo, poderá ser uma parte crucial para os gestores de projeto no âmbito de uma gestão mais prática e fácil dos prazos de construção. (Kang [et al.], 2007)

Existem diversos projetos de construção que utilizam a visualização 4D para melhor entender os prazos e tomar decisões que consigam evitar erros futuros. A gestão da informação com comunicação assíncrona na *web* poderá auxiliar o processo da decisão entre os profissionais dispersos da indústria da construção. (Kang [et al.], 2007) A combinação da visualização 4D com a gestão da informação na *web* facilita aos profissionais a tomada de decisões colaborativas, no âmbito do planeamento e gestão da construção. (Kang [et al.], 2007)

De acordo com Kang [et al.] (2007), a comunicação assíncrona baseada na *web* é uma ferramenta que permite a partilha de informação de projetos de construção entre os profissionais que se encontram longe fisicamente ou em termos temporais. Assim, como grande parte das construções têm diferentes equipas subcontratadas, através da gestão de projetos com base na *web*, os profissionais podem ter ferramentas de gestão mais facilmente partilhadas entre todos, melhorando a comunicação dos intervenientes, já que esta última é um ponto-chave e para o sucesso de um projeto de construção. (Kang [et al.], 2007)

Um estudo realizado por Kang [et al.] (2007) sobre os métodos 4D de construção com base na *web* compara o desempenho de equipas, divididas em dois grupos: no primeiro grupo as equipas utilizam tecnologias 4D e no segundo grupo tecnologias 2D. Os autores concluem que, relativamente à deteção de erros, o grupo 4D detetou um maior número de erros com taxas de precisão e velocidade mais elevadas do que o grupo 2D, embora tenham comunicado com uma frequência menor. Mostra-se então que o modelo de visualização 4D representado na *web* melhora o desempenho das equipas, assim como a colaboração entre os membros no planeamento e gestão da construção.

Segundo os resultados de um estudo realizado por Kang [et al.] (2007), as equipas que utilizam modelos 4D têm a capacidade de detetar erros mais frequentemente, rapidamente, com menos falhas e com uma menor necessidade de comunicação de equipa do que as equipas que utilizam modelos 2D. Pode-se concluir então que a visualização da construção 4D na *web* pode melhorar a colaboração de equipas no planeamento e organização da construção. (Kang [et al.], 2007)

2.9. FERRAMENTAS DE ANÁLISE DE FALHAS

A probabilidade de um sistema não falhar durante um determinado espaço temporal denomina-se por “confiabilidade”, de acordo com Amberkar [et al.] (2001). O autor refere que a previsão da confiabilidade de um sistema tem por base diversas técnicas matemáticas baseadas em teorias de probabilidade, de modo a que seja possível determinar a confiabilidade de um sistema através de dados de falhas. Para tal, o uso de ferramentas como o *Failure Mode and Effect Analysis* (Análise de Modos de Falha e Efeitos) (FMEA) e Árvores de Falhas (*Fault Tree Analysis*) (FTA) é recorrente.

A análise da árvore de falhas é usualmente utilizada depois de ocorrida a falha, com o intuito de se aplicarem soluções de correção e não num âmbito preventivo. Contrariamente, a análise FMEA é recorrentemente utilizada como uma ferramenta pró-ativa em ações de prevenção, desde o início de utilização para prevenir e eliminar potenciais modos de falhas, antes que estes possam acontecer. (Yamane; Souza, 2007)

2.9.1. FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS

As normas ISO 9000, que são sobre a utilização de sistemas de gestão da qualidade em empresas, sugerem que as empresas operem de uma forma preventiva e mitigadora, de maneira a melhorar continuamente os seus produtos e processos. De acordo com os conceitos de melhoria contínua surge a aplicação do método FMEA como uma ferramenta de apoio que pode ser utilizado pelas empresas. (Gomes [et al.], 2005)

O *Failure Mode and Effect Analysis* define-se como uma metodologia que permite reconhecer possíveis modos de falha, sendo estes produtos ou processos, antes da ocorrência de problemas. Permite também avaliar os riscos associados a esses modos de falha e, conseqüentemente, nomear e empregar medidas que reduzam as conseqüências destes. (Alves; Costa, 2004) Com a utilização do FMEA é possível avaliar, a partir de um determinado modo de falha, as causas e seqüência de efeitos, assim como os meios de deteção e prevenção dos modos de falha e de mitigação dos seus efeitos. (Gomes [et al.], 2005)

Uma das primeiras referências do FMEA advém do exército norte-americano em 1949, sendo mais tarde, na década de sessenta, aplicado na indústria aeroespacial. No entanto, a referência mais relevante será na década de setenta quando a *Ford Motor Company* iniciou o seu uso generalizado. Mais tarde, no final da década de oitenta, foi desenvolvida a norma QS 9000 que define o sistema da qualidade exigida e utilizada pela *Ford Motor Company*, *Chrysler Corporation* e *General Motors Corporation*, quer a fornecedores internos quer a fornecedores externos de produção e fornecimento de materiais. (Silva [et al.], 2006)

O método FMEA pode ser aplicado a diferentes níveis da empresa e fases do projeto de construção. No âmbito desta dissertação interessa referir as aplicações do mesmo à fase de execução de obra, já que a utilização do método FMEA promove a redução de falhas e a otimização dos processos. (Gomes [et al.], 2005)

De acordo com Alves e Costa (2004), uma análise segundo o FMEA tem os seguintes procedimentos:

1. Identificar o objeto em estudo
2. Identificar as funções que este tem de cumprir
3. Identificar possíveis falhas que, ao acontecerem, podem reduzir a capacidade de desempenhar as suas funções
4. Identificar os possíveis efeitos em cada falha
5. Identificar as causas de cada falha
6. Analisar mecanismos de controlo que possam mitigar ou excluir a probabilidade de ocorrência de falhas
7. Identificar ações que permitam mitigar ou excluir o risco associado a cada modo de falha
8. Estabelecer prioridades para as ações corretivas, usualmente através do *Risk Priority Number* (Número de Prioridade de Risco) (RPN)

De acordo com Silva [et al.] (2006, p.9), “a sistematização e o carácter metódico de análise dos vários subsistemas, respetivos estados de funcionamento, modos de falha e seqüência de efeitos podem ser considerados a grande vantagem deste método, que permite uma reflexão fundamentada sobre os meios de deteção, prevenção e de mitigação dos respetivos efeitos”.

A análise das falhas ocorridas em obra pelo método FMEA não será discutida nesta dissertação porque obriga a um número elevado de casos de estudo, o que não é possível obter em três meses de observação em obra. No entanto, a sua aplicabilidade tem sido demonstrada e no âmbito de desenvolvimentos futuros seria uma abordagem a seguir, tendo por base um número elevado de não conformidades.

2.9.2. ÁRVORE DE FALHAS

A árvore de falhas é utilizada para analisar as causas de riscos, sendo um modelo gráfico de combinações paralelas e sequenciais das falhas e que podem resultar na ocorrência do efeito. (Yamane; Souza, 2007) Estas falhas podem ter qualquer tipo de origem, desde o erro humano a erros programáticos.

A proposta de mapeamento através das árvores de falhas constitui um diagrama de causa e efeito estruturado verticalmente. Assim, os problemas detetados (efeitos) estão no topo da árvore e de seguida encontram-se as causas gerais no primeiro nível da árvore (procedimentos, mão-de-obra, equipamentos, meio ambiente, medições e materiais). No segundo nível da árvore estão as causas principais de cada causa geral e assim sucessivamente. (Yamane; Souza, 2007) A árvore de falhas recorre a lógicas “e” e “ou” para representar as possíveis combinações das falhas individuais que podem conduzir ao efeito já observado. (Yamane; Souza, 2007) De acordo com Almeida [et al.] (2005), cada nó no meio da árvore assume um papel de causa/efeito, o nó inicial apresenta uma identidade única de falha e os nós finais apresentam também uma identidade única, desta vez de causa. Após descritas todas as possíveis causas, os índices de probabilidade de ocorrência para cada causa são determinados através de reuniões com especialistas, já que, usualmente, não existem dados documentados que quantifiquem a ocorrência de cada causa de cada falha. (Yamane; Souza, 2007)

Segundo Abdelgawad e Fayek (2012), a análise qualitativa de árvores de falhas transforma uma estrutura de árvore de falhas numa equação, mostrando a lógica da ocorrência do evento do tempo. Porém, na análise quantitativa da árvore de falhas calcula-se a probabilidade de ocorrência do evento principal por permuta na equação estabelecida na análise qualitativa.

2.9.3. ÁRVORE DE EVENTOS

De acordo com Ahmadi e Soderholm (2008), as árvores de eventos são técnicas indutivas designadas a estudar uma sequência de eventos e a sua probabilidade de ocorrência. Estas iniciam com um evento inicial e continuam adicionando estratégias de resposta, representadas por ramos, de modo a mitigar o evento inicial.

Na análise de árvores de eventos avaliam-se a probabilidade do evento de risco, a probabilidade de fracasso e sucesso de diferentes estratégias de mitigação, e as consequências de diferentes caminhos. (Abdelgawad; Fayek, 2012) Contudo, a escassez de dados, associada aos problemas da indústria da construção, poderá dificultar esta análise. Sendo a indústria da construção caracterizada por diversos riscos e incertezas, a gestão dos riscos é essencial para que um projeto de construção seja bem-sucedido. (Abdelgawad; Fayek, 2012)

2.10. SÍNTESE DOS CONCEITOS IMPORTANTES

De modo a relacionar a pertinência dos conceitos abordados na revisão da literatura com a restante dissertação pretende-se, então, destacar e justificar a escolha dos conceitos abordados nestas páginas e qual a sua relevância para o tema em estudo.

Para se desenvolverem estratégias que previnam as não conformidades, devem-se compreender os conceitos associados à “qualidade”, na medida em que se consiga detetar quando esta não se verifica em obra. Dentro deste âmbito, estudaram-se as metodologias de “*Total Quality Management*” e “*Plan-Do-Check-Act*”, servindo de apoio no envolvimento dos problemas de planeamento e gestão, assim como “*Quality Control Circle*” que se considerou crucial na associação do papel da gestão ao desenvolvimento da Árvore de Falhas.

Adicionalmente, distinguiram-se os conceitos de “falhas”, “não conformidades” e “erros” na construção de modo a analisá-los corretamente na posterior observação das anomalias em obra. Do mesmo modo, descreveram-se conceitos associados às “causas” dos problemas em obra, discutidas em trabalhos anteriores e semelhantes, assim como algumas conclusões relativas a “implicações nos custos” e “implicações nos prazos”. Estes três últimos conceitos apoiam a centralidade a metodologia desenvolvida nesta dissertação, na medida em inspiram o desenvolvimento da Árvore de Falhas e a descrição as anomalias detetadas nos casos de estudo.

Para que exista sucesso num projeto de construção devem estudar-se os conceitos que mais se associam a este tema. A “liderança”, assim como a “segurança na construção” e a “inovação” da indústria, enquadram-se no sucesso de uma obra, possibilitando à autora o estudo de possíveis caminhos e estratégias a implementar para melhorar a qualidade de execução de um projeto e, conseqüentemente, analisar o tema de “prevenção de erros” que permite evitar a ocorrência de não conformidades.

Na impossibilidade de eliminar totalmente os efeitos adversos dos erros em obra, procurou-se entender os conceitos de “gestão” e “gestão de erros”, associando-se o conhecimento de “*Lessons Learned Programs*”, para se gerir de modo eficiente as não conformidades previamente detetadas, assim como a possível implementação de outros “sistemas computacionais” que possibilitem a determinação atempada de estratégias preventivas.

Por último, discutiram-se ferramentas que permitem a análise de falhas em obra, nomeadamente através do “FMEA”, “Árvore de Falhas” e “Árvore de Eventos”. A primeira metodologia, apesar de extremamente útil, não foi utilizada no âmbito desta dissertação devido à escassez de tempo e de detalhe da informação.

3

ABORDAGEM A ERROS DE OBRA – ESTRUTURAÇÃO DE INQUÉRITOS

3.1. INTRODUÇÃO – ESTRUTURA DE ABORDAGEM DAS NÃO CONFORMIDADES

Como já referido previamente, a obtenção de dados relativos a acontecimentos passados, na indústria da construção, é ainda uma tarefa com um longo caminho disponível para a evolução. Comprova-se que não existe um sistema de organização que guarde os dados relativos a não conformidades, erros e falhas verificados em obras executadas pela empresa. Tratando-se este ponto um dado fulcral para que a evolução aconteça, a criação de uma metodologia que aponte tais falhas é de elevada importância.

Uma primeira abordagem adotada pela autora para identificar as não conformidades presentes em obra foi através da realização de inquéritos aos trabalhadores da empresa, sendo estes engenheiros diretores de obra, encarregados, subempreiteiros, pintores, trolhas, entre outros intervenientes no local da obra – os intervenientes na fase de projeto e prévia à obra não foram considerados. Para além do inquérito aos trabalhadores da obra foi também desenvolvido um inquérito para os clientes de modo a que fosse possível compreender a perceção do cliente relativamente ao desempenho da empresa, de um ponto de vista exterior à fase de execução da obra.

Os inquiridos foram abordados no sentido de perceber qual o seu ponto de vista relativamente às não conformidades ocorridas em obras e quais as possíveis causas que estes consideram estar adjacentes a tais erros e falhas em fase de execução.

3.2. INQUÉRITOS AOS TRABALHADORES

Desenvolveu-se um inquérito para os trabalhadores e subcontratados da empresa com o objetivo de se compreender a ocorrência das não conformidades em fase de execução de obra, obter o ponto de vista dos intervenientes na produção sobre as falhas ocorridas e também ganhar alguma confiança dos trabalhadores para que se percebam os problemas subjacentes ao ambiente de obra. O inquérito é anónimo, ponto fulcral para que os trabalhadores não sentissem que as suas respostas poderiam ser uma fonte de futuros problemas na empresa. No entanto, uma grande maioria das tentativas de entrevistas foram mal sucedidas na medida em que os trabalhadores receiam repercussões negativas.

3.2.1. ANÁLISE DA AMOSTRA

Numa primeira parte do inquérito existem questões relacionadas com a identificação do interveniente, para que seja possível ter um conhecimento da amostra. Apesar de várias tentativas no sentido de aumentar a adesão e incentivar a participação no inquérito, alguns trabalhadores não quiseram participar e colaborar no estudo, uns por impossibilidades de horários, outros por medo de repercussões negativas, desconhecimento do interlocutor ou vontades próprias e motivos pessoais. Deste modo, a amostra conta com sete participantes no total, sendo 43% do sexo feminino e 57% do sexo masculino.

Relativamente ao grau de formação, 42,9% dos intervenientes têm uma formação superior com mestrado, 28,6% o ensino primário, 14,3% têm uma formação profissional e os restantes 14,3% têm o ensino básico. Um outro dado constituinte do inquérito relata os anos de experiência profissional, cujos dados se encontram descritos na seguinte figura 8.

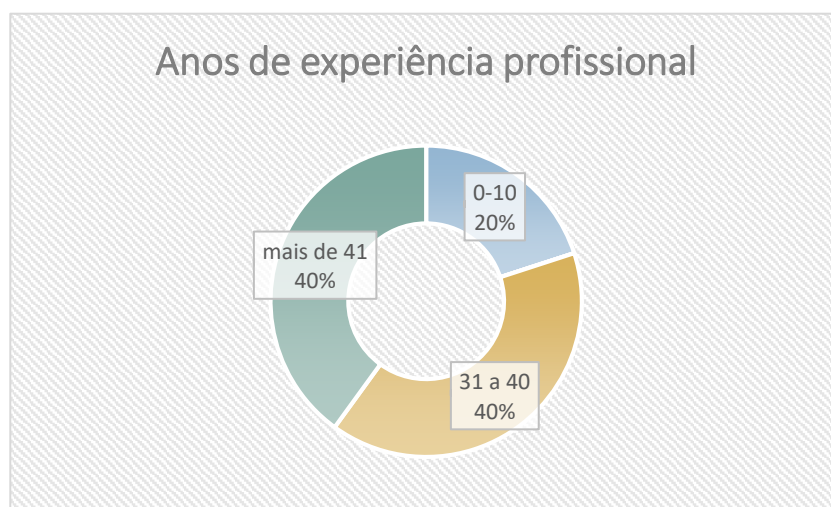


Figura 8 - Distribuição dos anos de experiência profissional da amostra.

Numa segunda parte foram determinadas questões construtivas dependentes das obras em curso, nomeadamente especificações construtivas e tipos de obra. A empresa atua essencialmente em reabilitação de espaços comerciais, no entanto todas essas obras estavam estagnadas no momento que foi realizado o estudo. Neste campo, um dado a considerar relativo às obras executadas em amostra indica que 42,9% das obras são intervenções em habitações e 57,1% intervenções em escritórios e espaços semelhantes.

A terceira parte do inquérito está descrita em 3.2.2. e incide na opinião dos colaboradores relativamente à qualidade de execução dos trabalhos da empresa. Até este ponto o objetivo das questões foi analisar os intervenientes da amostra e a partir do próximo ponto avalia-se a qualidade das obras executadas.

3.2.2. AVALIAÇÃO DA QUALIDADE

3.2.2.1. AVALIAÇÃO DA EMPRESA

Quando questionados com a classificação da “satisfação geral da empresa”, 71,4% dos intervenientes no inquérito classificou como “satisfeito” e 28,6% como “muito satisfeito”. A

escala numérica varia de 0-“nada satisfeito”, 1-“pouco satisfeito”, 2-“satisfeito” até 3-“muito satisfeito”.

De seguida criou-se uma nova escala de avaliação: 0-“mau”, 1-“razoável”, 2-“bom” até 3-“muito bom”. Os trabalhadores foram questionados sobre: a sua relação com a empresa, a simpatia dos colaboradores, as capacidades técnicas dos trabalhadores, o salário que recebem e a qualidade do produto final.

Os resultados a estas questões encontram-se descritos nas próximas figuras. Primeiramente apresentam-se na figura 9 as respostas à questão da qualidade do relacionamento do interveniente com a empresa, que apresenta classificações bastante positivas, onde 57,1% classificam a relação com a empresa como “muito boa”.

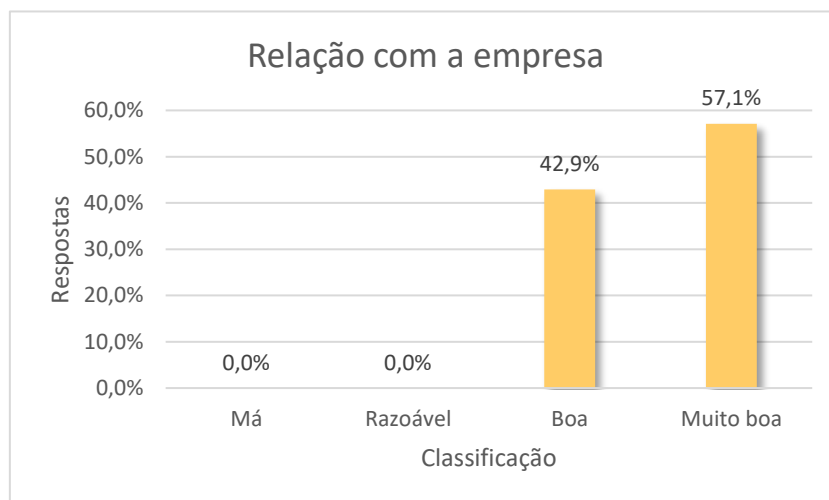


Figura 9 - Classificação da relação com a empresa, segundo a amostra.

Quando questionados para classificar a capacidade técnica dos trabalhadores, as respostas encontram-se igualmente bem posicionadas, onde 42,9% da amostra classifica como “muito boas” capacidades técnicas. Os resultados estão descritos na figura 10.

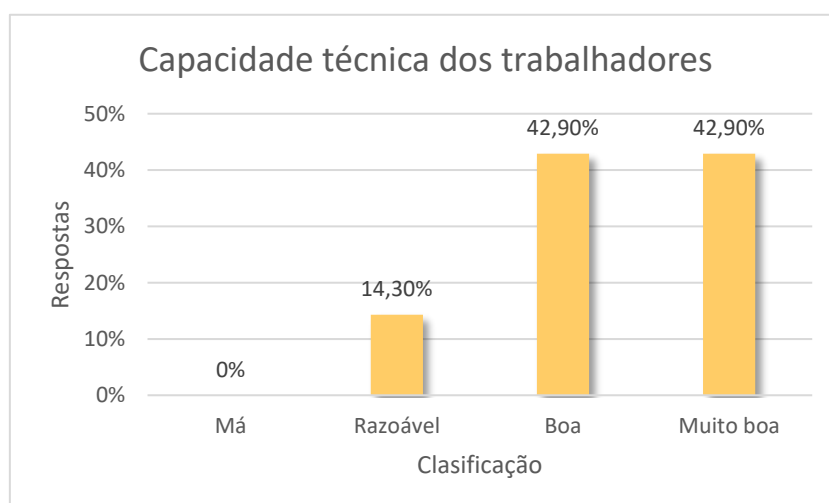


Figura 10 - Classificação das capacidades técnicas dos trabalhadores, segundo a amostra.

Uma outra questão que foi feita aos trabalhadores neste inquérito foi para classificarem o salário que recebem e os resultados estão descritos graficamente no gráfico da figura 11.

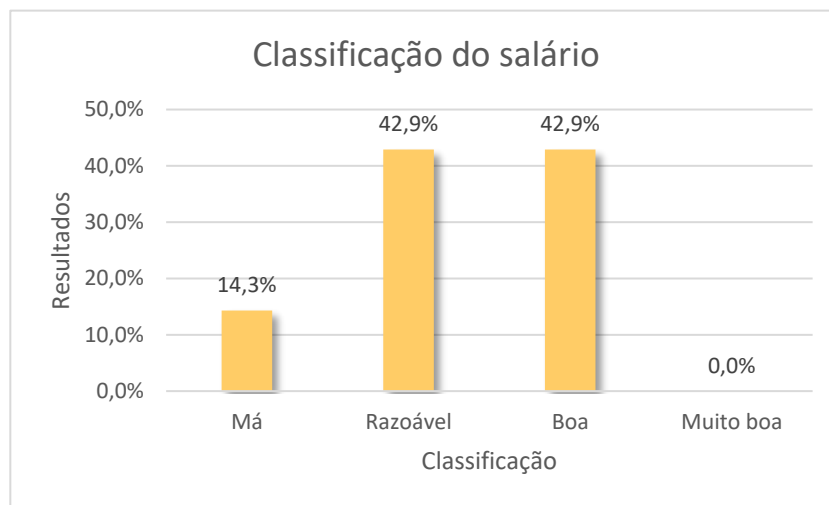


Figura 11 - Classificação do salário que recebem, segundo a amostra.

Relativamente aos dados obtidos destaca-se uma diferença para os aspetos negativos em que 14,3% dos entrevistados classificam o seu salário como “mau” e 42,9% como “razoável”. Estes dados apontam para um possível motivo de desmotivação dos trabalhadores que, como se verá posteriormente, poderá ter influência na existência de erros de obra.

De seguida os trabalhadores foram questionados a classificarem a sua opinião relativamente à qualidade do produto final, ou seja, a qualidade da obra que executaram, incluindo as suas próprias tarefas e as de outros envolvidos. De acordo com os dados obtidos, 57,1% dos entrevistados classificam a qualidade da obra executada como “boa”, seguindo-se de 28,6% que classificou como “muito boa” e por último 14,3% referem-se à qualidade como “razoável”.

3.2.2.2. AVALIAÇÃO DA MÃO-DE-OBRA

Nesta fase do questionário as perguntas feitas aos trabalhadores incidem nos problemas verificados em obra e objetivam que estes classifiquem a sua existência e recorrência tendo em conta a escala de 0-“muitos problemas”, 1-“alguns problemas”, 2-“poucos problemas” até 3-“não houve problemas”.

Foram determinadas as seguintes causas, aqui descritas também como problemas, que podem estar na origem das não conformidades verificadas, nomeadamente:

1. Falta de formação
2. Falta de qualidade na execução das tarefas
3. Mau relacionamento com os colaboradores
4. Incumprimento de horários
5. Falta de motivação
6. Incumprimento do planeamento/ordens

7. Incapacidade de resolução de problemas
8. Falta de iniciativa

1. “Considera a falta de formação dos trabalhadores como uma possível causa de muitos, alguns, poucos ou nenhuns problemas em obra?”

A análise gráfica das respostas encontra-se na seguinte figura 12.

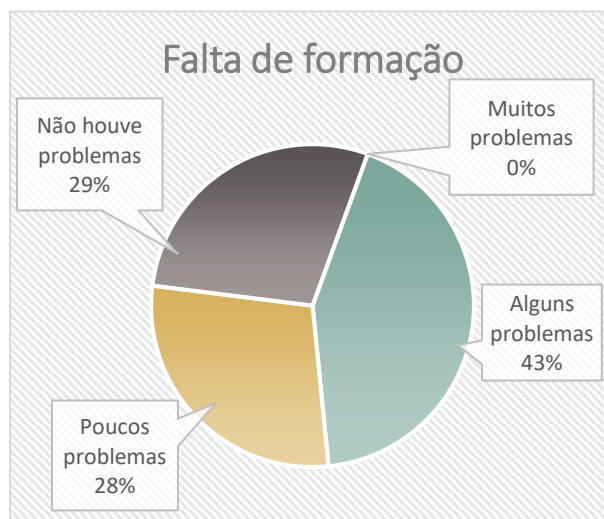


Figura 12 - Resposta dos trabalhadores relativamente à falta de formação ser uma causa das não conformidades encontradas em obra.

A falta de formação da mão-de-obra, segundo 43% dos intervenientes do inquérito, será a causa de “alguns dos problemas” encontrados em obra que levam à ocorrência de erros.

2. “Considera a falta de qualidade na execução das tarefas, por parte dos trabalhadores, como uma possível causa de muitos, alguns, poucos ou nenhuns problemas em obra?”

De modo equivalente à questão anterior, a falta de qualidade na execução dos trabalhos está associada à mão-de-obra ineficiente, provocando, segundo também 43% dos entrevistados, a ocorrência de “alguns problemas” em obra.

3. “Considera o mau relacionamento com os colaboradores como uma possível causa de muitos, alguns, poucos ou nenhuns problemas em obra?”

No caso do relacionamento com os colaboradores, 86% dos intervenientes no questionário não concordam que existe um mau relacionamento entre trabalhadores e, portanto, este não é um foco de natureza de problemas existentes em obra. Apenas 14% consideram que podem existir “poucos problemas” associados a esta temática, tendo as outras opções (“alguns problemas” e “muitos problemas”) 0%.

4. “Considera o incumprimento de horários como uma possível causa de muitos, alguns, poucos ou nenhuns problemas em obra?”

Segundo os dados obtidos, 57,1% dos intervenientes no inquérito consideram “não haver problemas” relacionados com o incumprimento de horários, 14,3% refere a existência de “poucos

problemas” e 28,6% indicam que “alguns problemas” encontrados em obra podem justificar-se devido ao incumprimento dos horários de trabalho.

5. “Considera a falta de motivação como uma possível causa de muitos, alguns, poucos ou nenhuns problemas em obra?”

Na temática da motivação, ao contrário das questões abordadas anteriormente, existem variações acentuadas nas opiniões dos trabalhadores, de acordo com o disponibilizado na figura 13.

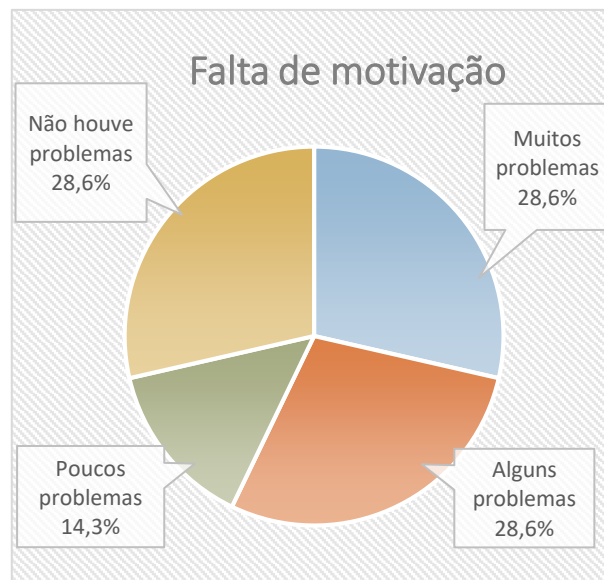


Figura 13 - Resposta dos trabalhadores relativamente à falta de motivação ser uma causa das não conformidades encontradas em obra.

28,6% dos entrevistados refere que existem “muitos problemas” e erros em obra que se justificam pela falta de motivação dos seus trabalhadores. De modo equivalente, 28,6% refere que a causa da desmotivação afeta em “alguns problemas” e 14,3% refere que com este se relacionam “poucos problemas” e erros de obra.

6. “Considera o incumprimento de planeamento e/ou ordens como uma possível causa de muitos, alguns, poucos ou nenhuns problemas em obra?”

No âmbito do incumprimento do planeamento ou ordens associadas às tarefas realizadas pelos trabalhadores em questão, 57,1% concorda que existem “alguns problemas” associados a esta questão.

7. “Considera a incapacidade de resolução de problemas como uma possível causa de muitos, alguns, poucos ou nenhuns problemas em obra?”

Equivalente à questão anterior, 57,1% dos trabalhadores entrevistados concordam que existem “alguns problemas” associados à incapacidade de resolver problemas em fase de execução de obra.

8. “Considera a falta de iniciativa como uma possível causa de muitos, alguns, poucos ou nenhuns problemas em obra?”

Na temática da falta de iniciativa ser uma possível causa de problemas e erros de obra, 42,9% dos trabalhadores participantes do inquérito afirmam “não existirem problemas” associados.

3.2.2.3. AVALIAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS

Novamente, nesta fase do questionário as perguntas feitas aos trabalhadores incidem nos problemas verificados em obra e objetivam que estes classifiquem a sua existência e recorrência tendo em conta a escala de 0-“muitos problemas”, 1-“alguns problemas”, 2-“poucos problemas” até 3-“não houve problemas”.

Os trabalhadores quando questionados sobre a avaria ou mau funcionamento dos equipamentos em obra responderam 71,4% que “não existem problemas” associados a esta temática. No entanto, quando no inquérito é referido se existem ou costumam existir equipamentos que tardam em chegar à obra – o planeado seria chegarem a determinada hora mas atrasam-se, devido a causas não analisadas nesta fase – os inquiridos respondem 57,1% que se verificam “alguns problemas” neste âmbito.

Uma outra questão incide na adequabilidade dos equipamentos à tarefa a realizar, onde 42,9% das respostas indicam que existem “poucos problemas” relacionados com esta temática.

3.2.2.4. AVALIAÇÃO DOS MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO

A escala de classificação nesta fase do inquérito mantém-se a mesma adotada em 3.2.2.2. e 3.2.2.3. Não existem opiniões muito díspares nesta parte da avaliação, podendo destacar-se que 42,9% dos entrevistados concordam que existem “alguns problemas” verificados em fase de obra que se justificam com o desacordo de materiais entre o projeto e os que existem no local de obra.

3.2.2.5. AVALIAÇÃO DO PLANEAMENTO E GESTÃO

Esta última parte do inquérito realizada aos trabalhadores, que incide sobre os problemas associados ao planeamento e à gestão, está dividida em dois grupos: o primeiro grupo contém perguntas direcionadas para os trabalhadores da obra como encarregados, subempreiteiros, trolhas, pintores, eletricitas e outros e o segundo grupo é dirigido e formulado para os engenheiros diretores de obra.

Analisando o primeiro grupo, 75% dos trabalhadores entrevistados concorda que existem “alguns problemas” em fase de execução de obra que se justificam pela inadequação do planeamento ao tempo – a escala temporal e as tarefas a realizar não são compatíveis. Os restantes 25% referem que esta temática é uma fonte de “muitos problemas” que causam as não conformidades em obra.

Numa outra questão perguntou-se se a comunicação desajustada do planeamento – ou seja, a maneira como os trabalhadores são informados das suas tarefas – terá algum envolvimento na ocorrência de problemas em fase de execução de obra. As respostas indicam que 75% dos trabalhadores entrevistados referem como uma fonte de “alguns problemas”, sendo o penúltimo nível mais negativo da escala.

De seguida, questionados sobre a existência de alterações ao planeamento inicial como causa de problemas em obra os trabalhadores respondem o que se demonstra na figura 14.

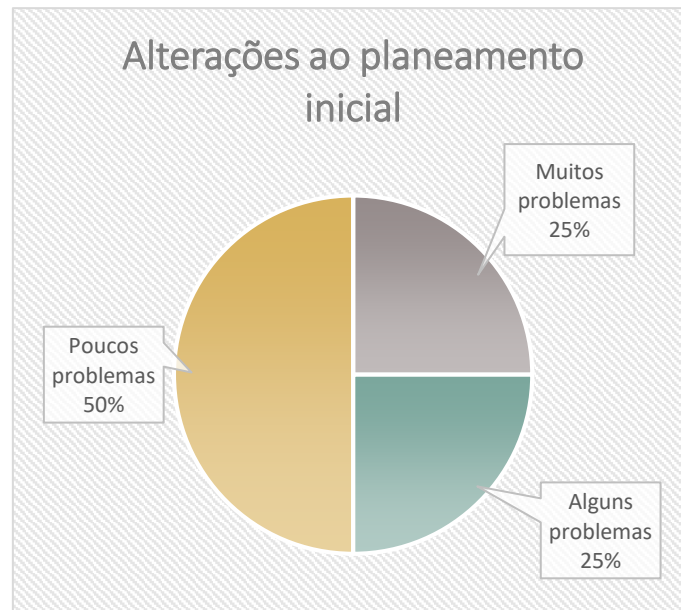


Figura 14 - Resposta dos trabalhadores relativamente às alterações ao planeamento inicial serem uma causa das não conformidades encontradas em obra.

De acordo com os dados obtidos, todos os intervenientes consideram que as alterações ao planeamento inicial provocam falhas e erros de obra, destacando-se 25% dos trabalhadores que concordam ser a fonte de “muitos problemas”.

De modo equivalente, 75% dos inquiridos concordam que a alteração dos horários de trabalho e de realização das tarefas é também uma causa de “alguns problemas” ocorridos em obra e 25% afirmam que provoca a ocorrência de “muitos problemas”.

Analisando o segundo grupo, onde os intervenientes são os engenheiros diretores de obra, compreende-se que 67% refere que o *software* utilizado para o planeamento e para a gestão é uma forte causa de ocorrência de erros e “alguns problemas” em fase de obra já que estes não utilizam nenhum *software* para a organização do planeamento.

Mediante as respostas obtidas conclui-se também que 67% dos engenheiros diretores de obra afirmam ter dificuldades acrescidas na gestão de equipas e na gestão de prazos, tornando-se uma possível causa para a ocorrência de falhas e “alguns problemas” em obra. Contrariamente, a gestão de custos não será uma causa tão óbvia quanto as anteriores já que somente 33% considerou a ocorrência de “muitos problemas” devido a uma má gestão neste âmbito.

Uma outra questão incide no tempo disponível em fase prévia à obra, ou seja o tempo que os engenheiros responsáveis têm para planear e organizar todos os detalhes da obra. Mediante as respostas, 67% concorda que a escassez de tempo disponível em fase anterior à produção da obra é uma causa evidente de ocorrência de “muitos problemas” e não conformidades.

Do mesmo modo, 67% dos engenheiros entrevistados também afirmam que não existe um grau de detalhe do projeto e dos objetivos suficiente para que não ocorram erros e questões em obra, tornando-se uma causa de “muitos problemas” em fase de construção.

Por último os engenheiros diretores de obra foram questionados sobre as alterações ao planeamento, ao qual novamente 67% concordam que as consequentes alterações ao planeamento inicial são uma causa de “muitos problemas” em fase de obra.

3.3. INQUÉRITOS AOS CLIENTES

Paralelamente aos inquéritos realizados aos trabalhadores da empresa e subcontratados, foi do interesse da empresa compreender a avaliação das suas obras por parte dos seus clientes. Deste modo, foi estruturado um inquérito de modo a que o cliente final pudesse dar uma avaliação da obra, assim como da relação que estabeleceu com a empresa.

3.3.1. ANÁLISE DA AMOSTRA

Foram questionados vinte clientes da empresa construtora, no entanto apenas se obteve respostas de sete. Dos inquiridos, 85,7% são do sexo masculino e 14,3% do sexo feminino. Ainda neste âmbito, 57,1% têm idades compreendidas entre os 31 e os 40 anos e 42,9% entre 41 e 50 anos.

Relativamente ao seu nível de escolaridade, 42,9% dos participantes têm um mestrado, 42,9% têm uma licenciatura e os restantes 14,3% têm o ensino secundário concluído.

De modo a se poder compreender a sua relação com a empresa, 71,4% dos participantes no inquérito são clientes da construtora e 28,6% integram equipas de fiscalização que já trabalharam com a empresa e aceitaram responder ao inquérito.

3.3.2. AVALIAÇÃO DA QUALIDADE

3.3.2.1. AVALIAÇÃO DA EMPRESA

Neste âmbito as respostas às questões propostas no inquérito não foram díspares, destacando-se que 85,7% dos inquiridos referem-se como “muito satisfeitos” de um modo geral com a obra realizada pela empresa. De modo equivalente, 85,7% também classificam a sua relação com a empresa, a simpatia dos colaboradores e a qualidade do produto final como “muito boa”, numa escala numérica de zero até três, descrita qualitativamente como “mau”, “razoável”, “bom” e “muito bom”, respetivamente.

Na mesma escala de qualificação, 57,1% das respostas classificam as capacidades técnicas da empresa como “muito boas” e 57,1% classificam o preço praticado pela empresa como “bom”. As restantes respostas diversificam-se pelos outros níveis de classificação, não obtendo nenhuma resposta como “mau”.

3.3.2.2. AVALIAÇÃO DA MÃO-DE-OBRA

De modo a que fosse possível avaliar a qualidade da mão-de-obra associada à empresa, foi criada uma escala numérica de zero até três, nomeadamente 0-"muitos problemas", 1-"alguns problemas", 2-"poucos problemas" até 3-"não houve problemas", para que os inquiridos classificassem as causas propostas no âmbito da ocorrência de problemas em obra.

Quando questionados sobre a falta de formação dos trabalhadores ser uma possível causa para a ocorrência de problemas em obra, 71,4% das respostas indicam a possibilidade de “poucos problemas”. Associado à falta de qualidade dos trabalhos executados, 57,1% dos inquiridos afirmam que esta não será uma fonte de problemas, classificando com o nível três da escala. Em

unanimidade, todas as respostas concordam que o relacionamento entre os colaboradores não define uma causa para problemas em obra, assim como o incumprimento de horários, classificando ambas as possíveis causas com “não houve problemas”.

De modo similar, 100% dos inquiridos concorda que a falta de motivação dos trabalhadores não será também uma fonte de problemas, classificando a causa com o nível mais positivo da escala. Contrariamente ao demonstrado nos inquéritos aos trabalhadores, os elementos exteriores à equipa de mão-de-obra afirmam que esta não será uma causa possível de problemas ocorridos em obra. Tal indica que é necessário investigar diferentes perspetivas para se entender melhor a questão. Reforça-se que estas questões serão estudadas nos capítulos seguintes.

Relativo ao incumprimento do planeamento e de ordens, 71,4% dos inquiridos classificam que “não houve problemas” associados a esta temática. No entanto, 14,3% diferem na perspetiva e classificam que houve “alguns problemas” em obra. De modo similar, 85,7% das respostas indicam que “não houve problemas” ocorridos durante a obra em que a causa se justifique pela incapacidade de resolução de problemas.

3.3.2.3. AVALIAÇÃO DO PLANEAMENTO E GESTÃO

Nesta fase do inquérito, as questões elaboradas direcionam os inquiridos para a classificação de possíveis causas associadas ao modo de gestão, estando então interligadas ao modo de atuação de cargos mais elevados na empresa.

Associado às alterações no orçamento, observe-se a figura 15 seguinte. Através da análise de dados demonstrada, 72% dos inquiridos refere não existirem problemas neste âmbito.

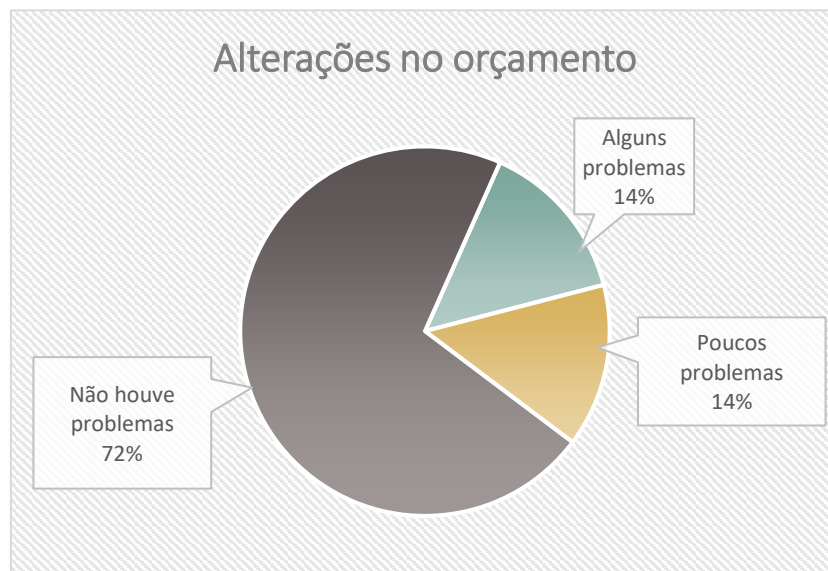


Figura 15 - Resposta dos clientes relativamente às alterações ao orçamento inicial serem uma causa das não conformidades encontradas em obra.

De modo similar, relativo às alterações no prazo de entrega da obra estipulado no planeamento inicial, 85,7% das respostas referem que “não houve problemas”. No entanto, 14,3% discorda totalmente e refere que existiram “muitos problemas” associados a esta temática. Por último, no

âmbito das alterações ao plano de trabalhos, 42,9% dos inquiridos destaca a ocorrência de “poucos problemas”.

3.3.3. ESPAÇO DE SUGESTÕES E OPINIÃO

Na última fase do inquérito foi dado um espaço de resposta livre em que os clientes e equipas de fiscalização tivessem a possibilidade de apontar, se assim pretendessem, pontos fortes e pontos fracos da empresa de construção.

Pode-se destacar como pontos fortes atribuídos pelos inquiridos a facilidade no encontro de novas soluções, a colaboração e a disponibilidade. Como pontos fracos pode-se destacar o número de trabalhadores próprios da empresa, o preço e o apoio final à obra.

3.4. CONCLUSÃO DOS INQUÉRITOS

O objetivo da realização dos inquéritos destina-se a perceber qual a perceção daqueles que estão envolvidos no ambiente de obra e as suas opiniões relativamente à ocorrência de não conformidades e falhas na fase de execução. É com base nestes inquéritos que se pretende identificar causas de não conformidades que permitam estabelecer uma *Árvore de Falhas*.

Destaca-se em primeiro lugar que os resultados obtidos a questões similares entre os inquéritos realizados aos trabalhadores e os inquéritos realizados aos clientes e equipas de fiscalização são distintos. Tal poderá justificar-se pelo facto de ambas as partes terem perceções distintas do mesmo acontecimento, pois tiveram posições e tarefas diferentes durante toda a obra.

A informação recolhida através da realização de inquéritos tem a sua credibilidade abalada no sentido em que os inquiridos muitas vezes têm receio de repercussões negativas ou consequências, no caso dos trabalhadores, ou de abalos na relação profissional com a empresa, no caso dos clientes. Como tal poderão não ser totalmente sinceros nas suas opiniões e classificações. No entanto, espera-se que estes resultados sejam o mais próximos da realidade possível, tendo em conta toda a subjetividade do assunto e também a preocupação da gestão de resultados, no sentido em que a honestidade poderá ser questionada.

Contudo, todos os dados recolhidos são úteis no âmbito de se poder analisar não só os depoimentos em questão mas como toda a envolvente no inquérito já que, sendo realizados pessoalmente pela autora, consegue-se ter uma noção também da linguagem corporal e da possível existência de omissões. Note-se que para futuros estudos a realização de inquéritos não será suficiente se realizada exclusivamente, devendo ser complementada com outros fatores de análise e estudo de não conformidades, como por exemplo a realização de entrevistas, a observação direta em obra e a utilização metodologias de análise de falhas.

Tendo em conta os resultados obtidos, a abordagem tendo por base a utilização de inquéritos não foi suficiente para a determinação de não conformidades em obra – que é a primeira fase da metodologia –, levando à melhoria e aprofundamento dos processos de análise de erros e falhas em obra. Deste modo, segue-se a fase relativa a entrevistas e reuniões com os engenheiros, trabalhadores e subempreiteiros de modo a poder-se compreender quais os erros ocorridos em obra. De acordo com uma extensa lista das obras realizadas pela empresa nos últimos dois anos, foi possível através de conversas, reuniões e observações presenciais recolher algumas não conformidades que serão apresentadas e discutidas no capítulo 5.

4

METODOLOGIA DE ANÁLISE DE ERROS E FALHAS EM OBRA

4.1. INTRODUÇÃO AO CAPÍTULO

No presente capítulo vão ser abordados com maior detalhe os conceitos associados à Análise de Árvores de Falhas (FTA), assim como os objetivos deste método, as vantagens da sua aplicabilidade, a metodologia de análise e as diferentes etapas a considerar para que o método seja bem-sucedido.

A análise de falhas através da FTA foi a abordagem adotada para se analisar e classificar as não conformidades ocorridas em obra. Deste modo, foi então desenvolvida uma Árvore de Falhas que contempla possíveis causas dos erros de construção, conciliando a sua abordagem com os inquéritos previamente realizados e algumas entrevistas aos trabalhadores e subcontratados da empresa para que se consiga chegar a determinadas conclusões, como se verá de seguida.

4.2. ANÁLISE DE ÁRVORES DE FALHAS

4.2.1. INTRODUÇÃO: O QUE É?

Como mencionado sucintamente em 2.9.2., a Análise de Árvore de Falhas define-se como uma abordagem sistemática que permite identificar as causas raiz de falhas num sistema, através de um diagrama, que possam resultar de acontecimentos não desejados.

FTA consiste no desenvolvimento de um processo lógico e dedutivo que tem início num evento indesejado (evento de topo) onde se indicam as possíveis causas para a sua ocorrência. Este método constitui uma técnica dedutiva, partindo do evento de topo para as causas, de análise pró-ativa. Esta metodologia baseia-se na teoria da causalidade múltipla de acidentes, sendo então necessário considerar as diferentes alternativas possíveis de encadeamento das causas até à ocorrência do evento de topo. (Mendonça, 2013) .

Para se realizar uma análise de Árvores de Falhas é necessário haver o completo conhecimento do funcionamento do sistema. Esta análise pode ser adotada na fase de projeto, de modo a se encontrar falhas ocultas, ou na fase de execução de obra, permitindo identificar pontos fracos e possíveis falhas que possam causar problemas. (Silva, 2013)

Um exemplo de uma Árvore de Falhas é apresentado na figura 16.

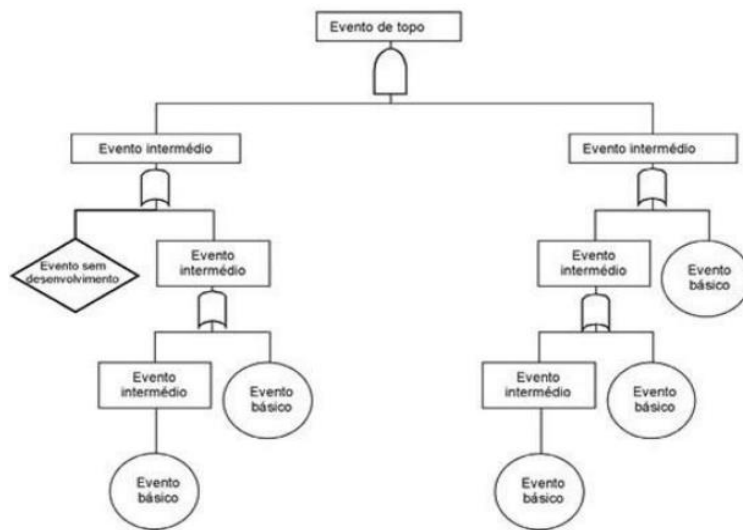


Figura 16 - Exemplo de uma Árvore de Falhas. (Mendonça, 2013)

As Árvores de Falhas estão organizadas seguindo um modelo lógico, sendo então compostas por “portas” que têm como função permitir ou fechar a passagem de falhas para o evento de topo da árvore. Assim, estes elementos “portas” indicam a relação entre os eventos que levam à ocorrência do evento de topo.

Esta metodologia pode ter integrados conceitos de probabilidade e estatística que transformam a FTA num método quantitativo. Assim, esta análise é um dos métodos mais comuns de avaliação probabilística do risco, que estima os riscos de um sistema, a probabilidade de ocorrerem e a magnitude das suas consequências. Esta abordagem estatística obriga a que se disponham grandes quantidades de informação, o que não foi compatível com o tempo disponível para a realização desta dissertação, justificando o motivo pelo qual não é considerada.

4.2.2. OBJETIVOS

A Análise de Árvores de Falhas consiste em identificar quais os eventos básicos que desencadeiam os eventos intermédios, até ao evento de topo (Mendonça, 2013), tendo como objetivo melhorar a confiabilidade de sistemas ou processos.

A Análise de Árvore de Falhas permite: (Infraspeak, 2020)

1. Diagnosticar a causa raiz de uma falha
2. Perceber como o sistema pode falhar
3. Determinar os riscos associados ao sistema
4. Identificar medidas para reduzir o risco
5. Estimar a frequência de acidentes de segurança

A metodologia FTA permite que exista um conhecimento detalhado de todo o sistema ou processo, identificando todos os pontos fracos, obtendo então uma estimativa do grau de confiabilidade do sistema. (Silva, 2013) Esta análise permite também calcular a frequência de ocorrência de determinado evento e identifica as causas básicas de um evento acidental e as falhas mais prováveis que contribuem para a ocorrência de um acidente maior. (Silva, 2013) Tendo em

conta esta frequência de ocorrência e o conhecimento das falhas com maior significância, a tomada de decisões em relação ao controlo dos riscos associados à ocorrência de um determinado acidente torna-se mais facilitada e em concordância com a realidade. (Silva, 2013)

Através da utilização desta metodologia de análise de falhas, torna-se possível identificar quais os procedimentos de manutenção necessários, que foquem ações corretivas, de forma a diminuir a probabilidade de falhas no sistema em estudo. (Silva, 2013)

Através do diagrama FTA compreende-se, visualmente, a listagem com conjuntos de falhas que possam resultar num problema específico. Como referido previamente, estes conjuntos podem ser classificados qualitativamente de acordo com a informação recolhida pelo número e natureza dos eventos ou classificados quantitativamente dependendo do conhecimentos das probabilidades dos eventos ocorrerem. (Silva, 2013)

4.2.3. VANTAGENS

Quais as vantagens? (Infraspeak, 2020)

1. Aumentar a conformidade com normas de segurança
2. Mapear a relação entre falhas e subsistemas
3. Estabelecer prioridades para o sistema no seu conjunto
4. Implementar mudanças ao projeto ainda na fase conceptual para diminuir o risco
5. Fazer uma avaliação probabilística de risco

4.2.4. COMPONENTES DA ÁRVORE DE FALHAS

A Árvore de Falhas é constituída por dois tipos de símbolos, os “eventos” e as “portas lógicas”, que se organizam mediante um encadeamento lógico do funcionamento do sistema/processo.

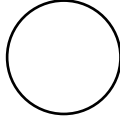
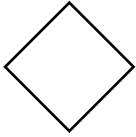
Os eventos têm diferentes formas e a cada forma está associado um significado distinto, para que seja possível a sua diferenciação visual de um modo imediato.

O diagrama de Árvore de Falhas utiliza uma lógica booleana, com diferentes símbolos representativos dos eventos que podem ter potenciado a falha e ligados através de portas lógicas “e” e “ou”, que estabelecem a relação entre os eventos.

Os eventos distinguem-se entre eventos primários, eventos intermédios, eventos de transferência e eventos de topo. Os eventos primários são aqueles que não são desenvolvidos, são independentes entre si e a probabilidade de que ocorram pode ser determinada. Existem dois diferentes tipos de eventos primários: os eventos básicos e os eventos não desenvolvidos. Através da observação da tabela 2 consegue-se compreender quais os símbolos associados a cada tipologia destes eventos.


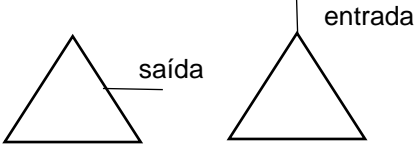

O evento básico é representado pela forma de um círculo e trata-se do limite da análise – representa o final do processo de Análise de Árvore de Falhas, formando a sua base. O evento não desenvolvido tem a forma de um losango, tratando-se de uma falha incompreendida devido à ausência de informações (poderá não ter interesse ou significado para o estudo).

Tabela 2 - Descrição visual das diferentes tipologias dos eventos primários.

Simbologia	Tipologia do evento
	Evento básico
	Evento não desenvolvido

Os eventos intermédios representam as falhas resultadas da interação com outras falhas, interligadas através de portas lógicas, e são representados por um retângulo. Os eventos de transferências indicam que a FTA tem continuidade num outro local – têm referências de saída ou de entrada para o desenvolvimento do evento noutra local, dividindo-se, respetivamente, em eventos de transferência de saída e eventos de transferência de entrada – e representam-se por um triângulo. Por último, os eventos de topo representam-se, como o nome indica, no topo da árvore, tratando-se da razão da construção da Árvore de Falhas, através da utilização de um retângulo. As simbologias destes eventos encontram-se descritas na tabela 3 seguinte.

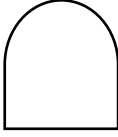
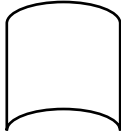
Tabela 3 – Descrição visual das diferentes tipologias dos eventos intermédios, transferência e topo

Simbologia	Tipologia do evento
	Evento intermédio
	Evento de transferência
	Evento de topo

De modo equivalente aos eventos, existem as portas lógicas que servem para conectar a cadeia de eventos. Apesar de existirem diferentes tipos de portas, os principais e mais usados são “e” e “ou”. As portas “e” utilizam-se quando o evento de saída só ocorre quando todos os elementos de entrada ocorrerem. As portas “ou” utilizam-se quando os eventos de saída ocorrem se um ou mais dos eventos de entrada ocorrerem. (Silva, 2013)

A descrição da simbologia das portas lógicas encontra-se representada na tabela 4.

Tabela 4 - Simbologia associada a cada porta lógica

Simbologia	Tipologia da porta lógica
	e
	ou

De acordo com a metodologia apresentada por (Silva, 2013):

A porta “ou”:

1. Representa a união lógica das entradas: a saída ocorre se alguma das entradas ocorrer
2. Usa-se quando um evento é resolvido em causas ou cenários mais específicos
3. Usa-se quando um evento é descrito em termos de eventos equivalentes e mais específicos

A porta “e”:

1. Representa a interseção lógica das entradas: a saída ocorre se todas as entradas ocorrerem
2. Usa-se quando um evento é resolvido em combinações de eventos que precisam ocorrer

(Manutenção em Foco, 2017)

4.3. PROCESSO DE APLICAÇÃO DA FTA

4.3.1. CONSIDERAÇÕES PRINCIPAIS

Segundo um estudo realizado por Stamatelatos [et al.] (2002) para a NASA sobre a Análise de Árvore de Falhas, os autores recomendam oito considerações fundamentais para que esta análise seja bem-sucedida, sendo elas:

1. Identificar o objetivo da Árvore de Falhas
2. Definir o evento de topo
3. Definir o espaço da Árvore de Falhas
4. Definir o nível de detalhe da Árvore de Falhas
5. Definir as regras básicas da Árvore de Falhas
6. Construir a Árvore de Falhas
7. Avaliar a Árvore de Falhas
8. Interpretar e apresentar os resultados da análise

4.3.2. ETAPAS DA METODOLOGIA

De acordo com Mendonça (2013):

1ª Etapa: Selecionar o evento perigoso de topo e os limites do sistema

Nesta primeira etapa seleciona-se um tipo de acidente, conhecido ou de possível ocorrência. Para esta seleção do evento perigoso de topo devem ser utilizados métodos de análise de riscos, como a FMEA, neste caso. De seguida devem então estabelecer-se os limites do sistema que determinam o objeto do estudo em concreto – determinação dos pontos inicial e final do estudo – assim como devem considerar-se os pressupostos de correta operação do sistema, como por exemplo não considerar falhas relativas à fase de fabricação.

2ª Etapa: Construção da Árvore de Falhas

A Árvore de Falhas, como referido previamente, tem início no evento perigoso de topo e desenvolve-se para as causas imediatas ou eventos intermédios necessários e suficientes para a ocorrência do evento de topo, relacionados com os tipos de portas lógicas previamente discutidos, em sentido oposto ao da sequência temporal de ocorrência dos eventos intermédios. A Árvore de Falhas desenvolve-se em diferentes ramos até à identificação dos eventos básicos, que se encontram na parte inferior da árvore.

Para construir uma Árvore de Falhas deve ter-se em consideração algumas regras:

1. Todos os eventos dentro de retângulos ou círculos devem ter informação que responda a “Quem?” (pessoa) ou “O que falha?” (elemento), “Qual o tipo de falha?” e “Em que se repercute o índice de falha?”.
2. Como a Árvore de Falhas se constrói por níveis, não se deve prosseguir para o nível seguinte sem que o nível anterior esteja finalizado.
3. Devem-se completar todas as entradas de um operador sem passar ao seguinte.
4. Não se devem ligar operadores entre si, sabendo que cada operador deve englobar as falhas adequadas (intermédias ou básicas).

3ª Etapa: Determinar as combinações mínimas de falhas para ocorrer o evento de topo e estabelecer prioridades

Para se determinarem as combinações mínimas de falhas deve-se, em primeiro lugar, numerar sequencialmente os eventos básicos e os eventos sem desenvolvimento, partindo do topo da árvore até à parte inferior da mesma. Esta numeração tem início no primeiro ramo da árvore até ao fim do mesmo, repetindo-se sucessivamente o processo para os seguintes ramos da árvore, até à identificação de todos os eventos primários de todos os ramos da Árvore de Falhas. No caso de se repetir um evento, este deve ter o mesmo número. O passo seguinte passa por identificar sequencialmente os operadores lógicos “e” e “ou” com letras, partindo do topo da árvore. Novamente, esta identificação inicia-se no primeiro ramo da árvore até ao fim do mesmo, repetindo-se sucessivamente o processo para os seguintes ramos da árvore, até à identificação de todos os operadores de todos os ramos da Árvore de Falhas. Por último, obtêm-se as combinações existentes entre os eventos básicos.

4.4. CONSTRUÇÃO DA ÁRVORE DE FALHAS

A Árvore de Falhas determinada neste estudo parte do problema principal, o evento de topo, sendo neste caso a ocorrência de não conformidades em obra. No primeiro nível foi feita a divisão nas diferentes causas principais, os eventos intermédios de primeiro nível, sendo estas as não conformidades devido a problemas de mão-de-obra, equipamentos, materiais de construção, planeamento, gestão, tecnologias construtivas e soluções construtivas. Na seguinte figura 17 abaixo estão descritos o evento de topo e os eventos intermédios de primeiro nível.

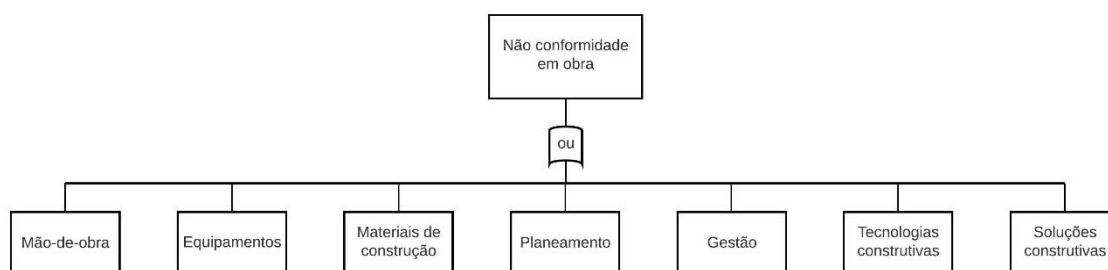


Figura 17 - Evento de topo e eventos intermédios de primeiro nível da Árvore de Falhas.

De seguida, cada evento intermédio descrito desenvolve-se em outros eventos intermédios, até se alcançarem as causas finais, ou seja, os eventos básicos. A título de exemplo, a descrição dos eventos intermédios de segundo nível da “mão-de-obra” encontra-se descrita na seguinte figura 18, sendo eles a desmotivação, o mau relacionamento com os trabalhadores, a falta de formação, os problemas associados aos trabalhadores, a falta de qualidade e brio e o incumprimento de ordens.

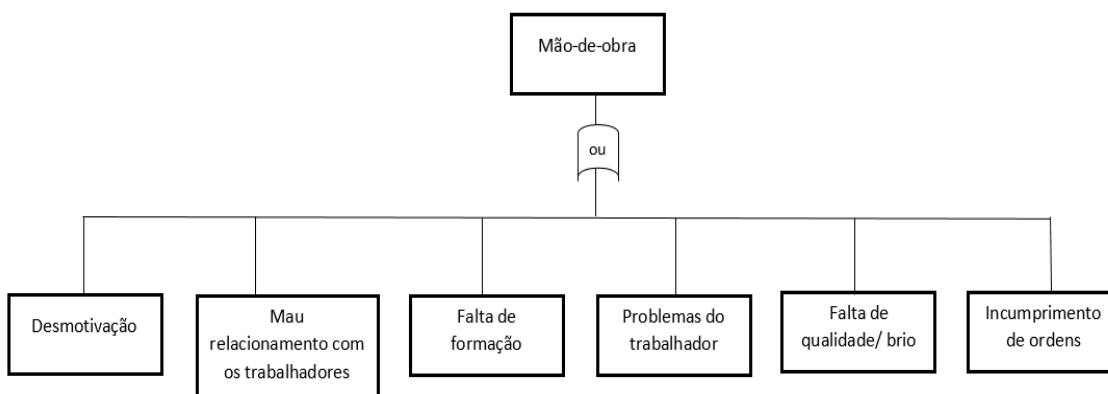


Figura 18 - Eventos intermédios de segundo nível associados à mão-de-obra.

De modo a que seja possível identificar as causas das não conformidades verificadas em obra numa primeira análise para que, posteriormente, mediante os resultados determinados, se consigam aplicar medidas mitigadoras dessas não conformidades, foi determinada a seguinte Árvore de Falhas. Esta FTA sofreu diversas alterações e acrescentos ao longo de todo o estudo, de modo a que se consiga compreender o máximo de possibilidades possível que estão na origem das falhas e dos erros em fase de execução de obra.

É de referir que estas não são as únicas causas possíveis e relevantes dos erros e falhas encontrados devido à mão-de-obra, equipamentos, materiais de construção, tecnologias construtivas, planeamento, gestão e soluções construtivas mas sim resultantes de uma pesquisa e consequente seleção pelo autor.

4.4.1. ÁRVORE DE FALHAS: MÃO-DE-OBRA

Numa primeira análise estão descritos os eventos relativos à “mão-de-obra”, assim como a Árvore de Falhas que lhe corresponde, já que, sendo uma árvore bastante extensa, seja facilmente compreensível todo o seu conteúdo e encadeamento.

Mão-de-obra:

1. Desmotivação
 - 1.1. Baixo salário
 - 1.2. Não gosta do que faz
 - 1.3. Não progride na carreira
 - 1.4. Pouco tempo livre
 - 1.5. Não tem reconhecimento pelo seu trabalho
2. Mau relacionamento com os trabalhadores
 - 2.1. Não fala a língua
 - 2.2. Faixas etárias díspares
3. Falta de formação
 - 3.1. Está a fazer uma tarefa para o qual não está qualificado
 - 3.2. Pouco dinheiro para investir
 - 3.3. Falta de conhecimentos
 - 3.3.1. Inexperiência
 - 3.3.2. Desinteresse
4. Problemas dos trabalhadores
 - 4.1. Problemas pessoais
 - 4.2. Problemas de saúde
 - 4.3. Stress
 - 4.3.1. Pouco tempo para realizar as tarefas
 - 4.3.2. Muita responsabilidade
 - 4.4. Cansaço
 - 4.4.1. Viagem longa até ao trabalho
 - 4.4.2. Tarefas muito exigentes
 - 4.4.3. Pouco tempo livre

5. Falta de qualidade/ brio
 - 5.1. Pouca qualificação para a tarefa
 - 5.2. Não existe controlo dos superiores
 - 5.2.1. Falta de tempo
 - 5.2.2. Várias obras ao mesmo tempo
 - 5.2.3. Confiança excessiva
 - 5.3. Desleixo
 - 5.4. Esquecimento
 - 5.5. Dolo
 - 5.6. Desinteresse
6. Incumprimento de ordens
 - 6.1. Dolo
 - 6.2. Esquecimento
 - 6.2.1. Esquecimento das tarefas a realizar
 - 6.2.2. Esquecimento de como realizar as tarefas

A configuração gráfica da Árvore de Falhas relativa à mão-de-obra encontra-se descrita na figura 19, na página seguinte, orientada horizontalmente.

4.4.2. ÁRVORE DE FALHAS: EQUIPAMENTOS

A mesma análise foi elaborada para os “equipamentos”, estando igualmente descritas de seguida as possíveis causas associadas a esta temática.

Equipamentos:

1. Não funcionam
 - 1.1. Avariados
 - 1.2. Não fazem o que é previsto
2. Desadequados
 - 2.1. Insuficientes
 - 2.2. Pouco dinheiro para investir em equipamentos
 - 2.3. Substituição por equivalentes de qualidade inferior
 - 2.3.1. Motivos monetários
 - 2.3.2. Dolo
 - 2.3.3. Desinformação

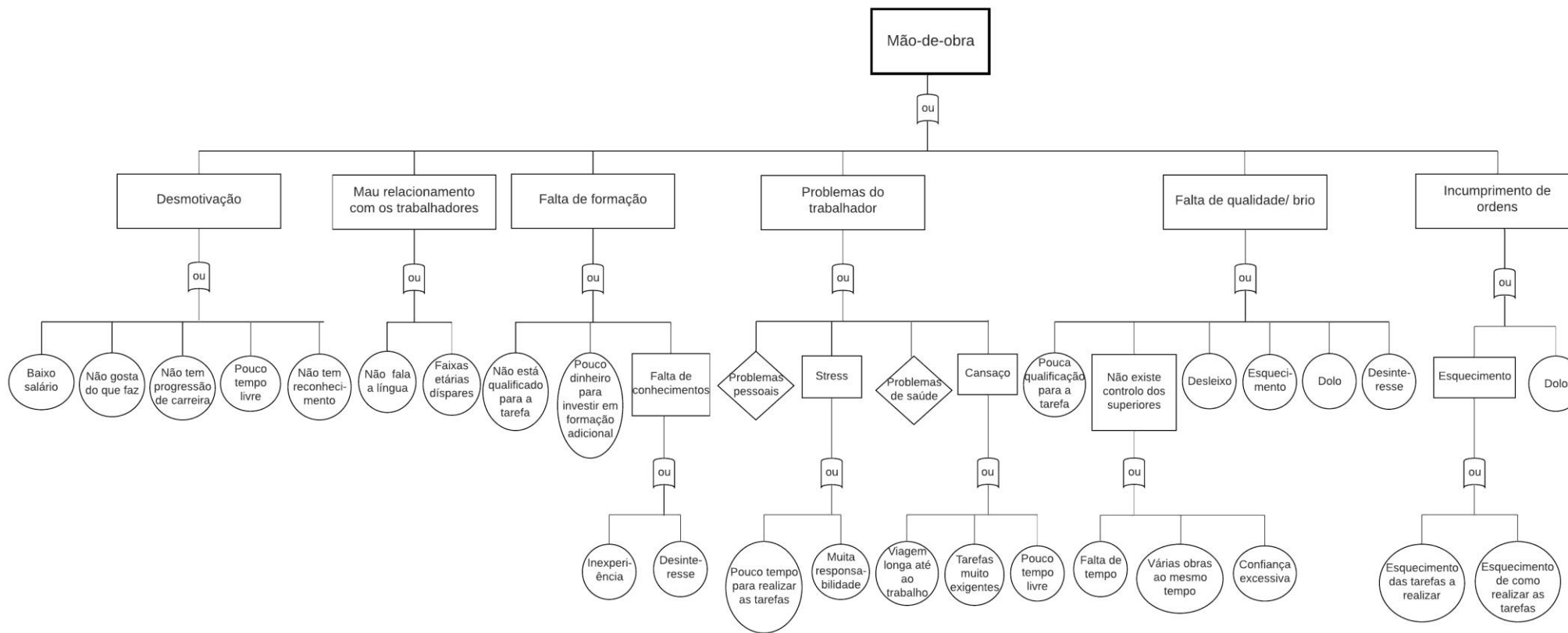


Figura 19 - Excerto de Árvore de Falhas relativo à mão-de-obra.

- 3. Difícil utilização
 - 3.1. Complexos
 - 3.2. Peculiares
 - 3.3. Não têm instruções
- 4. Chegam tarde à obra
 - 4.1. Transporte
 - 4.2. Desorganização

O encadeamento esquemático desta Árvore de Falhas relativa aos equipamentos encontra-se na seguinte figura 20.

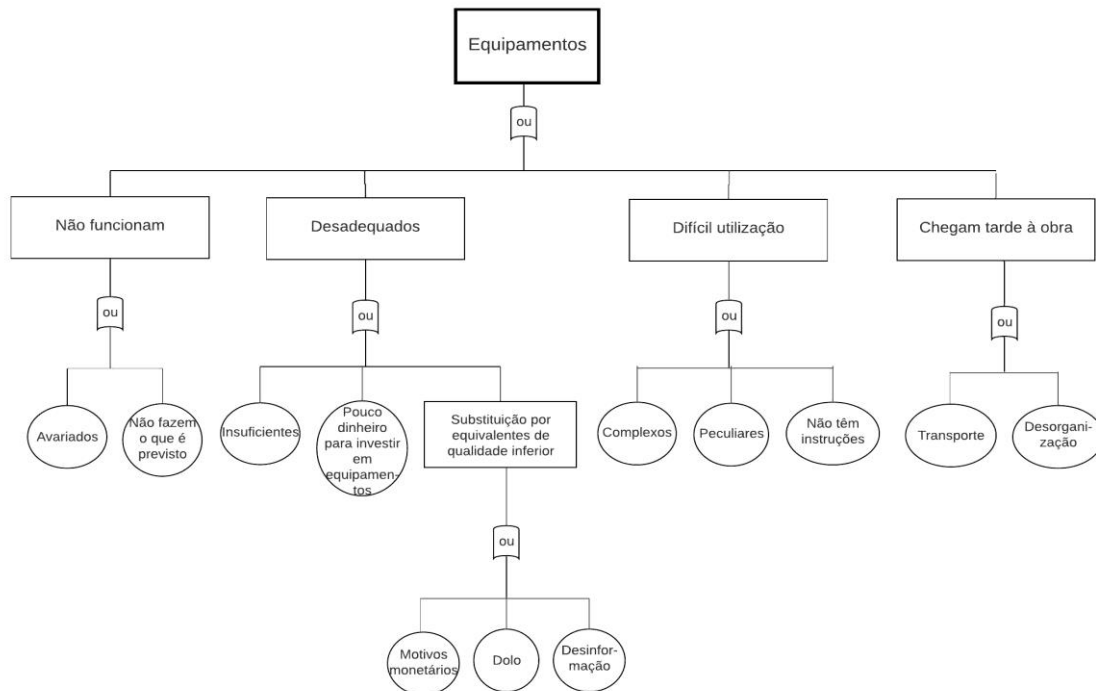


Figura 20 - Excerto de Árvore de Falhas relativo aos equipamentos.

4.4.3. ÁRVORE DE FALHAS: MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO

No caso dos eventos relacionados com os “materiais de construção” estes foram determinados com base em pesquisa pela autora de possíveis acontecimentos que remetem para falhas na fase de execução de obras. Estes eventos encontram-se descritos de seguida.

Materiais de construção:

- 1. Materiais em desacordo com o projeto
 - 1.1. Causas humanas
 - 1.2. Causas económicas

- 1.3. Falta de fiscalização
- 2. Insuficiência de materiais
 - 2.1. Causas económicas
 - 2.2. Retrabalho
- 3. Utilização de variantes com qualidade inferior
 - 3.1. Causas económicas
 - 3.2. Mudança de fornecedor
- 4. Desadequados à tarefa

Na seguinte figura 21 mostra-se como estão encadeados graficamente os eventos relativos aos materiais de construção, no excerto da Árvore de Falhas associado ao tema.

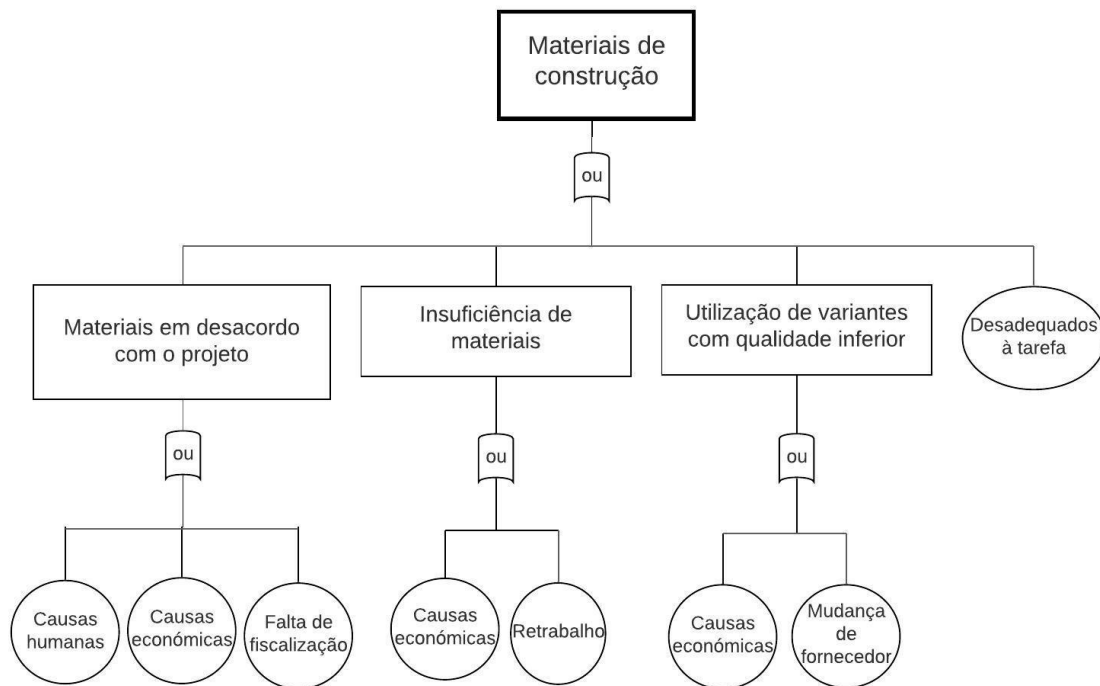


Figura 21 - Excerto de Árvore de Falhas relativo aos materiais de construção.

4.4.4. ÁRVORE DE FALHAS: PLANEAMENTO

Inicialmente, os eventos relativos ao “planeamento” e “gestão” encontravam-se num ramo comum até que, com o melhoramento da pesquisa e das observações em obra, foi necessário distinguir as causas associadas a problemas de planeamento de obra das causas associadas à gestão de todos os componentes do projeto de construção.

Os possíveis eventos causadores das não conformidades verificados em obra relativos ao “planeamento” encontram-se descritos de seguida.

Planeamento:

1. Planeamento pouco claro
 - 1.1. Difícil compreensão
 - 1.2. Não está definido temporalmente
 - 1.3. Confuso
 - 1.3.1. Tem vários autores
 - 1.3.2. Não está organizado mediante os trabalhos/trabalhadores
2. Planeamento desajustado ao tempo
 - 2.1. Desinteresse por parte do autor
 - 2.2. Recorrentes faltas de mão-de-obra / materiais
 - 2.3. Pouco tempo prévio à obra
 - 2.3.1. Diretores de obra têm muitas obras
 - 2.3.2. Má organização pessoal
3. Má utilização do *software*
 - 3.1. Não existe *software*
 - 3.2. *Software* desadequado
 - 3.3. Difícil utilização
4. Planeamento sofre muitas alterações
 - 4.1. Exigências do cliente
 - 4.2. Erros de planeamento em fase prévia
 - 4.3. Pouco rigor
 - 4.4. Trabalhos a mais
5. Falta de explicação das tarefas
6. Erros na transmissão da informação
 - 6.1. Comunicação oral das tarefas
 - 6.2. Falta de calendário das tarefas associadas a cada trabalhador
 - 6.3. Baixo grau de detalhe

De acordo com o reportado anteriormente, o excerto da Árvore de Falhas relativo aos eventos de planeamento encontra-se na seguinte figura 22 na próxima página orientada horizontalmente para uma melhor compreensão do encadeamento e dos eventos lógicos.

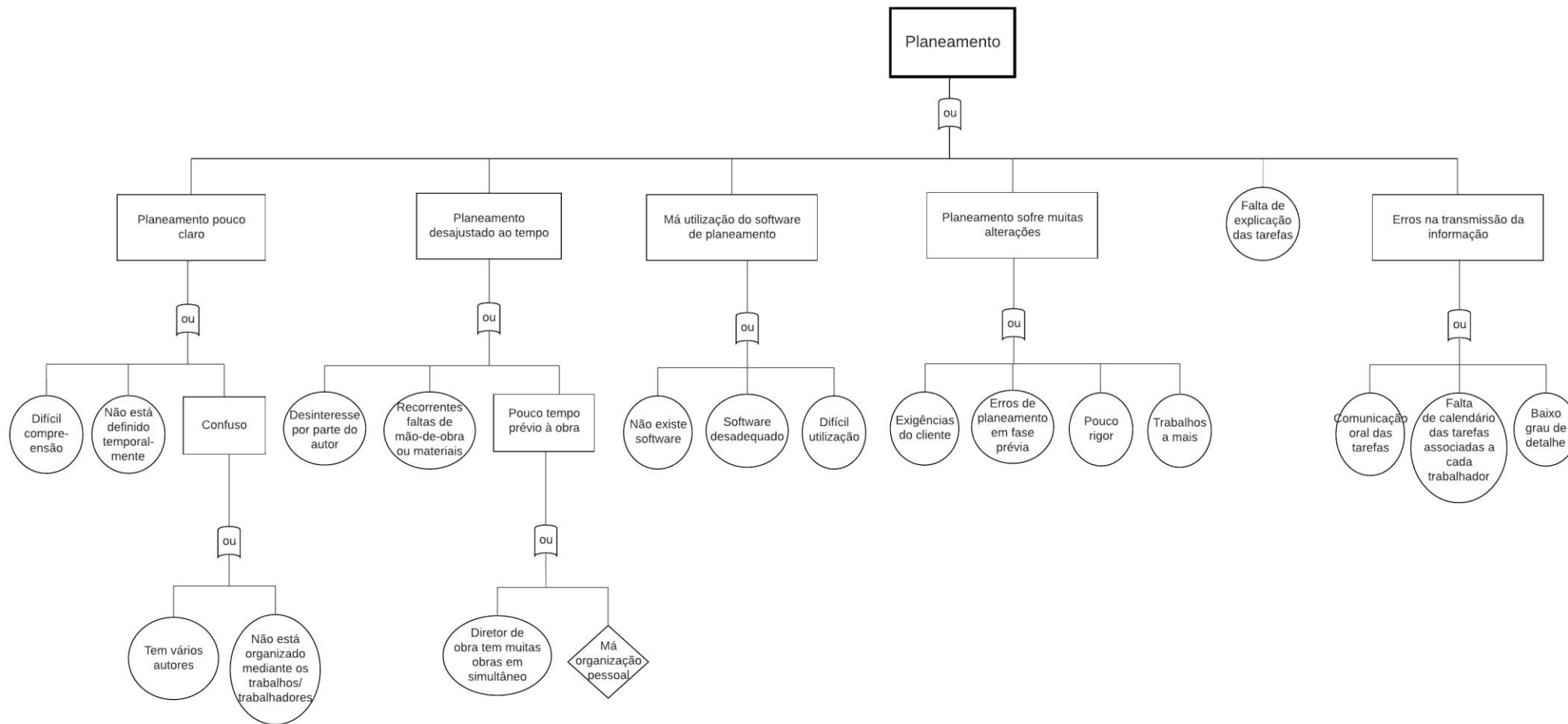


Figura 22 - Excerto de Árvore de Falhas relativo ao planeamento.

4.4.5. ÁRVORE DE FALHAS: GESTÃO

Os eventos associados aos problemas de “gestão” encontram-se descritos de seguida. Na próxima página está a figura 23 que se trata do esquema em árvore associado a estes eventos.

Gestão:

1. Gestão de equipas
 - 1.1. Constante alteração de equipas
 - 1.2. Várias equipas a trabalhar em simultâneo
 - 1.2.1. Obra grande dimensão
 - 1.2.2. Várias obras distintas
 - 1.2.3. Escassez de tempo
2. Gestão de prazos
 - 2.1. Problemas na fase de fabricação
 - 2.2. Prazos excedidos
 - 2.2.1. Falta de planeamento prévio
 - 2.2.2. Várias alterações
 - 2.2.3. Atrasos na conceção
 - 2.3. Encomendas tardias
 - 2.3.1. Enganos nas encomendas
 - 2.3.2. Demoras no transporte
3. Gestão de custos
 - 3.1. Erros de encomendas
 - 3.1.1. Diferentes responsáveis pelas encomendas
 - 3.1.2. Falta de verificação com o projeto
 - 3.1.3. Escassez de tempo
 - 3.2. Erros de orçamentação
 - 3.2.1. Falta de base de dados de *stock*
 - 3.2.2. Mudanças de fornecedor
 - 3.2.3. Inexperiência do orçamentista
4. Gestão de materiais e equipamentos
 - 4.1. Escassez
 - 4.2. Desadequados
 - 4.3. Erros de encomendas

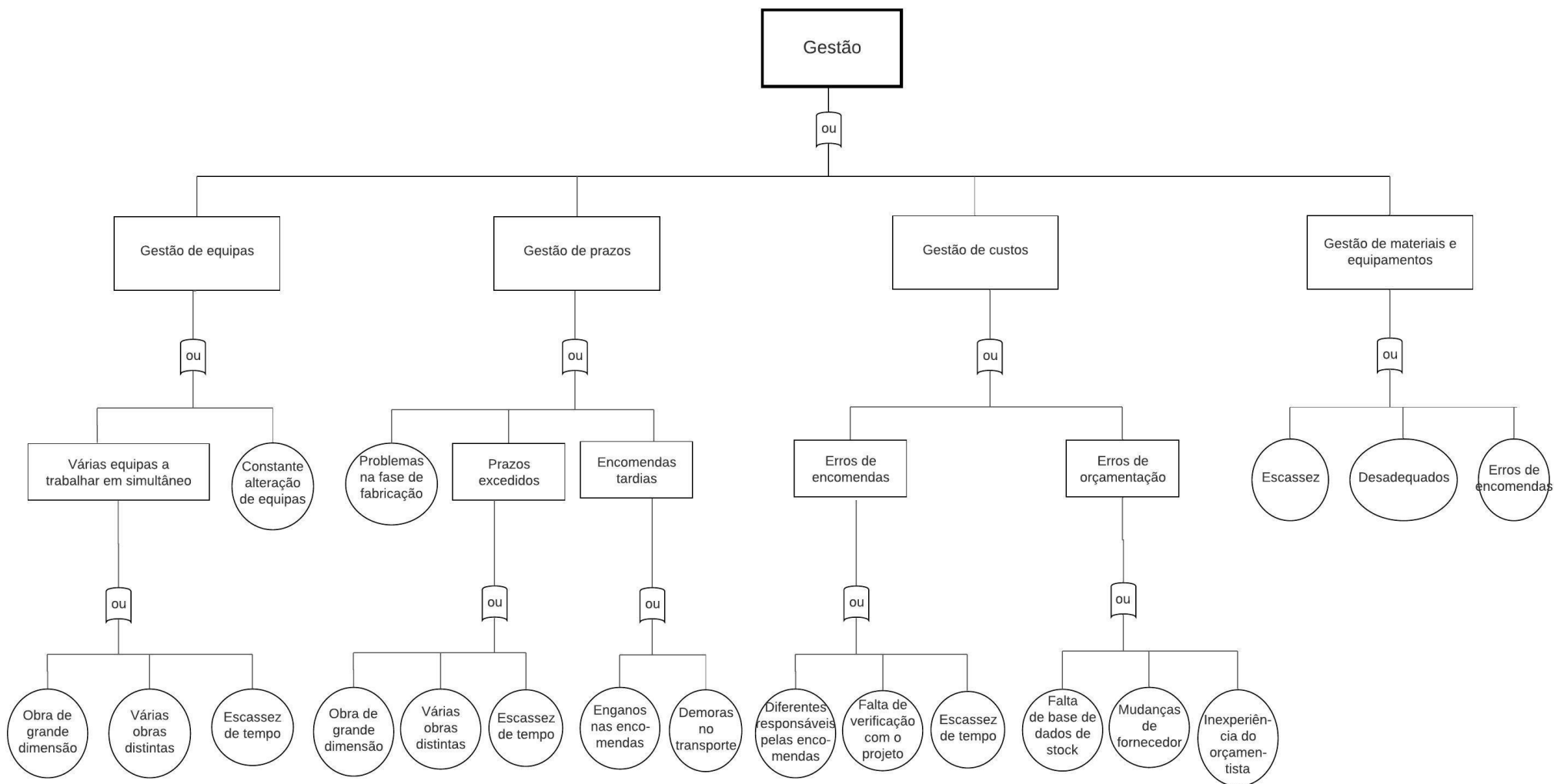


Figura 23 - Excerto de Árvore de Falhas relativo à gestão.

4.4.6. ÁRVORE DE FALHAS: TECNOLOGIAS CONSTRUTIVAS

Relacionado com as tecnologias construtivas foi possível construir as seguintes possíveis causas para as não conformidades encontradas em obra.

Tecnologias construtivas:

1. Problemas no projeto
 - 1.1. Ausência de dados/ especificações
 - 1.2. Erros no projeto
 - 1.3. Omissões no projeto
2. Adaptação do processo
 - 2.1. Alterações à última hora
 - 2.2. Falta de tempo ou recursos
3. Modo como se executa
 - 3.1. Não aplicação da norma
 - 3.2. Indicações verbais do procedimento
 - 3.3. Falta de conhecimentos

Na figura 24 abaixo está o excerto do diagrama de Árvore de Falhas relativo às tecnologias construtivas.

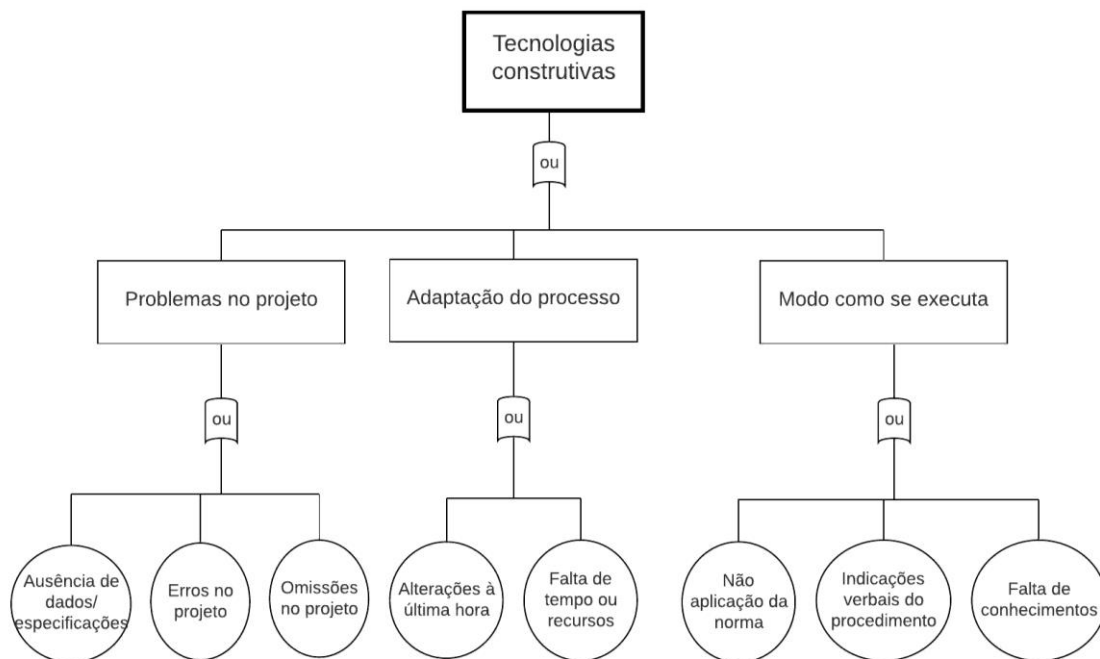


Figura 24 - Excerto de Árvore de Falhas relativo às tecnologias construtivas.

4.4.7. ÁRVORE DE FALHAS: SOLUÇÕES CONSTRUTIVAS

Por último, os erros associados aos problemas relativos às soluções construtivas aplicadas em ambiente de obra encontram-se descritos de seguida.

Soluções construtivas:

1. Erros de projeto

1.1. Ausência de dados/especificações (o projetista não considera crucial incluir tais informações)

1.2. Erros no projeto

1.3. Omissões no projeto (existem dados omissos ao projeto, culpando o esquecimento do projetista)

2. Erros na variante do empreiteiro

A seguinte figura 25 indica o encadeamento lógico das causas descritas em cima, num excerto do diagrama de Árvore de Falhas.

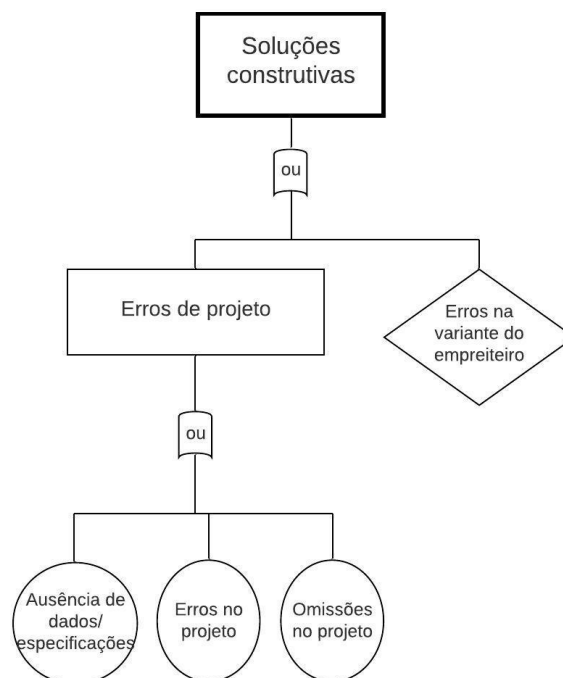


Figura 25 - Excerto de Árvore de Falhas relativo às soluções construtivas.

Para que o encadeamento lógico dos eventos seja mais facilmente compreendido, a figura 26 mostra a Árvore de Falhas Total desenvolvida neste âmbito. No entanto, devido aos seus múltiplos níveis e ramos, associados a diferentes possíveis causas, a sua leitura torna-se impossível nas proporções seguintes. Refere-se que todos os excertos apresentados das Árvore de Falhas, assim como a Árvore de Falhas Total se encontram em anexo.

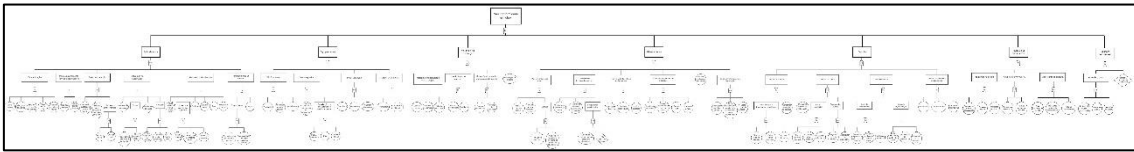


Figura 26 - Árvore de Falhas total.

4.5. OBJETIVO DA CONSTRUÇÃO E UTILIZAÇÃO DA ÁRVORE DE FALHAS

A utilização da Análise de Árvores de Falhas trata um ponto fulcral para atingir os objetivos finais deste estudo: entender quais as causas raiz das não conformidades verificadas em obra, desenvolvendo o seu percurso ao máximo, de modo a que seja possível identificar não só as causas das não conformidades, como o seu “caminho de falha”. Esta nomenclatura representa um conceito criado pela autora que define o percurso de causa-efeito desde a não conformidade verificada até à sua primeira causa. De acordo com os estudos previamente demonstrados, foi muitas vezes encontrado o “caminho crítico”, que se distingue deste “caminho de falha” no sentido em que permite identificar todas as causas que provocaram a não conformidade, incluindo o seu percurso e encadeamento lógico.

No capítulo que se segue aplica-se a abordagem do estudo da Análise de Árvore de Falhas aqui descrita, para os erros de obra encontrados nas obras da empresa em estudo. Assim, será então aplicado o conceito de determinação do “caminho de falha”, através de depoimentos, entrevistas, inquéritos e questões realizados aos engenheiros diretores de obra, aos trabalhadores, aos subempreiteiros e a outros elementos que fizeram parte integrante das obras. O objetivo passou pela observação direta das falhas em questão e, na sua impossibilidade, das descrições feitas pelos trabalhadores associados à empresa. Assim, a Árvore de Falhas presente na figura 26 esteve em constante alteração de modo a poder corresponder às várias possibilidades encontradas segundo as conversas com os trabalhadores e a observação visual das não conformidades e suas causas associadas.

5

ANÁLISE DOS CASOS DE ESTUDO – NÃO CONFORMIDADES EM OBRA

5.1. ESTRUTURA DE ABORDAGEM

Neste capítulo serão apresentados trinta e dois casos de estudo distribuídos por quinze obras realizadas pela empresa de construção, variando desde estabelecimentos comerciais até remodelações de moradias. A análise dos casos de estudo divide-se do seguinte modo:

1. Descrição da obra em que se enquadram – breve descrição dos trabalhos realizados pela empresa, assim como a duração total da empreitada e o seu custo total.
2. Descrição da anomalia – breve explicação da não conformidade verificada e observada em obra que resultou num erro de obra, provocando consequências negativas.
3. Consequências da não conformidade – mediante a anomalia verificada descrevem-se quais as consequências para a obra da sua ocorrência, acrescentando as implicações verificadas no orçamento e no prazo.
4. Caminho de falha e identificação de causas – descrição do caminho de falha que provocou a ocorrência da não conformidade em estudo, atribuído mediante a realização de entrevistas em obra e, nos casos em que as respostas não são conclusivas, descrevem-se os diferentes possíveis caminhos. Nesta fase tentou-se identificar as causas que levaram à anomalia verificada em obra através de conversas, entrevistas e relacionando com os inquéritos realizados.
5. Árvore de Falhas – mediante a Árvore de Falhas desenhada pela autora no capítulo anterior, descreve-se o possível caminho percorrido que levou à não conformidade ocorrida em obra, esquematicamente, partindo do primeiro nível até à possível causa inicial.
6. Estratégia preventiva – na última parte da análise estão descritas possíveis soluções que permitirão resolver ou atenuar os efeitos da não conformidade em análise, se aplicados eficazmente.

Reforça-se que a metodologia desenvolvida não procura identificar os responsáveis pelas anomalias detetadas, mas sim identificar as não conformidades, as suas possíveis causas e as respetivas estratégias de prevenção.

5.2. OBRA A

5.2.1. DESCRIÇÃO DA OBRA

Remodelação de espaço comercial – loja de média dimensão contida num estabelecimento comercial. Realizaram-se demolições de paredes, remoção de pavimento vinílico, aplicação de chão novo, pinturas interiores, execução de paredes interiores devidamente reforçadas com estrutura FACAR para suportar peso de futura estantaria e abertura de rasgos para passagem de estruturas elétricas.

Duração da empreitada (segundo o planeamento): 22 dias

Orçamento total: 39 435 €

5.2.2. CASO DE ESTUDO 01

- **Descrição da anomalia**

Um dos trabalhos pedidos à empresa de construção foi a pintura total das paredes e do teto. De acordo com o projeto, a tinta escolhida para todas as superfícies seria uma tinta específica (tinta vinyl mate) que é uma tinta plástica lavável. O empreiteiro não foi informado que posteriormente à pintura iriam colar-se placas de vinil por cima de uma secção pintada. Quando a equipa encarregada da aplicação do vinil chegou à obra, após o término da pintura, estes não conseguiam colar as placas vinílicas por cima daquele tipo de tinta, porque tinha de conter um esmalte acrílico.

- **Consequências**

A equipa do empreiteiro teve de voltar a pintar uma faixa em todo o redor da loja, na secção onde seriam aplicadas as placas vinílicas, com uma tinta específica que conseguisse aderir ao vinil para se poderem aplicar as placas. Tal é possível observar-se na seguinte figura 27, que mostra a instalação das placas vinílicas após a aplicação da tinta adequada.

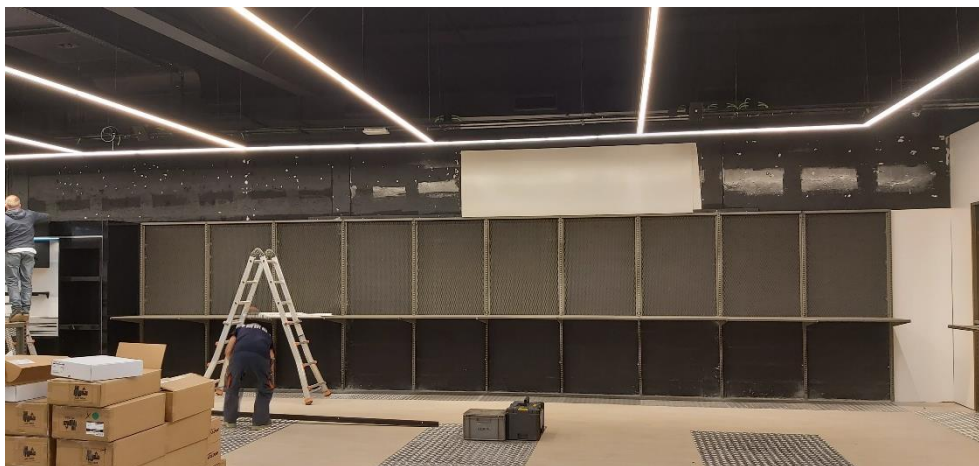


Figura 27 - Fotografia referente à aplicação das placas vinílicas após se corrigir a não conformidade.

Implicações no prazo: Gerou atrasos de 1 a 2 dias

Implicações no orçamento: 400€ (valor aproximado)

- **Caminho de falha – identificação de causas**

O erro verificado em obra poderá descrever-se como um “erro na pintura da parede”, não porque a pintura da parede estava mal executada mas sim porque não foi aplicada a solução correta. Mediante as descrições recolhidas, esta não conformidade verifica-se devido a problemas na solução construtiva. Neste caso especificamente devido a problemas no projeto, que não tinham informação sobre a consequente aplicação das placas vinílicas. Então, dois caminhos são possíveis: erros no projeto (a equipa projetista esqueceu-se de mencionar essa etapa no projeto) ou ausência de dados ou especificações (a equipa projetista não achou necessário mencionar que se seguia a aplicação de placas vinílicas).

Um esquema elucidativo do caminho de falha encontra-se na figura 28 seguinte.

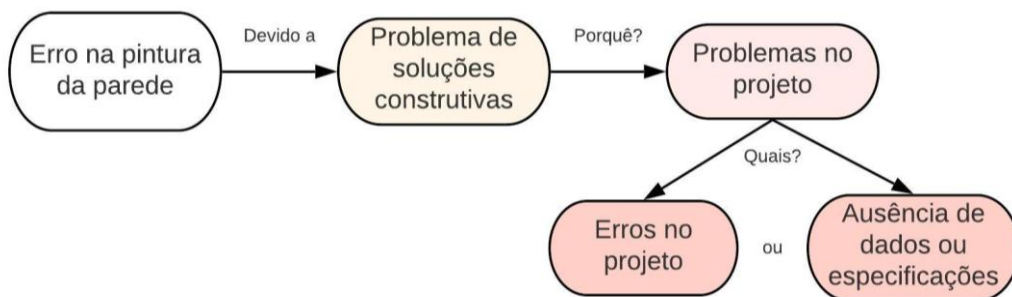


Figura 28 - Esquema do caminho de falha (caso 01).

- **Árvore de Falhas**

A Árvore de Falhas total encontra-se descrita na seguinte figura 29, com o caminho de falha destacado a vermelho.

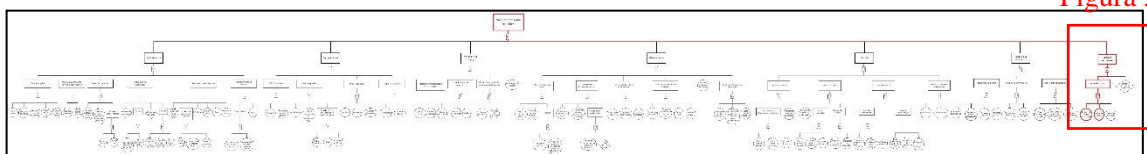


Figura 29 - Árvore de falhas total com o caminho de falhas a vermelho (caso 01).

Como a sua leitura é impercetível, na figura 30 encontra-se um excerto da Árvore de Falhas total.

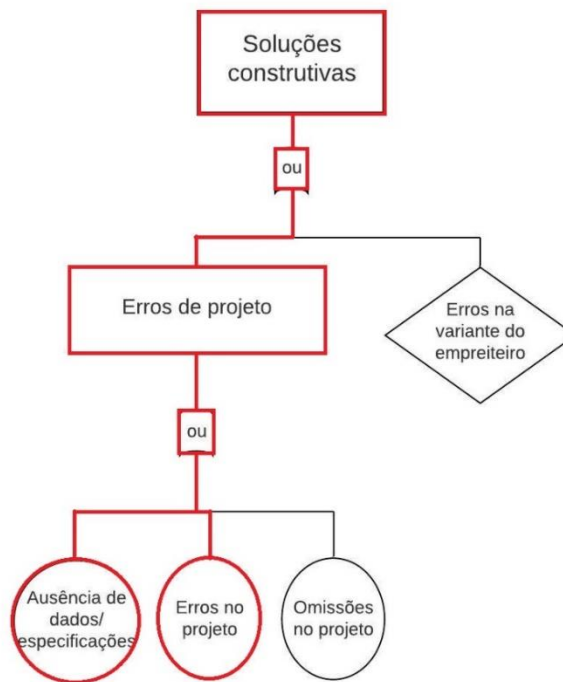


Figura 30 - Excerto da Árvore de Falhas total com o caminho de falha a vermelho (caso 01).

Daqui em diante, na análise dos casos de estudo, tendo em conta que a percepção visual do caminho de falha na Árvore de Falhas total é praticamente nula, apenas vai ser apresentado o excerto da Árvore de Falhas total que mostra o caminho de falhas a vermelho, de modo a que a sua leitura seja mais fácil.

- **Estratégia preventiva**

SOL01: Reunião de preparação de obra entre o empreiteiro e o projetista com semanas de antecedência sobre as principais tarefas.

5.2.3. CASO DE ESTUDO 02

- **Descrição da anomalia**

Para que a equipa responsável pela instalação da eletricidade conseguisse fazer o seu trabalho, uma das tarefas do empreiteiro seria abrir os rasgos no chão nos sítios determinados pela equipa especialista para que fosse possível proceder à instalação elétrica, mediante a posição das tomadas e caixas. No entanto, esta demarcação do chão foi mal feita pela equipa da eletricidade – marcaram nos sítios errados – e não foi verificada por nenhuma entidade. Admitindo que as posições estavam corretas, a equipa do empreiteiro abriu os rasgos nos locais marcados, o que levou a que na altura da instalação da rede elétrica, os especialistas da eletricidade não pudessem proceder a nenhuma instalação, já que se aperceberam que estava mal posicionado, até que a posição das aberturas fosse corrigida para o local destinado a esse fim.

- **Consequências**

A equipa do empreiteiro teve de rematar os rasgos previamente feitos de forma errada, corrigindo o pavimento, voltar a abrir novos rasgos nos locais corretos e fazer novamente o chão.

Implicações no prazo: Gerou atrasos de 1 a 2 dias

Implicações no orçamento: 900€ (valor aproximado)

- **Caminho de falha – identificação de causas**

O erro verificado em obra poderá ter diferentes origens de causas, de acordo com os depoimentos recolhidos, nomeado por “erro na demarcação do chão”. Destaca-se a informação de que o prazo para a realização da obra era bastante curto.

O primeiro caminho de falha (A) considera que este erro se inicia por um problema de mão-de-obra, assumindo que esta falha ocorreu devido a um erro cometido pelo trabalhador. O trabalhador (ou equipa) responsável pela demarcação do chão estaria stressado devido ao prazo extremamente apertado e, como tal, cometeu um erro tentando executar a tarefa rapidamente. O esquema encontra-se na figura 31.

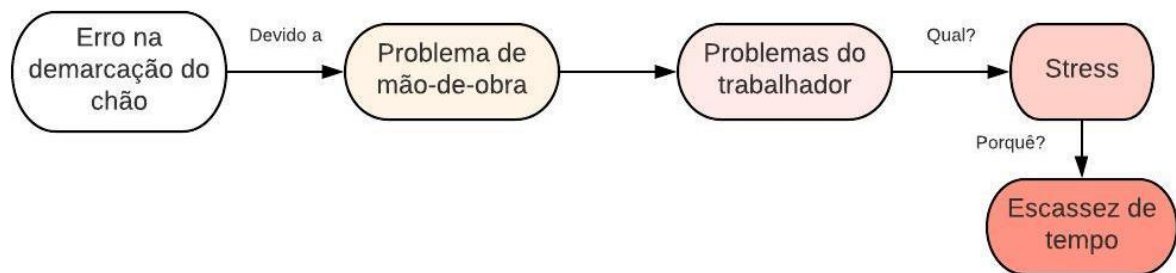


Figura 31 - Esquema do caminho de falha A (caso 02).

Um outro caminho de falha (B) possível seria admitir que a causa inicial parte de um erro de gestão, nomeadamente de gestão de equipas. Deste modo, verifica-se a presença de várias equipas a trabalhar em simultâneo na obra devido ao curto prazo para entrega da obra e, assim, não foi bem-sucedida a gestão de várias equipas em simultâneo, coordenando a correta execução das suas tarefas. O esquema encontra-se na figura 32.

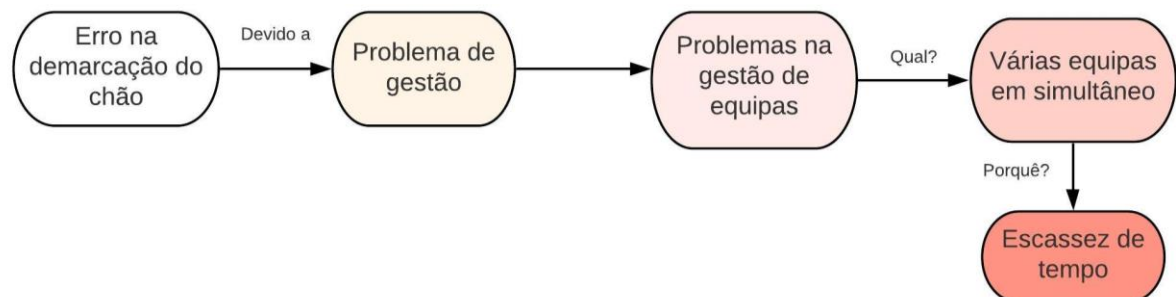


Figura 32 - Esquema do caminho de falha B (caso 02).

• **Árvore de Falhas**

Os excertos da Árvore de Falhas total encontram-se descritos nas seguintes figuras 33 e 34, com os caminhos de falha destacados a vermelho, nomeadamente referentes aos caminhos de falhas A e B, respetivamente.

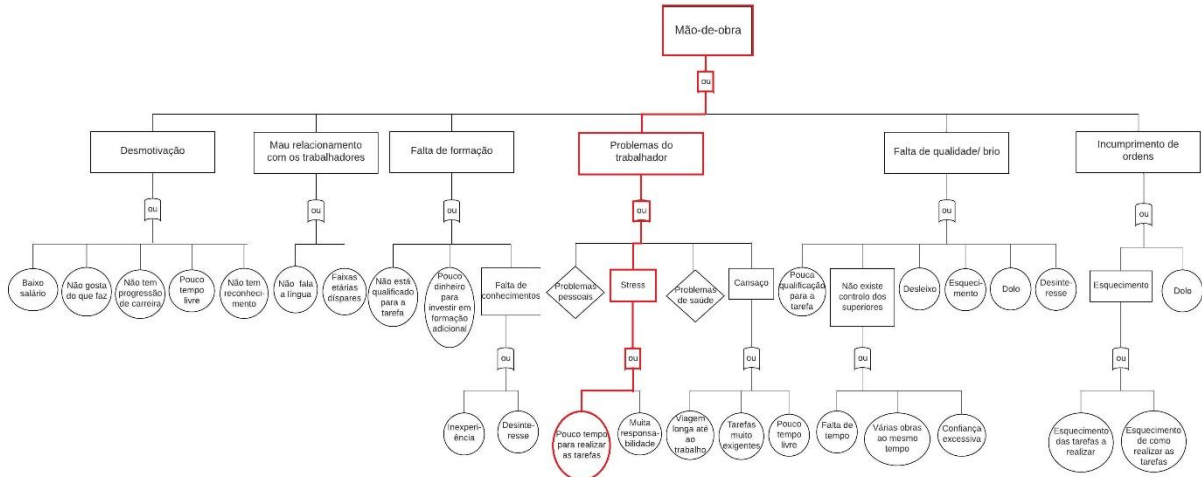


Figura 34 - Excerto da Árvore de Falhas total com o caminho de falha A a vermelho (caso 02).

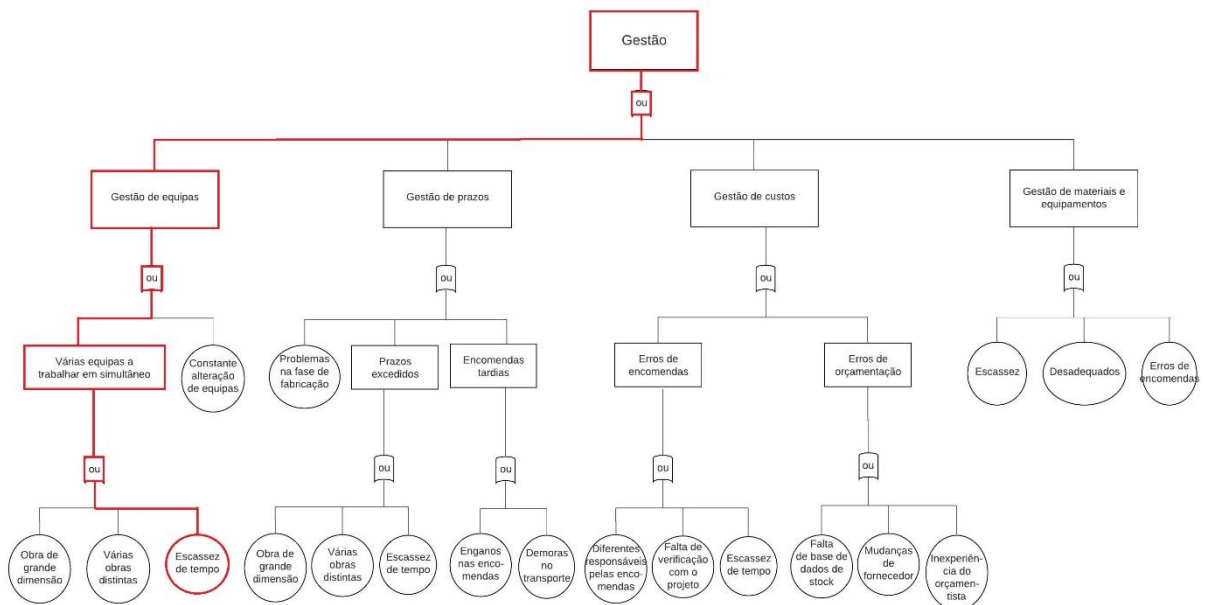


Figura 33 - Excerto da Árvore de Falhas total com o caminho de falha B a vermelho (caso 02).

• **Estratégia preventiva**

SOL01: Reunião de preparação de obra entre o empreiteiro e o projetista com semanas de antecedência sobre as principais tarefas.

SOL02: Na fase prévia à obra deve ter-se em consideração o planeamento correto do tempo necessário à realização de todas as tarefas.

5.3. OBRA B

5.3.1. DESCRIÇÃO DA OBRA

Remodelação de casas de banho de espaço comercial – casa de banho feminina, masculina e de mobilidade reduzida. Realizaram-se tarefas como a substituição de loiças sanitárias, substituição de revestimentos cerâmico, execução de nova rede de abastecimento de água quente e fria em PPR, adaptação de esgotos, execução de tetos e paredes em gesso cartonado e trabalhos de carpintarias.

Duração da empreitada (segundo o planeamento): 3 semanas

Orçamento total: 21 081€

5.3.2. CASO DE ESTUDO 03

- **Descrição da anomalia**

Para se proceder à remodelação das casas de banho, sendo o espaço em intervenção um espaço comercial, torna-se necessário criar novas instalações sanitárias já que este não pode ficar sem nenhuma casa de banho. Quando foi feita a orçamentação, esta questão não foi considerada – apenas se teve em conta os contentores de resíduos e esqueceram-se de contabilizar os contentores de casas de banho. Então, quando a equipa do empreiteiro chegou à obra apercebeu-se que faltavam as tais casas de banho de substituição, para que o espaço comercial não ficasse sem nenhuma, e a sua instalação seria necessária antes de se poder iniciar a obra.

- **Consequências**

Quando a equipa do empreiteiro chegou à obra e se apercebeu que faltavam os contentores de casas de banho, foi necessário proceder à sua encomenda e posterior instalação, de modo a que a obra pudesse iniciar.

Tal erro implicou custos relevantes já que teve de se alugar os contentores de casas de banho e proceder-se às suas ligações hidráulicas e elétricas para abastecer esses contentores – custos que não estavam previamente contabilizados.

Implicações no prazo: Gerou atrasos de 1 a 2 dias

Implicações no orçamento: 1 000€ (valor aproximado)

- **Caminho de falha – identificação de causas**

O erro verificado em obra poderá descrever-se como um “engano na contabilização de custos”, já que, mediante as entrevistas realizadas, a empresa não se teria deparado com este problema previamente e, como tal, o orçamentista nunca teria orçamentado uma remodelação de uma casa de banho, não sabendo quais os requisitos necessários à realização da mesma.

O caminho de falha inicia-se considerando que esta não conformidade se verifica devido a problemas de gestão, nomeadamente na gestão de custos. O orçamentista cometeu um erro na orçamentação da obra porque nunca teria realizado um trabalho semelhante antes e, como tal, pode classificar-se como inexperiência neste âmbito. O esquema do caminho de falha encontra-se na figura 35.

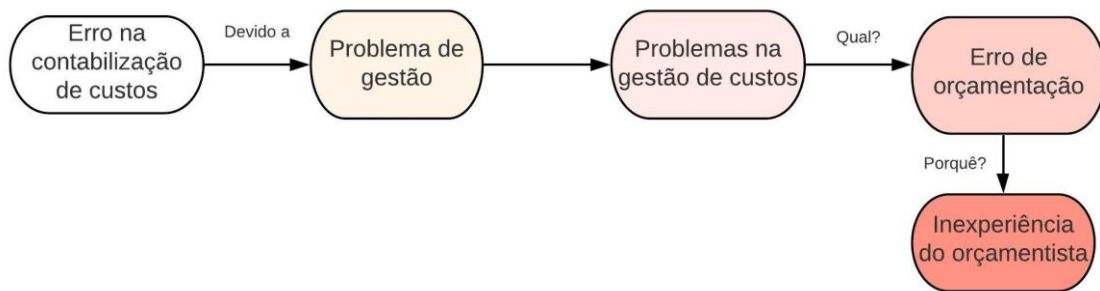


Figura 35 - Esquema do caminho de falha (caso 03).

• **Árvore de Falhas**

O excerto da Árvore de Falhas total encontra-se descrito na seguinte figura 36, com o caminho de falha destacado a vermelho.

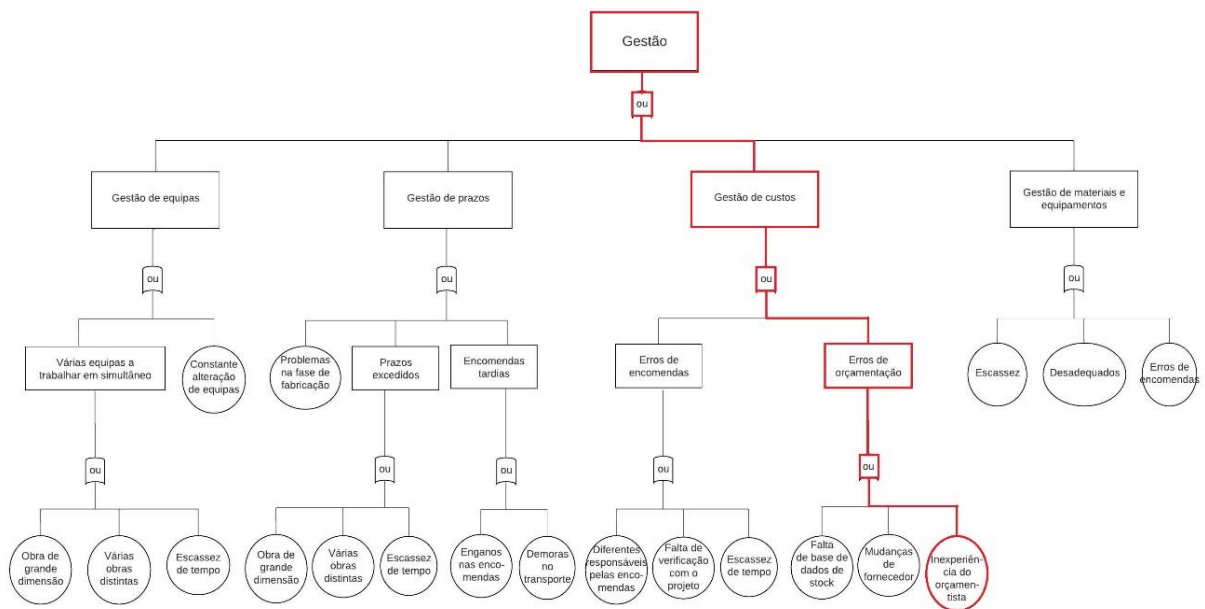


Figura 36 - Excerto da Árvore de Falhas total com o caminho de falha a vermelho (caso 03).

• **Estratégia preventiva**

SOL03: Implementação da utilização de um orçamento de produção, estipulado antes das obra começar, mediante acordo entre o orçamentista e o diretor de obra.

5.3.3. CASO DE ESTUDO 04

• **Descrição da anomalia**

Antes da remodelação das casas de banho, as loiças sanitárias eram de pousar no chão. Com o projeto de remodelação, passaram a ser suspensas. De acordo com a ficha técnica, quatro sanitas eram suspensas e uma sanita permanecia de pousar. No entanto, o engenheiro diretor de obra não reparou que uma delas era distinta das demais e então mandou abrir as paredes para que fossem instalados os depósitos e o

esgoto a sair da parede e posteriormente instaladas as sanitas. Quando as loiças chegaram ao armazém o engenheiro percebeu que uma das sanitas permanecia de pousar no chão – logo o esgoto ia diretamente para o pavimento, como estava anteriormente. Na seguinte figura 37 mostra-se a fase de execução desta tarefa.



Figura 37 - Fotografia referente às aberturas para os depósitos e esgotos das instalações sanitárias.

- **Consequências**

Assim que o engenheiro diretor de obra se apercebeu que tinha mandado a realização de uma tarefa desnecessária, foi crucial corrigir o problema de imediato. Teve de se tapar as aberturas previamente feitas na parede e voltar a instalar os depósitos nos locais iniciais, no pavimento.

Implicações no prazo: Não teve implicações relevantes

Implicações no orçamento: Não teve implicações relevantes

- **Caminho de falha – identificação de causas**

O erro verificado em obra poderá descrever-se como “erro na abertura para depósitos”, tendo em conta que a falta de verificação da ficha técnica por parte do engenheiro diretor de obra o levou a acreditar que como quatro sanitas estavam instaladas suspensas na parede, a quinta sanita também o seria.

O caminho de falha inicia-se tendo em conta problemas de mão-de-obra já que, tendo por base as entrevistas realizadas, o engenheiro diretor de obra admitiu que não verificou as informações fornecidas pelo dono de obra. Na primeira leitura dos requisitos percebeu o que teria de executar mas como não os voltou a verificar na altura de realização da obra acabou por se esquecer, nomeadamente desta diferença particular que não costuma acontecer usualmente.

O esquema do caminho de falha encontra-se na figura 38.

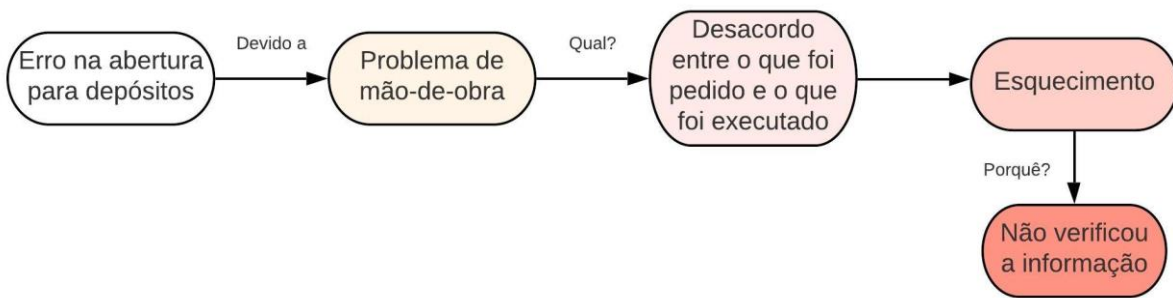


Figura 38 - Esquema do caminho de falha (caso 04).

• **Árvore de Falhas**

O excerto da Árvore de Falhas total encontra-se descrito na seguinte figura 39, com o caminho de falha destacado a vermelho.

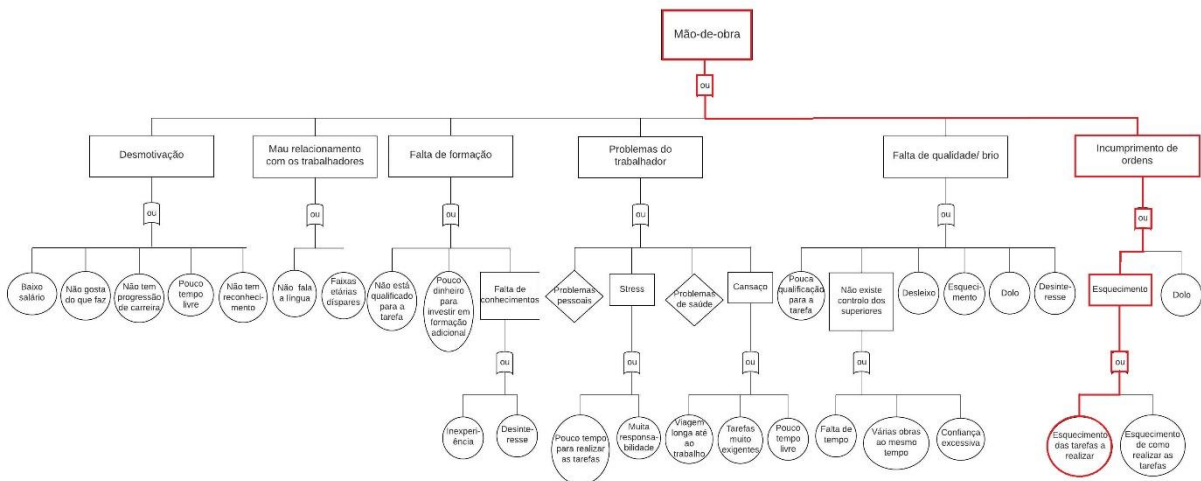


Figura 39 - Excerto da Árvore de Falhas total com o caminho de falha a vermelho (caso 04).

• **Estratégia preventiva**

SOL01: Reunião de preparação de obra entre o empreiteiro e o projetista com semanas de antecedência sobre as principais tarefas.

SOL04: Realizar uma verificação das fichas técnicas antes de executar as tarefas.

5.3.4. CASO DE ESTUDO 05

• **Descrição da anomalia**

Nesta obra as loiças projetadas tornaram-se suspensas e os depósitos passaram a ser encastrados na parede. Existia uma parede comum a duas casas de banho, em que num lado, no projeto, estava encastrada a sanita e do outro lado deveria ser o lavatório da outra casa de banho.

Na altura da obra o engenheiro diretor de obra notou que a parede não tinha espessura suficiente para encastrar o depósito da sanita e do lavatório, porque se se prendesse o lavatório naquele sítio ia furar-se o autoclismo.

- **Consequências**

Após a deteção da não conformidade entre o projeto e a realidade, tomou-se a decisão de se construir um outro pano de tijolo à frente da parede previamente existente, de modo a ser possível encastrar ambas as loiças.

Foi então necessário fazer uma parede nova, adaptar os esgotos do lavatório e forrar a parede com os azulejos pretendidos. Tal levou a atrasos significativos no planeamento da obra.

Implicações no prazo: Gerou atrasos de 1 a 2 dias

Implicações no orçamento: 1 300€

- **Caminho de falha – identificação de causas**

O erro verificado em obra poderá descrever-se como um “erro no posicionamento das loiças em projeto” já que, se executado o determinado no projeto inicial, haveria um furo no autoclismo ao prender o lavatório.

O caminho de falha inicia-se considerando que esta não conformidade se deve, em primeira instância, a problemas na solução construtiva. Neste caso especificamente devido a problemas no projeto, que não consideraram as escalas necessárias para a aplicação de ambas as loiças no mesmo local. Deste modo, classifica-se a não conformidade verificada como um erro no projeto, assumido pelos projetistas. O esquema do caminho de falhas segue-se na figura 40.

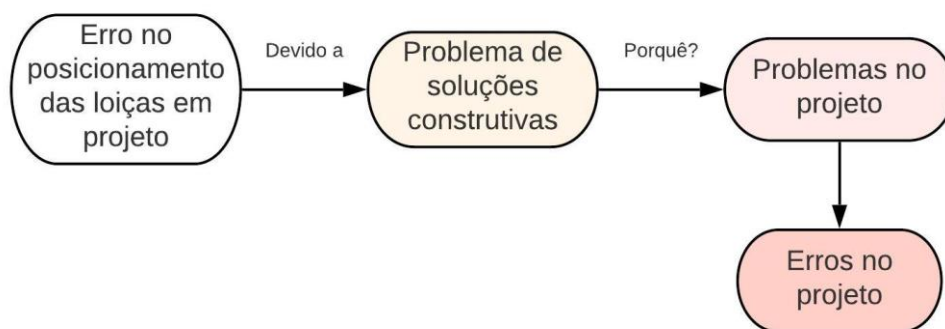


Figura 40 - Esquema do caminho de falha (caso 05).

- **Árvore de Falhas**

O excerto da Árvore de Falhas total encontra-se descrito na seguinte figura 41, com o caminho de falha destacado a vermelho.

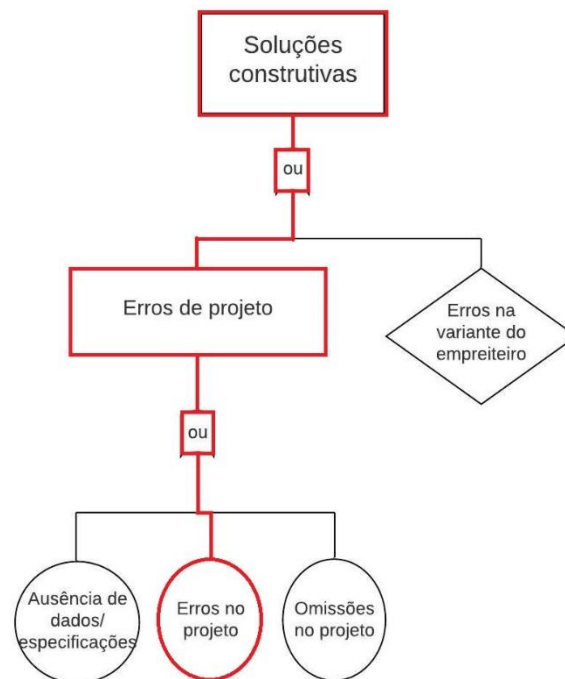


Figura 41 - Excerto da Árvore de Falhas total com o caminho de falha a vermelho (caso 05).

- **Estratégia preventiva**

SOL01: Reunião de preparação de obra entre o empreiteiro e o projetista com semanas de antecedência sobre as principais tarefas.

5.4. OBRA C

5.4.1. DESCRIÇÃO DA OBRA

Remodelação simples de um espaço comercial, onde foram realizadas as pinturas das paredes e os trabalhos de eletricidade. Realizaram-se demolições de paredes em gesso cartonado, pinturas de paredes, reparação de paredes gerais e instalações de redes elétricas e de telecomunicações.

Duração da empreitada (segundo o planeamento): 3 semanas

Orçamento total: 9 680€

5.4.2. CASO DE ESTUDO 06

- **Descrição da anomalia**

De acordo com o projeto, as paredes da loja deviam ser pintadas até aos 2,5 metros da cor x e dos 2,5 metros até aos 4 metros da cor y. Contrataram-se os pintores e o engenheiro diretor de obra indicou qual o esquema de cores. No momento da obra o engenheiro disse verbalmente, de memória, aos pintores que até aos 2,5 metros era para pintar da cor y e dos 2,5 metros até aos 4 metros da cor x – as cores ao

contrário do que estava descrito no projeto. No fim das pinturas, o dono de obra visitou a obra e percebeu que as cores estavam ao contrário do suposto e mandou reparar. Na seguinte figura 42 consegue-se entender a anomalia em estudo.



Figura 42 - Fotografia elucidativa da não conformidade na pintura das paredes.

- **Consequências**

A equipa do empreiteiro teve de novamente subcontratar os pintores que já tinham terminado as suas tarefas para que regressassem de modo a repintar todas as paredes porque as cores estavam trocadas.

Implicações no prazo: Gerou atrasos de 1 semana

Implicações no orçamento: 500€ (valor aproximado)

Na seguinte figura 43 encontra-se a loja já com a medida corretiva aplicada, tal como se encontra no projeto.

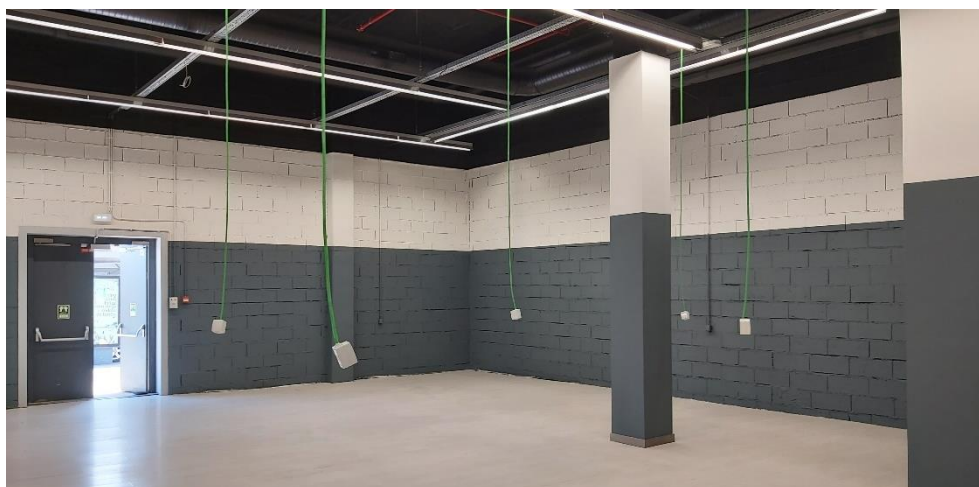


Figura 43 - Fotografia do espaço após corrigida a pintura.

• **Caminho de falha – identificação de causas**

O erro verificado em obra poderá descrever-se como um “erro na cor da pintura das paredes” já que, apesar de a pintura estar bem executada, as cores que os pintores aplicaram estavam erradas. De acordo com entrevistas com o engenheiro envolvido, o mesmo referiu que quando falou com os pintores não verificou o que estava indicado no projeto pois achou lembrar-se do que lá estava referido, assumindo total culpa pelo sucedido.

O caminho de falha inicia-se tendo em consideração uma falha na mão-de-obra, já que o engenheiro diretor de obra não mandou os trabalhadores executarem as tarefas pedidas pelo dono de obra, não por dolo mas por confusão da informação, tratando-se assim de um esquecimento. Este poderá classificar-se também como um engano nas tarefas a realizar, neste caso nas cores a utilizar, acreditando que estava a executar corretamente. Um esquema deste caminho de falha encontra-se na seguinte figura 44.

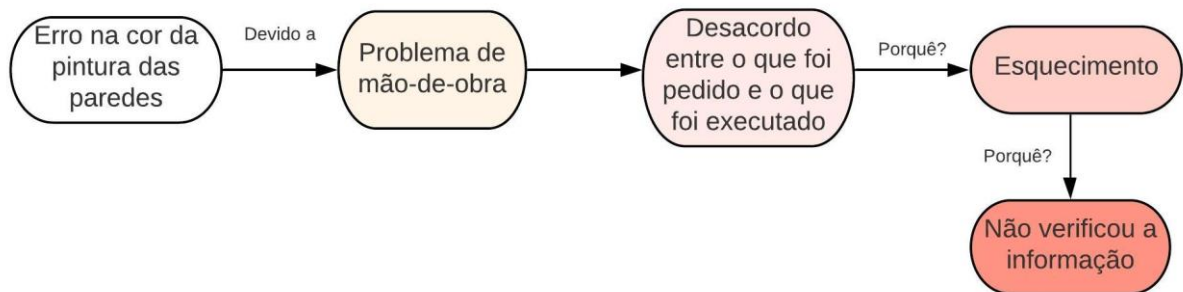


Figura 44 - Esquema do caminho de falha (caso 06).

• **Árvore de Falhas**

O excerto da Árvore de Falhas total encontra-se descrito na seguinte figura 45, com o caminho de falha destacado a vermelho.

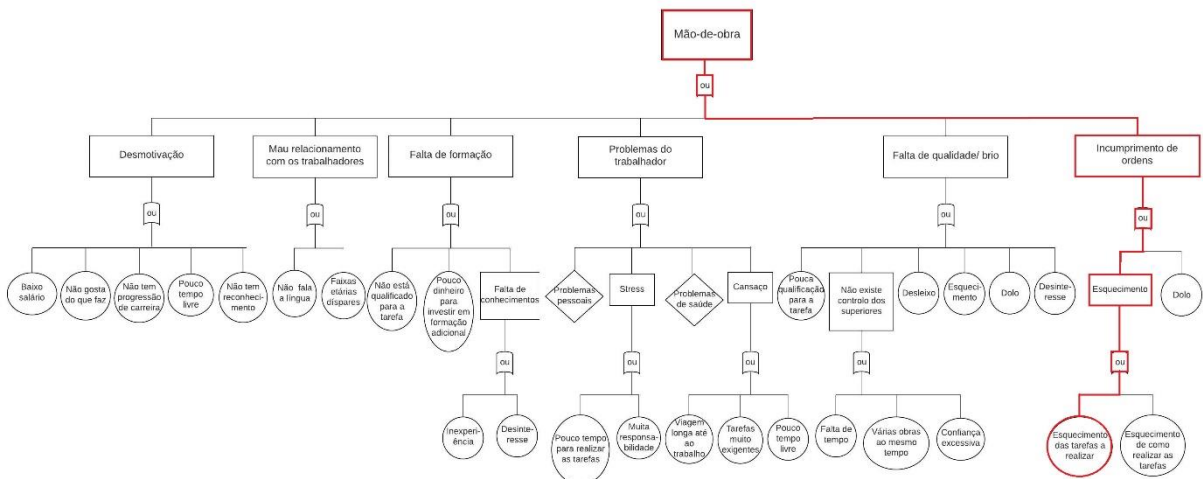


Figura 45 - Excerto da Árvore de Falhas total com o caminho de falha a vermelho (caso 06).

- **Estratégia preventiva**

SOL05: Recomenda-se a introdução de um encarregado em obra, com função de identificar as tarefas e acompanhar a sua execução.

SOL06: O projeto deve estar acessível e a transmissão da informação do projeto deve ser acompanhada do projeto.

5.5. OBRA D

5.5.1. DESCRIÇÃO DA OBRA

Remodelação de armazém para criação de escritórios. Realizaram-se tarefas como demolições, execução de divisórias perimetrais em gesso cartonado com isolamento acústico e térmico, paredes divisórias e tetos em gesso cartonado, impermeabilização do chão, aplicação de autonivelante e revestimento vinílico, pinturas gerais, nova rede elétrica e de telecomunicações, nova rede abastecimento de água em PPR e esgotos em PVC e pequenos trabalhos de carpintaria.

Duração da empreitada (segundo o planeamento): 3 meses

Orçamento total: 35 000€

5.5.2. CASO DE ESTUDO 07

- **Descrição da anomalia**

Quando se executava a remodelação do pavimento as juntas presentes foram tapadas com cimento normal. Alguns meses após o pavimento estar concluído, este começou a levantar e a estalar porque as juntas que foram tapadas com cimento normal tratavam-se de juntas de retração. Na figura 46 descreve-se a não conformidade em análise onde se consegue perceber uma lomba causada pelo levantamento do pavimento.

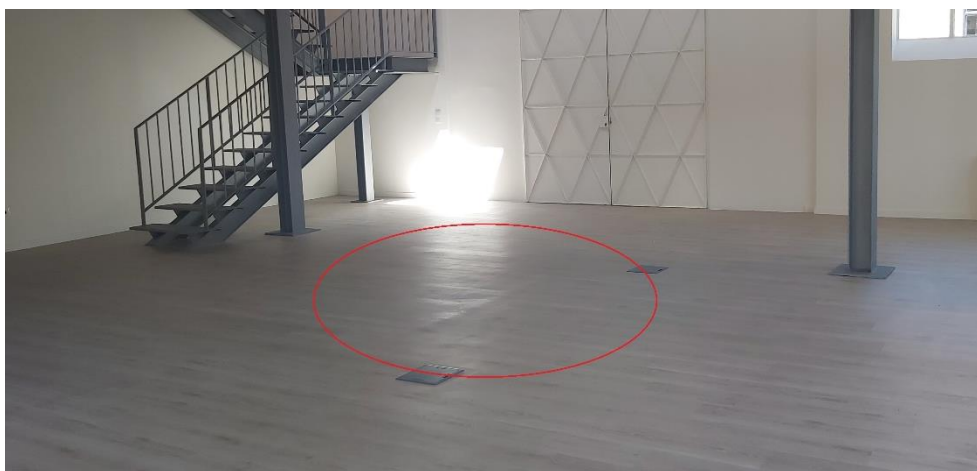


Figura 46 - Fotografia da lomba causada pelo levantamento do pavimento devido às juntas de retração.

- **Consequências**

Como as juntas de retração foram tapadas com cimento normal, mais tarde começaram a estalar e a levantar o chão, formando uma lomba em todo o comprimento, como se consegue ver em mais pormenor na figura 47, que retrata uma fotografia captada quando se levantou o pavimento para se entender o que estava a acontecer no pavimento.



Figura 47 - Fotografia em pormenor da lomba causada pelo levantamento do pavimento devido às juntas de retração.

O equipa do empreiteiro teve de retirar o pavimento vinílico, selar as juntas de retração, aplicar novamente impermeabilizante, autonivelante e depois o material vinílico.

As seguintes figuras 48 e 49 mostram a fase da resolução da não conformidade encontrada, nomeadamente a selagem das juntas de retração.



Figura 48 - Fotografia da selagem das juntas de retração.



Figura 49 - Fotografia da selagem das juntas de retração em pormenor.

Implicações no prazo: Gerou atrasos de 2 semanas

Implicações no orçamento: 1 000€ (valor aproximado)

• **Caminho de falha – identificação de causas**

O erro verificado em obra poderá descrever-se como um “erro na distinção de juntas” já que na fase em que a obra estava a ser produzida o engenheiro não se apercebeu de que aquelas juntas seriam juntas de dilatação. Mediante as reuniões e entrevistas realizadas foi possível compreender que o engenheiro não tinha conhecimentos de que existia a possibilidade de serem juntas de dilatação, não considerando a existência dessa hipótese em alguma fase.

O caminho de falha inicia-se tendo em conta um problema de mão-de-obra, seguindo a lógica da falta de formação por parte do engenheiro diretor de obra. Este nunca teria lidado com uma situação semelhante e portanto enquadra-se na falta de conhecimentos deste tema, desenvolvendo a causa até à sua inexperiência com este tipo de situações. O caminho de falha está representado esquematicamente na figura 50 seguinte.

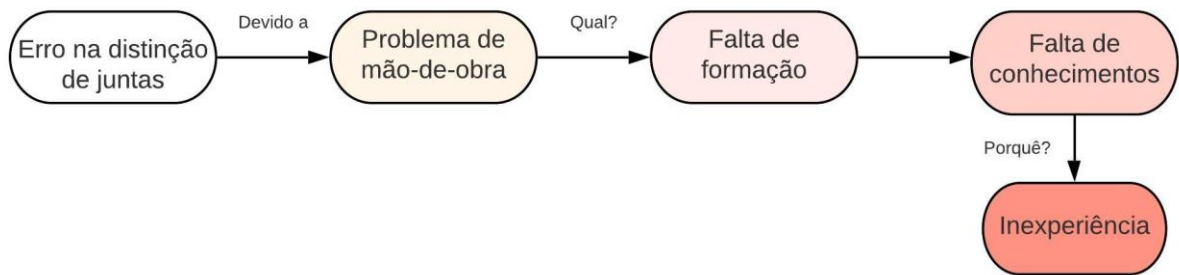


Figura 50 - Esquema do caminho de falha (caso 07).

• **Árvore de Falhas**

O excerto da Árvore de Falhas total encontra-se descrito na seguinte figura 51, com o caminho de falha destacado a vermelho.

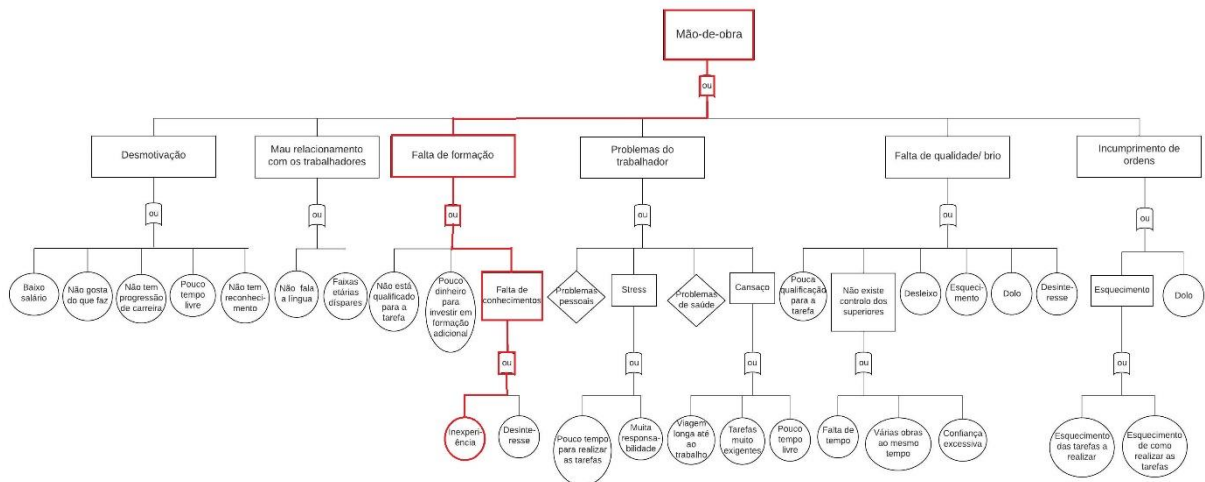


Figura 51 - Excerto da Árvore de Falhas total com o caminho de falha a vermelho (caso 07).

- **Estratégia preventiva**

SOL05: Recomenda-se a introdução de um encarregado em obra, com função de identificar as tarefas e acompanhar a sua execução.

5.5.3. CASO DE ESTUDO 08

- **Descrição da anomalia**

De acordo com o projeto estava prevista a construção de um mezanino – plataforma construída entre o pavimento e o teto, com vista a formar um andar intermédio, adequado para determinado fim – neste caso numa estrutura metálica. Assim, para suportar a estrutura foi necessária a criação de sapatas no pavimento. A equipa responsável pela marcação no pavimento do sítio das sapatas fez uma alteração ao projeto não seguindo o que lá estava descrito. A equipa responsável pela execução das sapatas fez o seu trabalho no sítio demarcado no chão, admitindo que este estava correto. Quando a estrutura metálica chegou ao local da obra, percebeu-se que as sapatas estavam mal posicionadas e a estrutura não poderia ser instalada.

Na figura 52 encontra-se a execução das sapatas em obra.



Figura 52 - Fotografia da execução das sapatas.

- **Consequências**

Para corrigir o problema, admitindo que as sapatas estavam no local errado tendo em conta o projetado, teve de se tapar os buracos onde estavam as sapatas e voltar a fazer as sapatas desta vez no sítio descrito no projeto.

Implicações no prazo: Gerou atrasos de 1 semana

Implicações no orçamento: 460€ (valor aproximado)

Na figura 53 encontra-se a estrutura metálica já montada e corrigidas as sapatas.



Figura 53 – Fotografia da estrutura metálica que suporta o mezanino.

- **Caminho de falha – identificação de causas**

O erro verificado em obra poderá descrever-se como um “erro na construção de sapatas”, considerando que no projeto teria todos os elementos descritivos necessários do posicionamento das sapatas, assim como o pormenor construtivo. No entanto, a equipa responsável pela sua demarcação no pavimento optou por alterar o que se descrevia no projeto, procedendo à marcação em um outro local que achou coerente. Como tal, conclui-se que este erro advém de uma opção tomada pelos trabalhadores responsáveis pela tarefa, aos quais não foi possível questionar a razão de tal alteração.

O caminho de falha inicia-se tendo em conta um problema na solução construtiva, já que no projeto estava descrito corretamente o que deveria ser executado em obra. No entanto, a equipa responsável pela demarcação no pavimento do lugar das sapatas optou por um local diferente, originando um erro em obra, tratando-se então de uma falha provocada pelo uso de variantes do empreiteiro. A figura 54 mostra o esquema do caminho de falha.

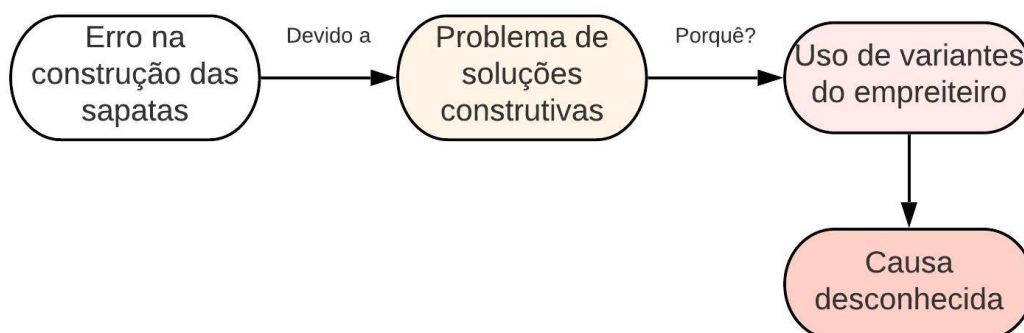


Figura 54 - Esquema do caminho de falha (caso 08).

- **Árvore de Falhas**

O excerto da Árvore de Falhas total encontra-se descrito na seguinte figura 55, com o caminho de falha destacado a vermelho.

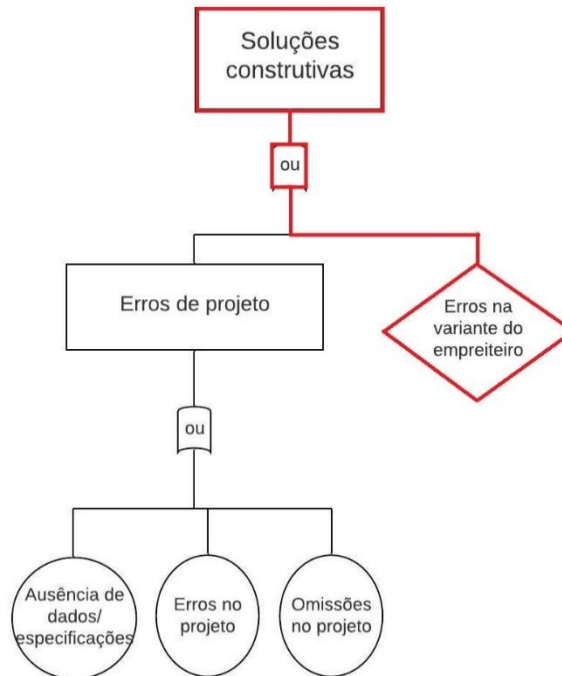


Figura 55 - Excerto da Árvore de Falhas total com o caminho de falha a vermelho (caso 08).

- **Estratégia preventiva**

SOL07: As alterações propostas pelo empreiteiro têm de ser primeiramente aprovadas pelo projetista antes de serem executadas.

5.6. OBRA E

5.6.1. DESCRIÇÃO DA OBRA

Remodelação de armazém para criação de escritórios. Realizaram-se tarefas como demolições, execução de divisórias perimetrais em gesso cartonado com isolamento acústico e térmico, paredes divisórias e tetos em gesso cartonado, impermeabilização do chão, aplicação de autonivelante e revestimento vinílico, pinturas gerais, nova rede elétrica e de telecomunicações, nova rede abastecimento de água em PPR e esgotos em PVC e pequenos trabalhos de carpintaria.

Duração da empreitada (segundo o planeamento): 3,5 meses

Orçamento total: 65 000€

5.6.2. CASO DE ESTUDO 09

- **Descrição da anomalia**

Para as divisões das paredes do gabinete e da sala de reuniões foi mandado produzir uma forra em alumínio para as testas destas divisões, da mesma exata cor dos perfis das divisórias – que são de alumínio na cor RAL x e vidro. O objetivo seria uniformizar a cor, fazendo com que a cor da chapa dos perfis das divisórias e das forras de alumínio fossem iguais. Na figura 56 compreende-se visualmente uma fotografia do descrito.



Figura 56 - Fotografia elucidativa das testas e dos perfis das divisórias.

No entanto, em fábrica enganaram-se e fizeram no RAL y, quando lhes foi encomendado no RAL x. Somente quando estas forras chegaram à obra é que foi notado o erro na cor. A seguinte figura 57 mostra quando foi instalado e se aperceberam do erro na cor.

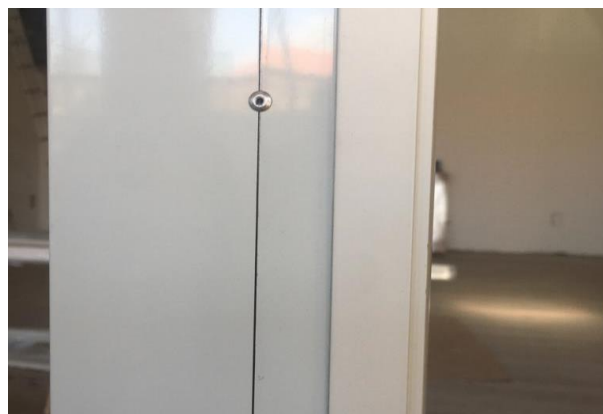


Figura 57 - Fotografia das forras de alumínio e dos perfis das divisórias instalados na cor incorreta.

- **Consequências**

O material teve de ser devolvido e encomendado um diferente. No entanto, a fábrica encarregue não conseguia ter a encomenda pronta num prazo aceitável e teve de se recorrer a um fornecedor diferente do previamente estipulado.

Implicações no prazo: Gerou atrasos de 2 semanas

Implicações no orçamento: Não gerou custos porque a fábrica responsabilizou-se pelo erro.

- **Caminho de falha – identificação de causas**

O erro verificado em obra poderá descrever-se como um “erro na cor da forra”, já que quando o produto fabricado foi entregue em obra e veio na cor errada tratou-se de um erro na fabricação do mesmo.

O caminho de falha inicia-se tendo em conta um problema de materiais de construção, tendo em conta que o material que chegou à obra não era o que estava no projeto. Apesar de o problema surgir logo na sua fase de fabricação, a equipa do empreiteiro não será responsabilizada, tendo transmitido corretamente a informação do que desejavam encomendar. A falta de fiscalização e de inspeção do produto em fábrica levou a que este erro só fosse detetado quando chegou à obra. O caminho de falhas encontra-se na figura 58.

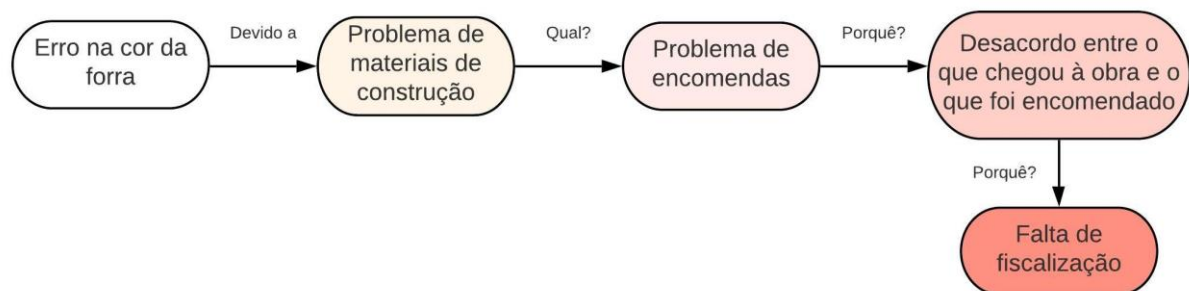


Figura 58 - Esquema do caminho de falha (caso 09).

- **Árvore de Falhas**

O excerto da Árvore de Falhas total encontra-se descrito na figura 59 na página seguinte, com o caminho de falha destacado a vermelho.

- **Estratégia preventiva**

SOL08: Criação de uma lista de falhas frequentes de cada fornecedor para posterior verificação e controlo antes da entrega.

SOL09: Deve implementar-se o controlo da qualidade em fase de execução da obra, realizado por um profissional exclusivo.

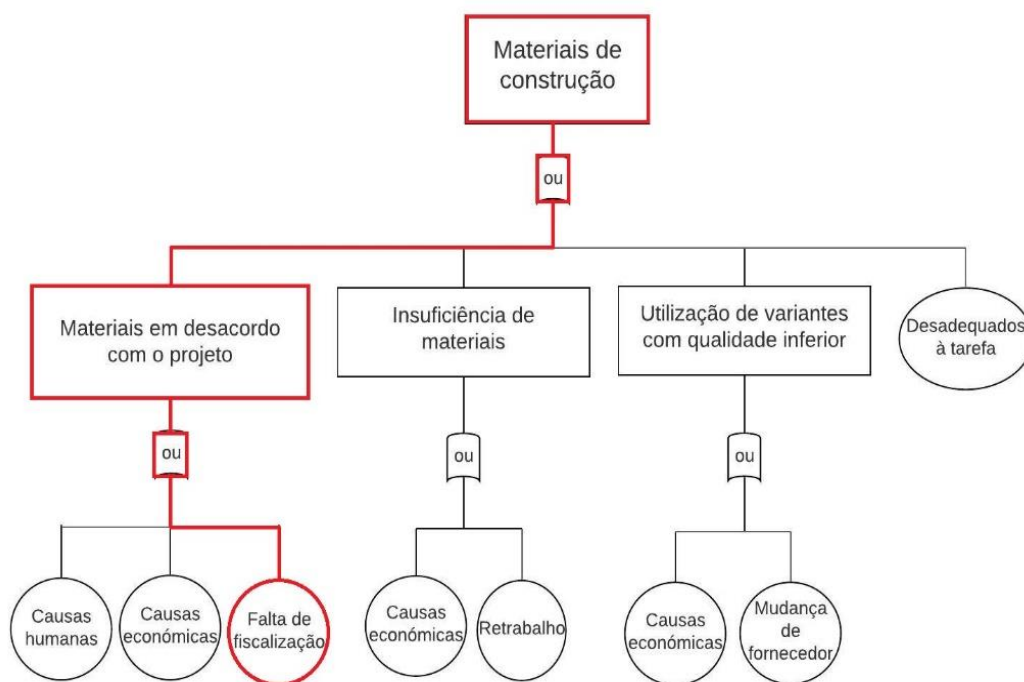


Figura 59 - Excerto da Árvore de Falhas total com o caminho de falha a vermelho (caso 09).

5.7. OBRA F

5.7.1. DESCRIÇÃO DA OBRA

Remodelação das fachadas principais de entrada de um centro de armazéns. Realizaram-se pinturas de fachadas, substituição de caixilharias, reparações de paredes e execução de capoto.

Duração da empreitada (segundo o planeamento): 5 meses

Orçamento total: 26 100€

5.7.2. CASO DE ESTUDO 10

- **Descrição da anomalia**

Na remodelação de uma parede exterior foi projetada a colocação de capoto. Para se aplicar corretamente o capoto deve-se, em primeiro lugar, limpar muito bem a fachada, deixando-a secar bem. De seguida aplica-se o capoto. No entanto, os trabalhadores aplicaram o capoto sem deixar a fachada secar totalmente. Deste modo, começou a abrir e a rachar a fachada após a sua aplicação.

- **Consequências**

A equipa de trabalhadores, mediante o mau estado após a aplicação do capoto, teve de retirar tudo, voltar novamente a limpar a fachada, deixando-a secar bem e reapplicar o capoto no final.

Implicações no prazo: Gerou atrasos de 1 semana

Implicações no orçamento: 1 100€ (valor aproximado)

Na seguinte figura 60 encontra-se uma fotografia da anomalia.



Figura 60 - Fotografia da não conformidade verificada devido à má aplicação do capoto.

- **Caminho de falha – identificação de causas**

O erro verificado em obra poderá descrever-se como “erro na aplicação do capoto” já que, mediante as entrevistas realizadas em fase de obra, este foi claramente um erro devido ao desconhecimento da tecnologia construtiva. Neste caso de estudo em específico remete-se para a questão: “Onde acaba a responsabilidade do diretor de obra e começa a do trabalhador?”. Esta pergunta enquadra-se neste estudo já que se pode analisar a questão de duas diferentes maneiras: culpabilizando o engenheiro por não ter verificado se a parede estava verdadeiramente seca – admitindo que esta é sua responsabilidade – ou culpabilizando os trabalhadores – admitindo que têm obrigação de saber estas questões técnicas. Seguiu-se a segunda opção como válida já que se trata de uma tecnologia construtiva bastante utilizada e aparentemente simples.

O caminho de falha inicia-se tendo em conta um problema de tecnologias construtivas mediante a sua má execução e aplicação. Este erro está adjacente ao modo como foi executada a tarefa, tendo a não conformidade ocorrida na fachada devido à falta de conhecimentos dos trabalhadores – estes não sabiam que tinham de esperar tempo suficiente para a parede secar – ou devido à não aplicação da norma. Assim, o caminho de falha encontra-se na seguinte figura 61.

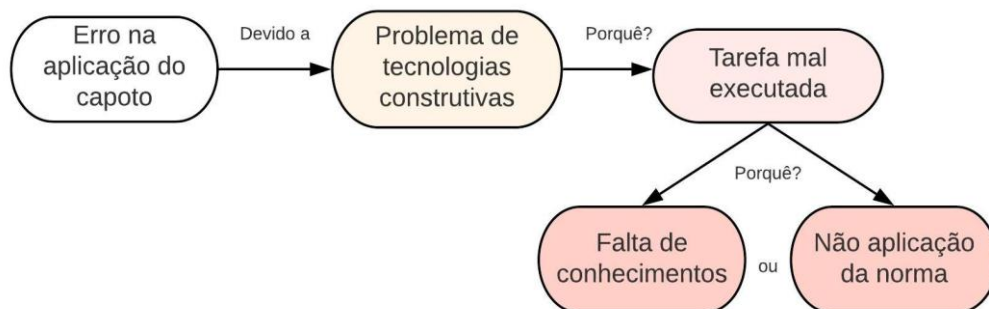


Figura 61 - Esquema do caminho de falha (caso 10).

- **Árvore de Falhas**

O excerto da Árvore de Falhas total encontra-se descrito na seguinte figura 62, com o caminho de falha destacado a vermelho.

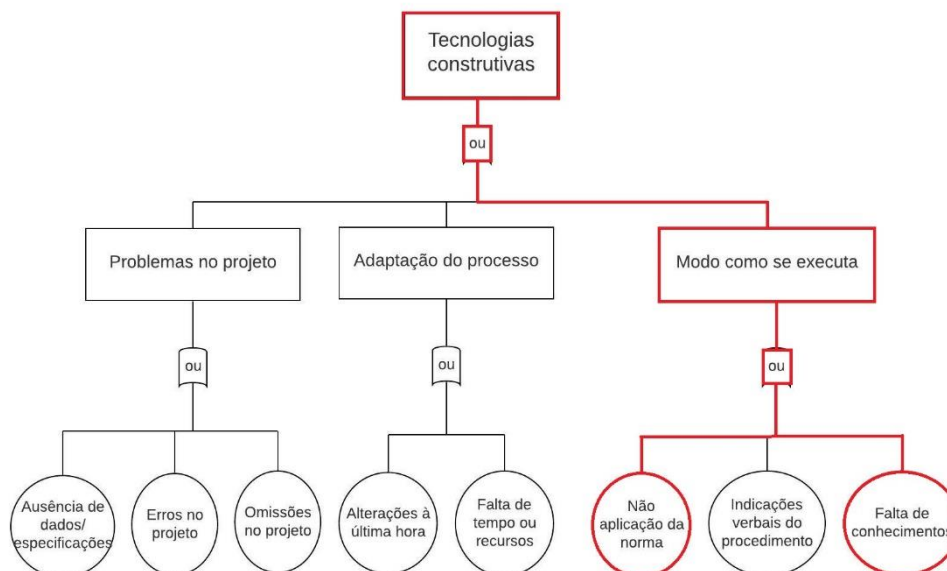


Figura 62 – Excerto da Árvore de Falhas total com o caminho de falha a vermelho (caso 10).

- **Estratégia preventiva**

SOL05: Recomenda-se a introdução de um encarregado em obra, com função de identificar as tarefas e acompanhar a sua execução.

5.8. OBRA G

5.8.1. DESCRIÇÃO DA OBRA

Remodelação de espaço comercial – loja de média dimensão contida num estabelecimento comercial. Realizaram-se demolições de paredes, remoção de pavimento vinílico, aplicação de chão novo, pinturas interiores, execução de paredes interiores devidamente reforçadas com estrutura FACAR para suportar peso de futura estantaria e abertura de rasgos para passagem de estruturas elétricas.

Duração da empreitada (segundo o planeamento): 24 dias

Orçamento total: 41 500€

5.8.2. CASO DE ESTUDO 11

- **Descrição da anomalia**

Na remodelação da loja, as caixas embutidas no pavimento que servem de apoio à instalação da eletricidade (onde se encontram as tomadas) foram recolocadas, de acordo com o projeto. A equipa do

empregueiro ficou encarregue de retirar as caixas existentes, tapando os buracos deixados, de modo a tornar o pavimento liso. O engenheiro responsável optou, para tapar os buracos das caixas, por uma argamassa que usavam regularmente nas demais obras da empresa. No entanto, passados uns tempos o pavimento colocado por cima dos buracos das antigas caixas começou a abater – ou seja, o produto que aplicaram não tinha rigidez suficiente – formando buracos no chão.

Na figura 63 encontra-se uma fotografia captada quando a argamassa colocada por cima das caixas se encontra a estalar, não sendo a sua visualização perfeitamente nítida.



Figura 63 - Fotografia descritiva do abatimento do pavimento nas caixas.

- **Consequências**

Foi necessário retirar o produto utilizado de dentro dos buracos deixados pelas caixas, aplicar uma massa de secagem rápida com uma dureza muito superior e voltar a aplicar o pavimento.

Implicações no prazo: Gerou atrasos de 2 dias

Implicações no orçamento: 800€ (valor aproximado)

Na seguinte figura 64 encontra-se uma fotografia elucidativa da correção da não conformidade.



Figura 64 - Fotografia da medida corretiva: aplicação de um cimento adequado.

- **Caminho de falha – identificação de causas**

O erro verificado em obra poderá descrever-se como um “erro na escolha da argamassa”, tendo por base as entrevistas realizadas aos trabalhadores e engenheiros. Assim que o produto foi aplicado e secou notou-se um abatimento do pavimento nesses sítios específicos, percebendo-se que a causa base do problema está no produto utilizado para tapar os buracos.

Para este caso de estudo podem existir dois possíveis caminhos de falha. O primeiro inicia-se tendo em conta um problema de mão-de-obra, de acordo com a falta de formação por parte do engenheiro diretor de obra que não sabia que deveria ter usado uma argamassa com uma maior dureza. Esta falta de conhecimentos poderá advir de uma certa inexperiência neste âmbito já que o próprio mencionou nunca se ter deparado com uma situação semelhante antes.

O segundo caminho de falha possível inicia-se tendo por base um problema de gestão, nomeadamente de gestão de materiais (e equipamentos) que, neste caso, são desadequados à tarefa. No entanto, apesar de se verificar esta inadequabilidade, considera-se que o primeiro caminho de falha é o mais próximo da realidade mediante os depoimentos recolhidos, já que a causa para a não conformidade parte do desconhecimento do engenheiro e não da sua incorreta gestão.

Como tal, o primeiro caminho encontra-se na seguinte figura 65, excluindo-se a possibilidade de partir de um problema de gestão.

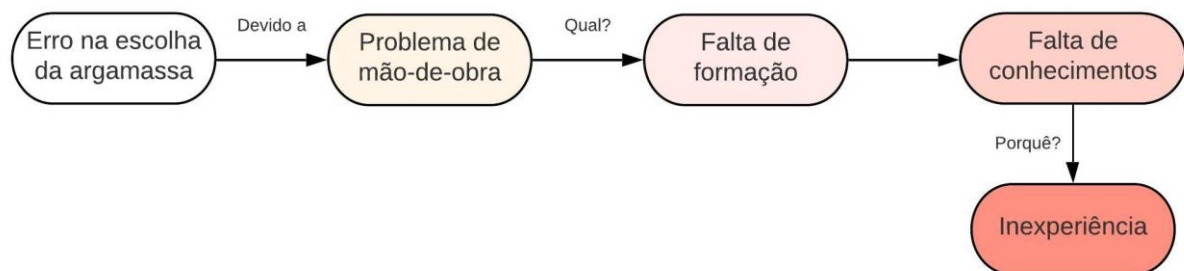


Figura 65 - Esquema do caminho de falha (caso 11).

- **Árvore de Falhas**

O excerto da Árvore de Falhas total encontra-se descrito na figura 66 na página seguinte, com o caminho de falha destacado a vermelho.

- **Estratégia preventiva**

SOL07: As alterações propostas pelo empreiteiro têm de ser primeiramente aprovadas pelo projetista antes de serem executadas.

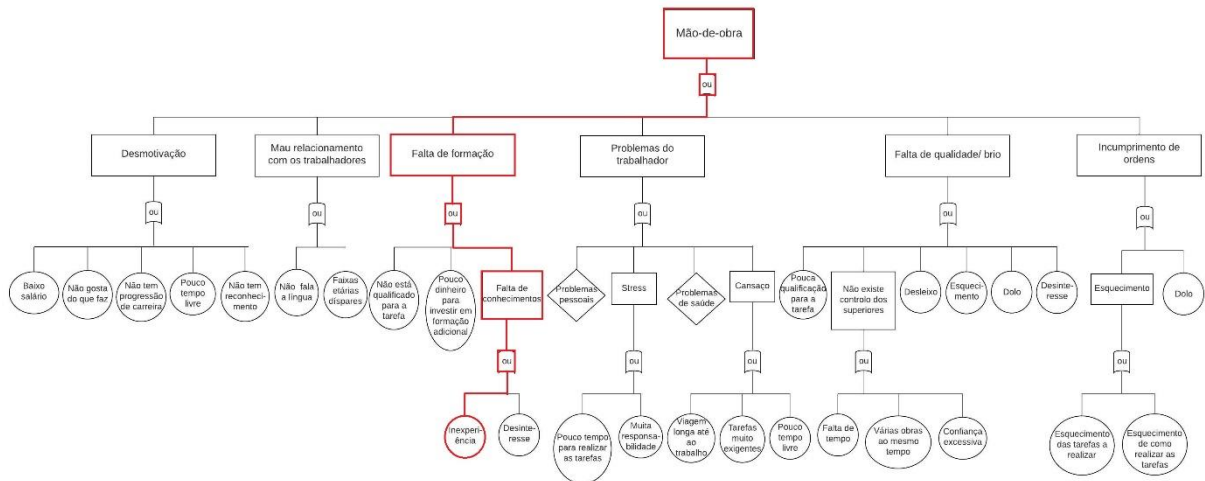


Figura 66 - Excerto da Árvore de Falhas total com o caminho de falha a vermelho (caso 11).

5.9. OBRA H

5.9.1. DESCRIÇÃO DA OBRA

Reabilitação de uma moradia. Realizaram-se demolições de paredes e tetos interiores em tabique e estuque, execução de novas paredes e tetos em gesso cartonado, pinturas, aplicação de revestimentos cerâmicos e de madeira, execução de nova rede hidráulica, elétrica e de telecomunicações, reforço estrutural, fornecimento e instalação de mobiliário, trabalhos de serralharias, intervenções na fachada como pinturas, alterações de caleiras e tubos de queda e limpezas de fachadas.

Duração da empreitada (segundo o planeamento): 12 meses

Orçamento total: 215 000€

5.9.2. CASO DE ESTUDO 12

- **Descrição da anomalia**

De modo a obter prazos competitivos, a empresa construtora opera nas suas obras começando-as imediatamente assim que recebe o projeto do que se vai construir e o que se vai demolir, ainda sem ter recebido os restantes projetos de pormenor, arquitetura e instalações. Então, após finalizadas as demolições a obra teve de parar porque os restantes projetos ainda não tinham sido recebidos, o que levou a atrasos no planeamento inicial.

- **Consequências**

Foi necessário parar a obra até que a empresa recebesse os projetos de pormenor para que fosse possível prosseguir com os trabalhos – a equipa não sabia quais seriam as suas seguintes tarefas. Deste modo, verificaram-se várias semanas de atraso em que os trabalhadores não tinham tarefas para executar em obra.

Implicações no prazo: Gerou atrasos de 3 semanas

Implicações no orçamento: Não teve implicações consideráveis

- **Caminho de falha – identificação de causas**

O erro verificado em obra poderá descrever-se como um “erro de planeamento de início de obra”, tendo em consideração que a obra começou sem que o engenheiro diretor de obra soubesse quais as tarefas a executar seguidamente, de modo a “ganhar tempo”. No entanto, como se verificaram atrasos na entrega dos restantes projetos, a obra teve obrigatoriamente de parar pois não havia a descrição das tarefas a realizar em obra. É relevante referir que os projetos devem sempre estar disponíveis antes do início de obra, para que todo o planeamento possa ser feito nesta fase e não durante o decorrer da obra.

O caminho de falha inicia-se por um problema de planeamento, nomeadamente por este ser desajustado ao tempo devido ao facto de o engenheiro não ter toda a informação necessária antes de iniciar a obra. Tal justifica-se por existir pouco tempo prévio à execução da mesma, que poderá advir pelo facto de os diretores de obra terem várias obras para gerir simultaneamente. Uma figura ilustrativa deste caminho de falha encontra-se na figura 67 seguinte.

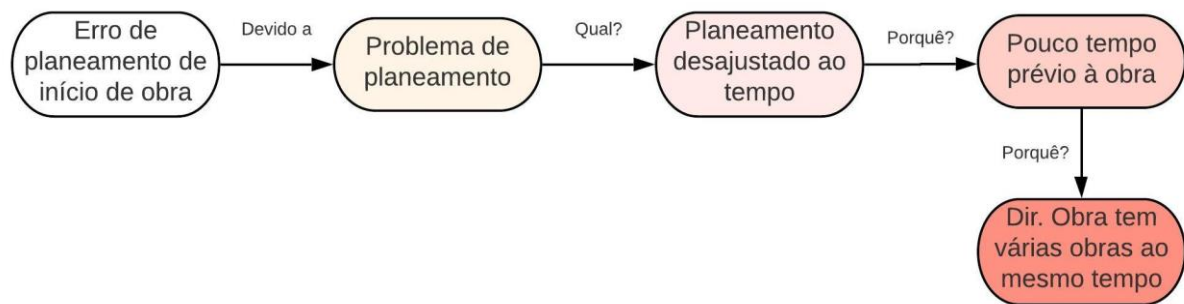


Figura 67 - Esquema do caminho de falha (caso 12).

- **Árvore de Falhas**

O excerto da Árvore de Falhas total encontra-se descrito na seguinte 68 na página seguinte, com o caminho de falha destacado a vermelho.

- **Estratégia preventiva**

SOL10: Todos os projetos devem ser entregues e analisados pelos profissionais competentes antes de a obra ter início, de modo a poder ser realizado todo o planeamento da obra nesta fase.

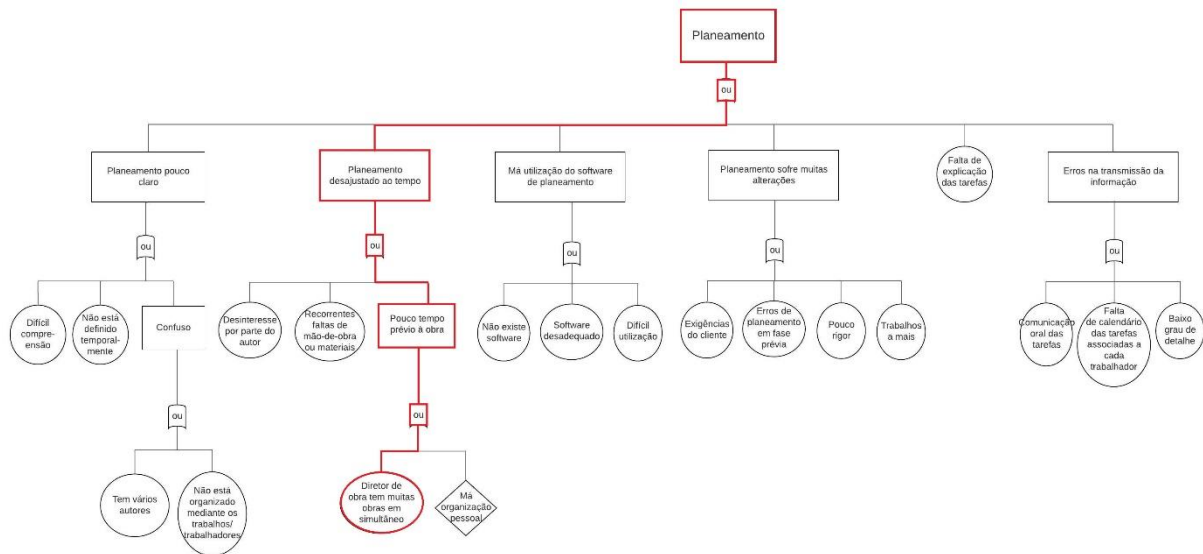


Figura 68 - Excerto da Árvore de Falhas total com o caminho de falha a vermelho (caso 12).

5.9.3. CASO DE ESTUDO 13

- **Descrição da anomalia**

Uma das tarefas da remodelação da moradia passava pela criação de paredes novas, neste caso específico de casas de banho. Após estas paredes estarem construídas o engenheiro diretor de obra notou que essas paredes não tinham sido feitas à esquadria e como tal não faziam um ângulo de noventa graus.

- **Consequências**

Como as paredes não estavam executadas corretamente foi necessário demolir as paredes existentes e voltar a fazer novas paredes, verificando que desta vez estavam feitas à esquadria e que o erro não se repetia em outros locais da moradia.

Implicações no prazo: Gerou atrasos de 2 dias

Implicações no orçamento: 220€ (valor aproximado)

- **Caminho de falha – identificação de causas**

O erro verificado em obra poderá descrever-se como um “erro na execução de paredes”, admitindo que estas estavam mal feitas porque não foram feitas à esquadria. Através de conversas e entrevistas aos intervenientes, destaca-se que este erro parte do pressuposto que os trabalhadores que a executaram sabem como fazer uma parede corretamente. No entanto, esta não conformidade verifica-se tendo em consideração que os trabalhadores estavam na maior parte do tempo sozinhos e sem supervisão, o que leva ao desleixo na falta de rigor dos trabalhos executados.

Ainda mediante os depoimentos recolhidos através de conversas com os trabalhadores, é notória uma desmotivação dos mesmos, tendo em conta que quando questionados neste âmbito estes referem que o seu baixo salário é uma das principais causas para esta desmotivação. Associado a esta temática, os trabalhadores entrevistados referem que não têm progressão na carreira e que não têm reconhecimento

pelo seu trabalho, mesmo quando bem executado, e que tal está na base das causas da sua desmotivação e falta de qualidade na execução dos trabalhos em obra.

Assim, mediante observação em obra do sucedido e através das informações obtidas através de conversas com os intervenientes, é possível destacarem-se dois distintos caminhos de falha para abordar esta situação.

O primeiro caminho de falha (A) inicia-se com um problema de mão-de-obra, considerando que a causa da má execução da parede parte de um problema do trabalhador que a executou de forma errada. Esta questão poderá ligar-se à falta de qualidade/brio do trabalhador, tendo em conta que não existe controlo dos seus superiores. Tal poderá advir da causa dos diretores de obra terem diferentes obras a seu encargo ao mesmo tempo ou da falta de tempo para controlar todos os pormenores em obra. O esquema elucidativo do caminho de falha encontra-se na figura 69.

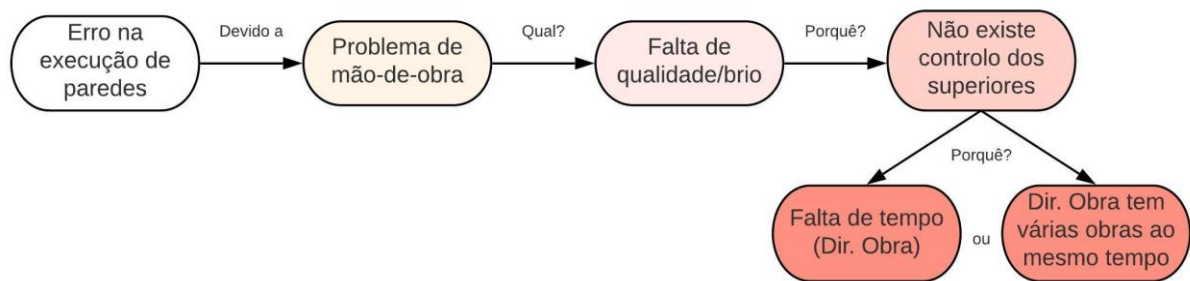


Figura 69 - Esquema do caminho de falha A (caso 13).

Noutra perspetiva, o segundo caminho de falha (B) inicia-se também com um problema de mão-de-obra, distinguindo-se do primeiro caminho na medida em que a causa seguinte remete para a desmotivação dos trabalhadores. Como referido e mediante os depoimentos dos mesmos, esta desmotivação poderá advir de três diferentes causas: baixo salário, não têm progressão na carreira ou não são reconhecidos pelo seu trabalho. O esquema do caminho de falha descreve-se na seguinte figura 70.

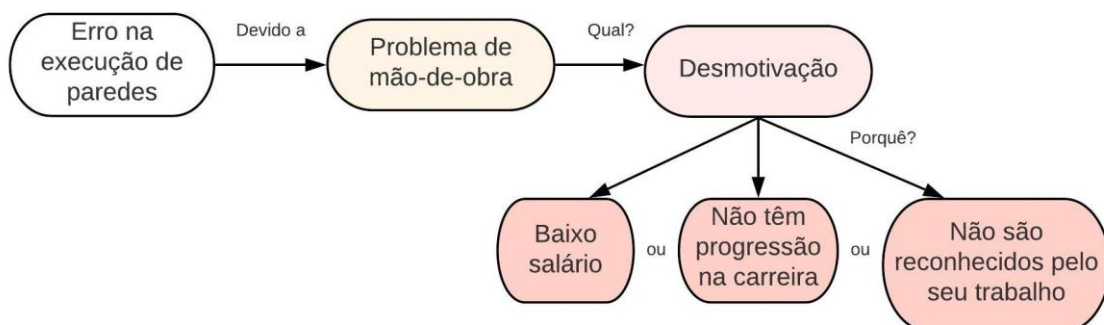


Figura 70 - Esquema do caminho de falha B (caso 13).

Deste modo e como no caso de estudo 09 pode-se remeter a análise da não conformidade para a seguinte questão: “Onde acaba a responsabilidade do diretor de obra e começa a do trabalhador?”. Esta pergunta

enquadra-se neste estudo já que se pode analisar a questão de duas diferentes maneiras: culpabilizando o engenheiro por não ter verificado o modo como os trabalhadores executam todas as suas tarefas, não só no final – admitindo que esta é sua responsabilidade – ou culpabilizando os trabalhadores – admitindo que culpa parte do pressuposto que executam mal a tarefa porque estão desmotivados.

• **Árvore de Falhas**

Os excertos da Árvore de Falhas total encontram-se descritos nas seguintes figuras 71 e 72, com os caminhos de falha destacados a vermelho, nomeadamente referentes aos caminhos de falhas A e B, respetivamente.

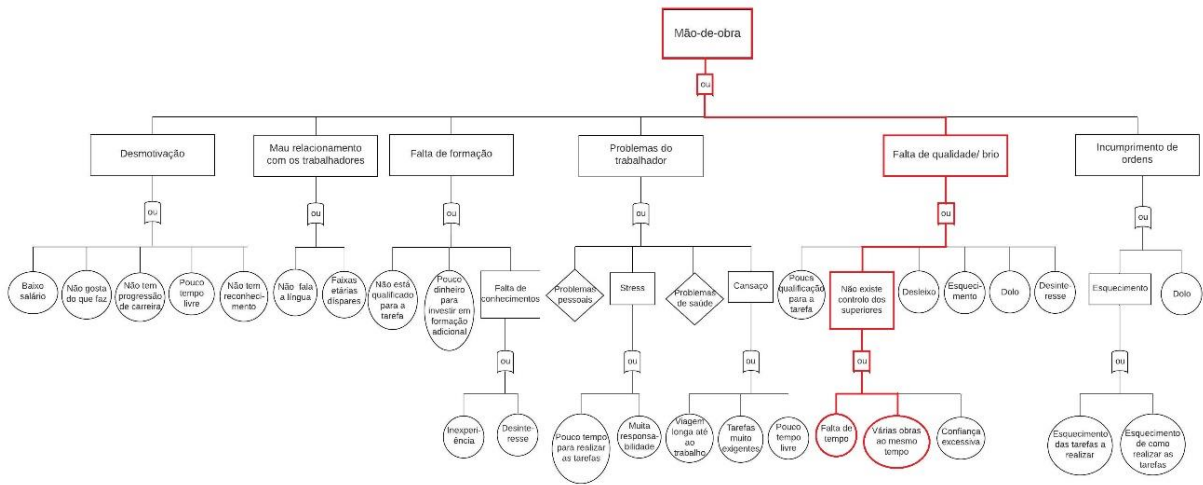


Figura 71 - Excerto da Árvore de Falhas total com o caminho de falha A a vermelho (caso 13).

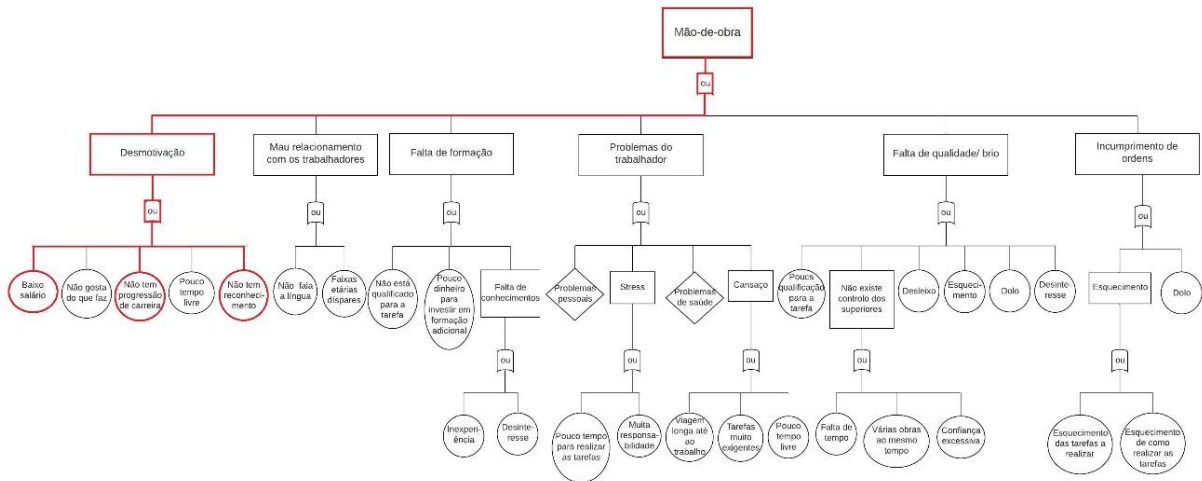


Figura 72 - Excerto da Árvore de Falhas total com o caminho de falha B a vermelho (caso 13).

- **Estratégia preventiva**

SOL05: Recomenda-se a introdução de um encarregado em obra, com função de identificar as tarefas e acompanhar a sua execução.

SOL09: Deve implementar-se o controlo da qualidade em fase de execução da obra, realizado por um profissional exclusivo.

SOL11: Devem implementar-se estratégias de acompanhamento e motivação dos trabalhadores.

5.9.4. CASO DE ESTUDO 14

- **Descrição da anomalia**

Na fase das demolições e de acordo com o projeto de arquitetura, havia a necessidade de demolir determinadas paredes interiores. A equipa do empreiteiro iniciou as demolições sem ter o projeto de estruturas. Quando se iniciou a demolição começaram a aparecer fissuras noutras paredes da casa que não existiam previamente, associando-se então esta ocorrência às demolições executadas. Algumas paredes e tetos começaram a ceder porque foram demolidas paredes que suportavam a estrutura da moradia.

- **Consequências**

Após o aparecimento de diversas fissuras nas paredes da casa, os trabalhos de demolição pararam e foi necessário proceder-se a um reforço estrutural das vigas de madeira, colocando-se novas vigas de ferro por baixo destas já existentes, de modo a dar suporte aos barrote de madeira para que eles não cedessem.

Implicações no prazo: Gerou atrasos de 1,5 meses

Implicações no orçamento: 17 500€ (valor aproximado)

Na figura 73 é possível observar-se as novas estruturas de reforço em ferro que deram apoio à estrutura previamente existente. Do mesmo modo, na figura 74 está uma fotografia do pormenor deste reforço estrutural.



Figura 73 - Fotografia do reforço estrutural realizado.



Figura 74 - Fotografia do reforço estrutural realizado em pormenor.

- **Caminho de falha – identificação de causas**

O erro verificado em obra poderá descrever-se como um “erro nas demolições” já que a equipa do empreiteiro começou a demolir paredes sem ter o devido conhecimento se estas eram seguras para demolir ou se estas suportavam a estrutura da habitação. Esta falta de projeto levou a custos extra muito elevados já que foi necessário proceder-se a um reforço estrutural que poderia ter sido evitado se existisse um estudo prévio da estrutura presente na obra em questão.

De modo equivalente ao caso 12 descrito anteriormente, todos os projetos devem sempre estar disponíveis antes do início de obra, para que todo o planeamento possa ser feito nesta fase e não durante o decorrer da obra.

O caminho de falha inicia-se por um problema de planeamento, nomeadamente por este ser desajustado ao tempo devido ao facto de o engenheiro não ter toda a informação necessária antes de iniciar a obra. Tal justifica-se por existir pouco tempo prévio à execução da mesma, que poderá advir pelo facto de os diretores de obra terem várias obras para gerir simultaneamente. Uma figura ilustrativa deste caminho de falha encontra-se na figura 75 seguinte.

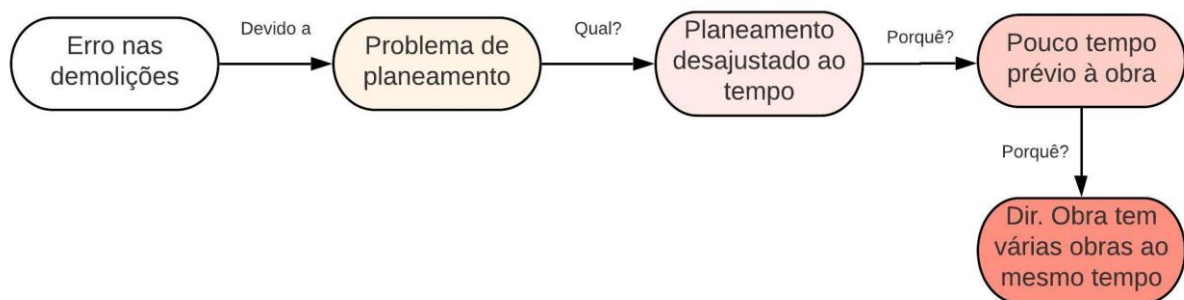


Figura 75 - Esquema do caminho de falha (caso 14).

- **Árvore de Falhas**

O excerto da Árvore de Falhas total encontra-se descrito na figura 76 na página seguinte, com o caminho de falha destacado a vermelho.

- **Estratégia preventiva**

SOL10: Todos os projetos devem ser entregues e analisados pelos profissionais competentes antes da obra ter início, de modo a poder ser realizado todo o planeamento da obra nesta fase.

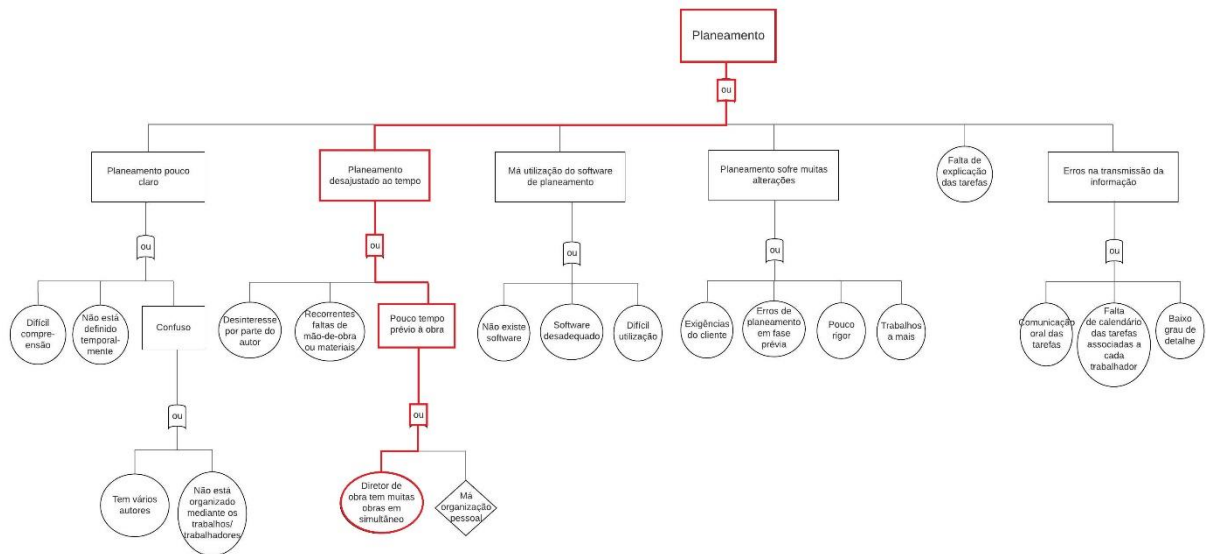


Figura 76 - Excerto da Árvore de Falhas total com o caminho de falha a vermelho (caso 14).

5.9.5. CASO DE ESTUDO 15

- **Descrição da anomalia**

Já na fase de acabamentos da obra, quando foram realizadas as pinturas finais das paredes, o diretor de obra deparou-se com estas pinturas mal executadas, com manchas, riscos nas paredes e pinturas pouco rigorosas, ultrapassando muitas vezes os limites delineados do que era suposto pintar. Era visível a falta de qualidade na execução da tarefa, assim como a falta de brio.

Nas seguintes figuras 77 e 78 estão fotografias elucidativas da não conformidade em causa, nomeadamente a falta de qualidade das pinturas, apesar de não ser imediata a sua compreensão visual.



Figura 78 - Fotografia da falta de qualidade das pinturas.



Figura 77 - Fotografia da falta de qualidade das pinturas.

- **Consequências**

Assim que a anomalia foi detetada, o engenheiro diretor de obra teve de reorganizar as equipas de pinturas, contratando-as novamente, de modo a que as paredes em questão fossem novamente pintadas, desta vez seguindo um controlo mais rigoroso. Foi necessário contratar as equipas de pinturas por dias extra e comprar todo o material necessário para se realizarem as pinturas adequadamente, já que as tintas já teriam sido utilizadas.

Implicações no prazo: Gerou atrasos de 2 dias

Implicações no orçamento: 350€ (valor aproximado)

- **Caminho de falha – identificação de causas**

O erro verificado em obra poderá descrever-se como um “erro na pintura de paredes”, desconsiderando que os trabalhadores não saberiam executar a tarefa, mas sim considerando a desmotivação, falta de qualidade e de brio na execução dos trabalhos como as causas principais. Mediante as entrevistas e reuniões realizadas com os trabalhadores em questão, consegue-se destacar que estes estão desmotivados no trabalho que executam, e como tal não se esforçam por produzir um melhor produto final.

Tal como em alguns casos de estudo demonstrados anteriormente, poderemos questionar até que ponto é possível culpabilizar o engenheiro diretor de obra pela má execução das tarefas atribuídas aos seus trabalhadores. Sendo a tarefa de pinturas relativamente comum nas obras executadas pela empresa, esta equipa já teria realizado tarefas semelhantes em outras obras. Como tal, considera-se que existe uma necessidade de confiança mútua entre os participantes em obra, neste caso engenheiro e pintores, admitindo que os segundos sabem como executar corretamente as pinturas, não o fazendo por questões externas à obra.

O caminho de falha inicia-se tendo em conta um problema de mão-de-obra, que poderá estar associado à falta de qualidade/brio com que os trabalhadores executam o seu trabalho, nomeadamente causado por desleixo ou desinteresse. O esquema do caminho de falha encontra-se na figura 79.

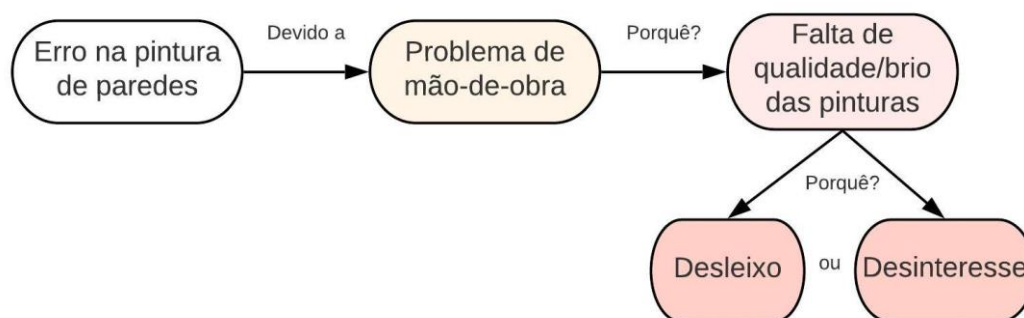


Figura 79 - Esquema do caminho de falha (caso 15).

- **Árvore de Falhas**

O excerto da Árvore de Falhas total encontra-se descrito na figura 80, com o caminho de falha destacado a vermelho.

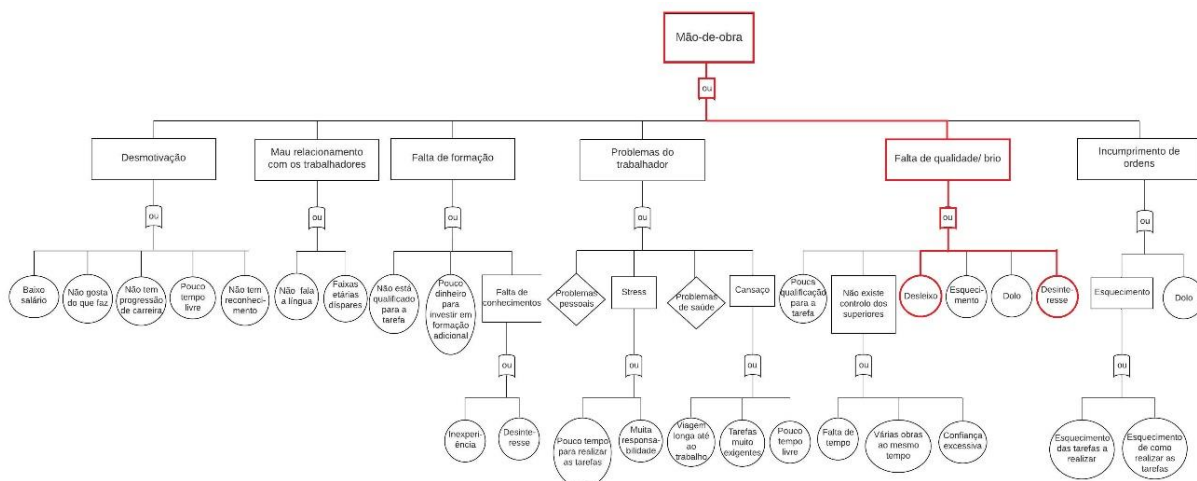


Figura 80 - Excerto da Árvore de Falhas total com o caminho de falha a vermelho (caso 15).

- **Estratégia preventiva**

SOL05: Recomenda-se a introdução de um encarregado em obra, com função de identificar as tarefas e acompanhar a sua execução.

SOL09: Deve implementar-se o controlo da qualidade em fase de execução da obra, realizado por um profissional exclusivo.

SOL11: Devem implementar-se estratégias de acompanhamento e motivação dos trabalhadores.

5.9.6. CASO DE ESTUDO 16

- **Descrição da anomalia**

Durante a limpeza do terraço, já na fase final da obra, a equipa responsável por esta limpeza usava uma máquina específica para limpar o chão. Em determinada altura enquanto executavam esta tarefa partiram o rodapé em dois locais distintos. Na seguinte figura 81 encontra-se uma fotografia da anomalia em estudo, nomeadamente do rodapé partido.



Figura 81 - Fotografia elucidativa do rodapé partido.

- **Consequências**

Como o rodapé estava partido foi necessário proceder à substituição das zonas danificadas.

Implicações no prazo: Gerou atrasos de 1 dia

Implicações no orçamento: 60€ (valor aproximado)

- **Caminho de falha – identificação de causas**

O erro verificado em obra poderá descrever-se como um “erro na limpeza do terraço”, admitindo no entanto que esta limpeza estava bem executada mas danificou os elementos envolventes. Como os trabalhadores utilizavam uma máquina especial para esta limpeza, a falta de cuidado na sua utilização poderá estar na origem da anomalia.

O caminho de falha inicia-se tendo em conta um problema de mão-de-obra, nomeadamente associado à falta de qualidade e brio na execução das tarefas. O objetivo de limpar corretamente o pavimento acabou por danificá-lo, sendo causado então por desleixo por parte dos trabalhadores. O esquema elucidativo deste caminho de falha encontra-se na figura 82.

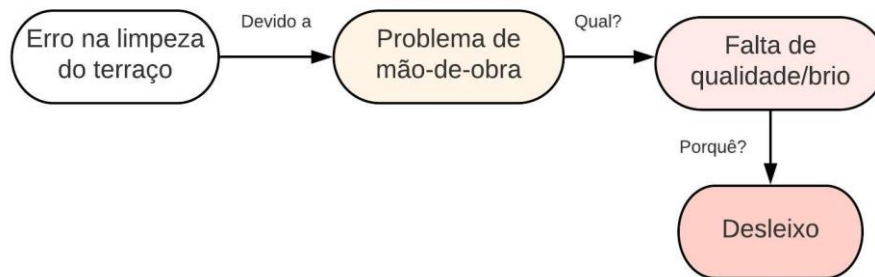


Figura 82 - Esquema do caminho de falha (caso 16).

- **Árvore de Falhas**

O excerto da Árvore de Falhas total encontra-se descrito na seguinte figura 83, com o caminho de falha destacado a vermelho.

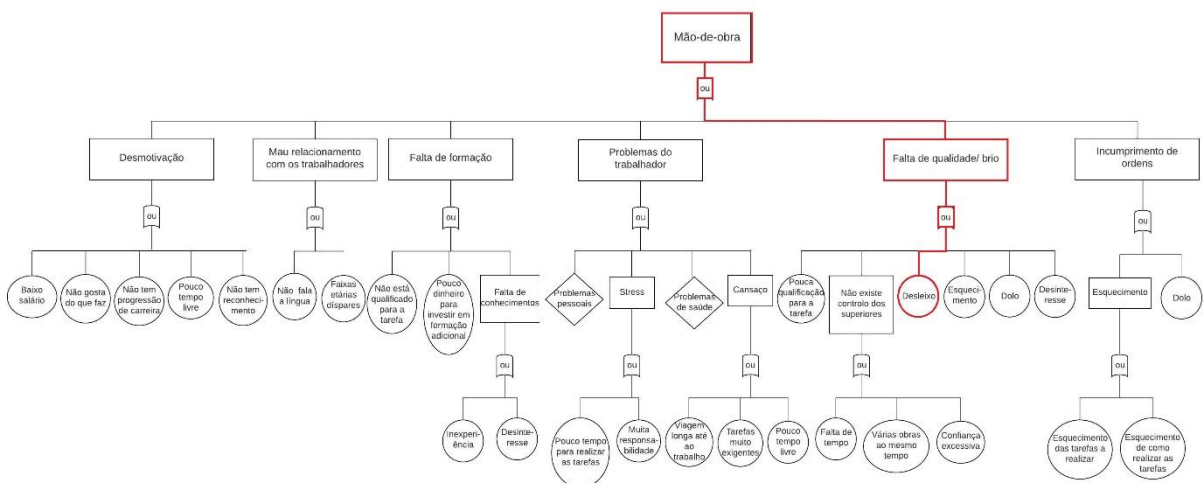


Figura 83 - Excerto da Árvore de Falhas total com o caminho de falha a vermelho (caso 16).

- **Estratégia preventiva**

SOL09: Deve implementar-se o controlo da qualidade em fase de execução da obra, realizado por um profissional exclusivo.

SOL11: Devem implementar-se estratégias de acompanhamento e motivação dos trabalhadores.

5.9.7. CASO DE ESTUDO 17

- **Descrição da anomalia**

Numa fase final da obra foi proposta a alteração da posição de um applique na parede para um outro local, solicitado pelo arquiteto devido a alterações do projeto nesta fase.

- **Consequências**

Para corrigir esta anomalia foi necessário abrir a parede que já estava finalizada de modo a poder reposicionar os cabos de eletricidade, reparar a parede que foi intervencionada, pintar e reposicionar o applique no novo local. Observando-se a seguinte figura 84 percebe-se a execução da medida corretiva.



Figura 84 - Fotografia da mudança de posição do applique na parede.

Implicações no prazo: Gerou atrasos de 0,5 dias

Implicações no orçamento: 50€ (valor aproximado)

- **Caminho de falha – identificação de causas**

O erro verificado em obra poderá descrever-se como uma “alteração ao projeto inicial”. Neste caso de estudo não poderemos classificar a anomalia como um erro no projeto mas sim como uma alteração do projeto numa fase posterior à sua execução. Trata-se de uma anomalia na medida em que foi necessário executar tarefas não planeadas, provocando custos extra. Neste âmbito devem evitar-se alterações

estéticas após o início da obra, exceto quando comprometam a sua funcionalidade. Todas as alterações devem ser realizadas numa fase anterior à obra para que não seja necessário o retrabalho.

O caminho de falha inicia-se tendo em conta um problema de tecnologias construtivas, nomeadamente de adaptação dos processos devido a alterações à última hora. O esquema elucidativo deste caminho de falha encontra-se na figura 85.

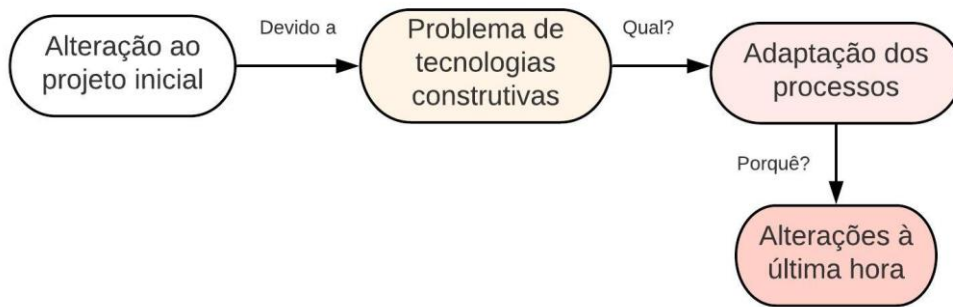


Figura 85 - Esquema do caminho de falha (caso 17).

- **Árvore de Falhas**

O excerto da Árvore de Falhas total encontra-se descrito na seguinte figura 86, com o caminho de falha destacado a vermelho.

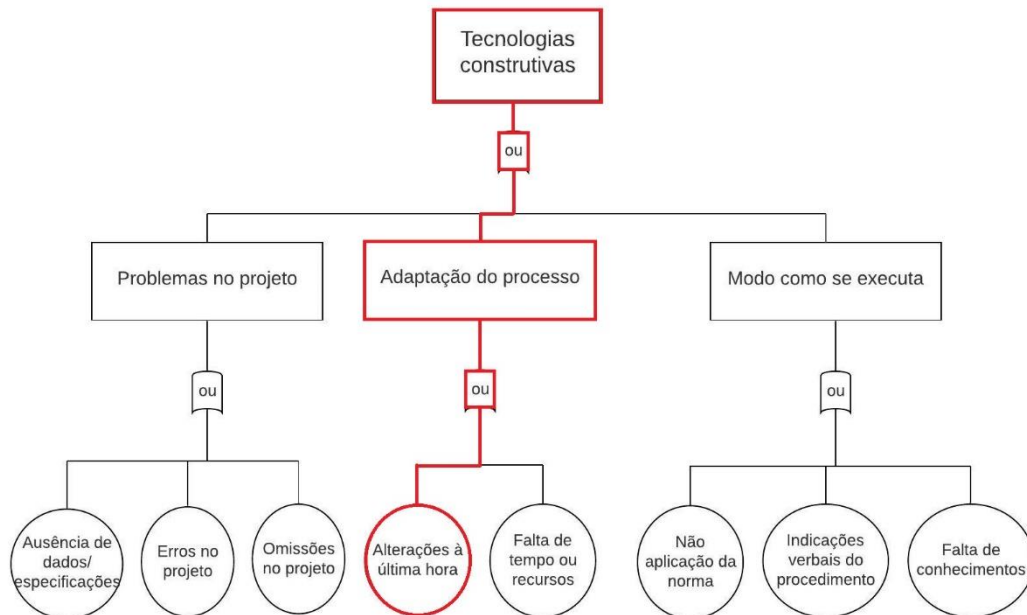


Figura 86 - Excerto da Árvore de Falhas total com o caminho de falha a vermelho (caso 17).

- **Estratégia preventiva**

SOL10: Todos os projetos devem ser entregues e analisados pelos profissionais competentes antes da obra ter início, de modo a poder ser realizado todo o planeamento da obra nesta fase.

5.10. OBRA I

5.10.1. DESCRIÇÃO DA OBRA

Remodelação de espaço comercial – loja de média dimensão contida num estabelecimento comercial. Realizaram-se demolições de paredes, remoção de pavimento vinílico, aplicação de chão novo, pinturas interiores, execução de paredes interiores devidamente reforçadas com estrutura FACAR para suportar peso de futura estantaria e abertura de rasgos para passagem de estruturas elétricas.

Duração da empreitada (segundo o planeamento): 2 meses

Orçamento total: 70 000€

5.10.2. CASO DE ESTUDO 18

- **Descrição da anomalia**

Na fase de execução do pavimento, antes do subempreiteiro fazer a betonilha para colocar no pavimento da loja em questão, este tinha uma junta de dilatação uma laje que provinha de uma galeria. No entanto, a equipa encarregue da execução do pavimento não respeitou esta junta e colocou betonilha em todo o pavimento da loja, ignorando a existência da junta. Deste modo, após alguns dias de se ter tapado a junta com betonilha, o chão começou a estalar e a levantar o cerâmico posteriormente aplicado.

Na figura 87 é possível perceber-se o cerâmico estalado e levantado no local onde deveria existir a junta.



Figura 87 - Fotografia do levantamento do pavimento.

- **Consequências**

Para corrigir esta não conformidade, foi necessário retirar o cerâmico existente (que estava levantado), rasgar todo o pavimento para que se pudesse colocar uma nova junta de dilatação e aplicar novamente o pavimento cerâmico.

Implicações no prazo: Gerou atrasos de 2 dias (estimado pelo autor)

Implicações no orçamento: 300 € (valor estimado pelo autor)

- **Caminho de falha – identificação de causas**

O erro verificado em obra poderá descrever-se como um “erro na tapagem de juntas de dilatação”, já que a equipa responsável pela execução do chão as ignorou e tapou com betonilha. Deste modo advém consequências a nível do pavimento, que terá de mexer, estragando o cerâmico colocado. A tapagem das juntas poderá justificar-se tendo em conta a falta de fiscalização dos trabalhos a realizar, assim como a falta de formação dos executantes do pavimento.

O caminho de falha inicia-se tendo em conta problemas associados às tecnologias construtivas, neste caso específico, no modo como o pavimento foi executado. Tal erro em obra pode-se justificar considerando a falta de conhecimentos dos trabalhadores, admitindo que eles não sabiam que não poderiam tapar a junta de dilatação. O esquema do caminho de falha encontra-se na figura 88.

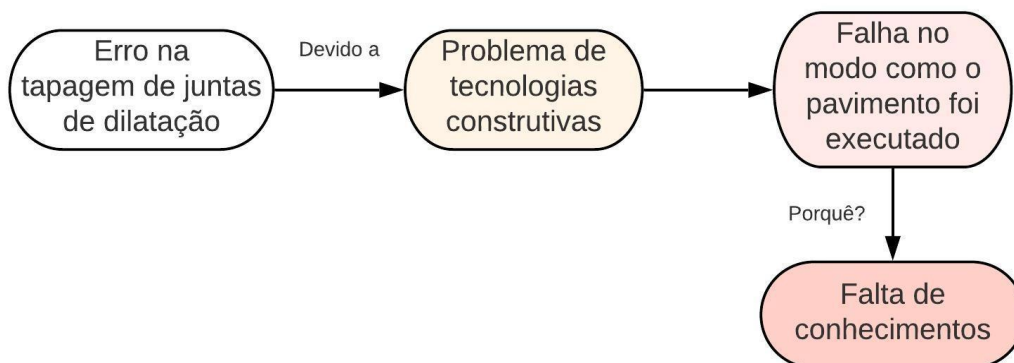


Figura 88 - Esquema do caminho de falha (caso 18).

- **Árvore de Falhas**

O excerto da Árvore de Falhas total encontra-se descrito na figura 89 na página seguinte, com o caminho de falha destacado a vermelho.

- **Estratégia preventiva**

SOL01: Reunião de preparação de obra entre o empreiteiro e o projetista com semanas de antecedência sobre as principais tarefas.

SOL06: O projeto deve estar acessível e a transmissão da informação do projeto deve ser acompanhada do projeto.

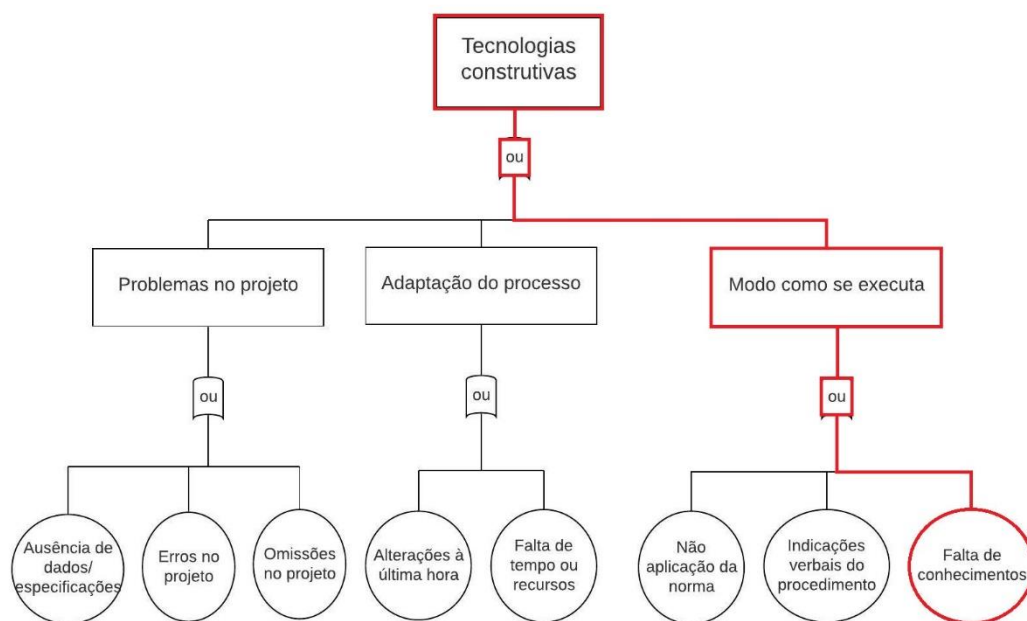


Figura 89 - Excerto da Árvore de Falhas total com o caminho de falha a vermelho (caso 18).

5.10.3. CASO DE ESTUDO 19

- **Descrição da anomalia**

No projeto para a remodelação do espaço comercial em estudo encontrava-se a instalação de seis *sprinklers*. Após a sua colocação, os responsáveis pela instalação do teto falso não perceberam que os *sprinklers* lá instalados deveriam ficar em baixo do teto falso. Então, procederam à sua instalação normal e estes equipamentos ficaram pousados no teto quando deveriam estar visíveis em baixo, na parte exterior, não estando assim aptos para funcionamento em caso de necessidade.

- **Consequências**

Esta falha só foi detetada quando foi necessário recorrer ao funcionamento dos *sprinklers* e estes não realizaram qualquer trabalho. Deste modo, assim que detetado que os *sprinklers* estavam dentro do teto falso, foi necessário reposicioná-los, trazendo-os para baixo.

Implicações no prazo: Gerou atrasos de 1 dia

Implicações no orçamento: Não gerou implicações significativas.

- **Caminho de falha – identificação de causas**

O erro verificado em obra poderá descrever-se como um “erro na instalação do teto falso”, admitindo que a tecnologia construtiva está corretamente executada, no entanto não foi considerada a posição dos *sprinklers*, ignorando que estes deviam estar fora do teto falso e não na parte interior.

O caminho de falha inicia-se tendo em conta um problema de mão-de-obra, nomeadamente a falta de qualidade e brio na execução dos trabalhos. Apesar do teto falso estar corretamente instalado, não foi

da responsabilidade de ninguém tentar compreender se os *sprinklers* deveriam ficar dentro ou fora do teto falso, admitindo portanto uma falta de supervisão por parte dos seus superiores, devido à escassez de tempo. Um esquema ilustrativo do caminho de falha encontra-se na figura 90.

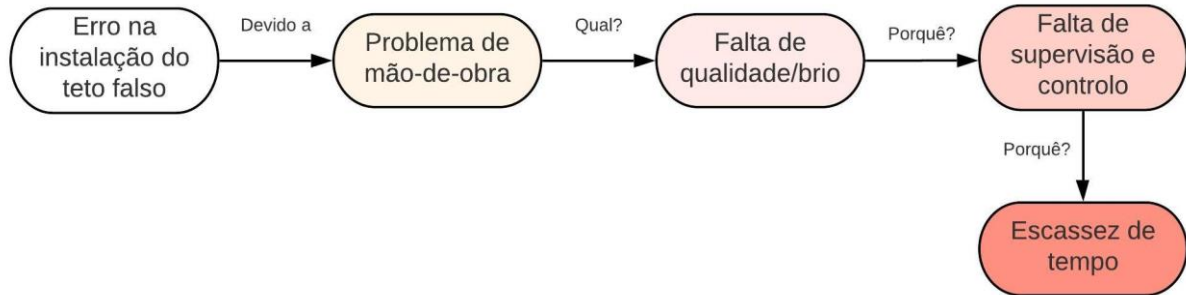


Figura 90 - Esquema do caminho de falha (caso 19).

• **Árvore de Falhas**

O excerto da Árvore de Falhas total encontra-se descrito na seguinte figura 91, com o caminho de falha destacado a vermelho.

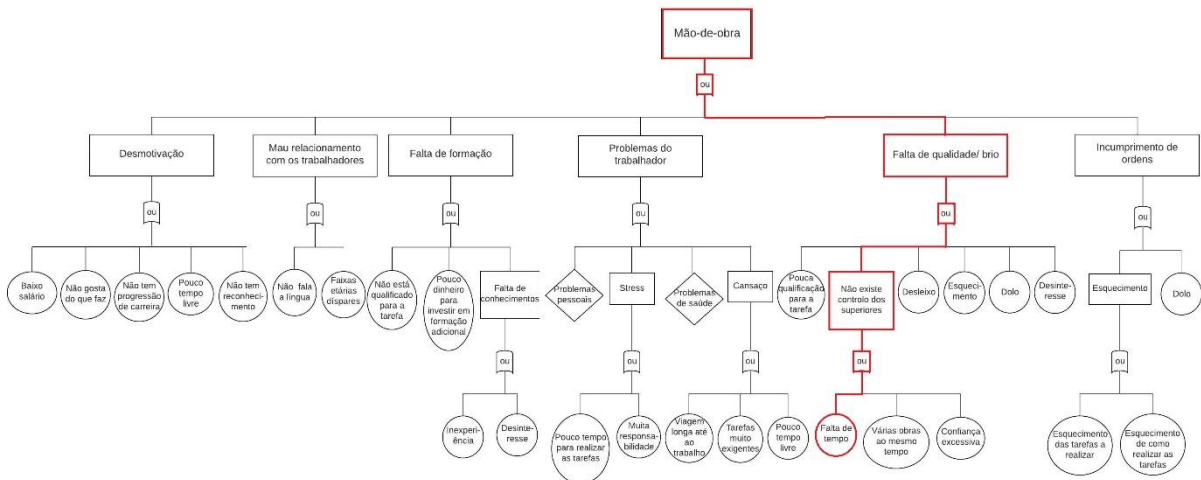


Figura 91 - Excerto da Árvore de Falhas total com o caminho de falha a vermelho (caso 19).

• **Estratégia preventiva**

SOL05: Recomenda-se a introdução de um encarregado em obra, com função de identificar as tarefas e acompanhar a sua execução.

SOL09: Deve implementar-se o controlo da qualidade em fase de execução da obra, realizado por um profissional exclusivo.

SOL10: Todos os projetos devem ser entregues e analisados pelos profissionais competentes antes de a obra ter início, de modo a poder ser realizado todo o planeamento da obra nesta fase.

5.11. OBRA J

5.11.1. DESCRIÇÃO DA OBRA

Obras de reabilitação de um lago. Realizaram-se tarefas como demolições, enchimento e compactação, aplicação de paralelo, trabalhos de eletricidade e execução de um ramal para rega.

Duração da empreitada (segundo o planeamento): 2 meses

Orçamento total: 14 800€

5.11.2. CASO DE ESTUDO 20

- **Descrição da anomalia**

Na instalação de um sumidouro para que se escoe a água da chuva, o sumidouro específico tem umas pernas de fixação, que deveriam estar encastradas no pavimento para que não saísse do sítio. No entanto, o trabalhador que o instalou não cravou essas pernas de fixação no chão, deixando-as horizontalmente, apenas cobrindo com cimento para que não se vissem. Mediante a passagem de carros e pessoas, essas pernas levantaram e o sumidouro ficou solto.

Na seguinte figura 92 é possível observar-se esta não conformidade.



Figura 92 - Fotografia do sumidouro não cravado no pavimento.

- **Consequências**

Para corrigir esta não conformidade apenas foi necessário encastrar e cravar as pernas de fixação do sumidouro no chão, executando a tarefa corretamente.

Implicações no prazo: Gerou atrasos de 0,5 dias

Implicações no orçamento: 50€ (valor aproximado)

• **Caminho de falha – identificação de causas**

O erro verificado em obra poderá descrever-se como um “erro na instalação de um sumidouro” já que o trabalhador responsável pela tarefa não o instalou corretamente. Podemos admitir que este sabia como se deveria instalar um sumidouro e não realizou a tarefa adequadamente por desleixo ou desinteresse.

O caminho de falha inicia-se com um problema de mão-de-obra, nomeadamente na falta de qualidade e de brio na execução dos trabalhos, que poderá ser causada pelo desleixo ou desinteresse do trabalhador na tarefa a executar, considerando a sua simplicidade. O esquema do caminho de falha encontra-se na figura 93.

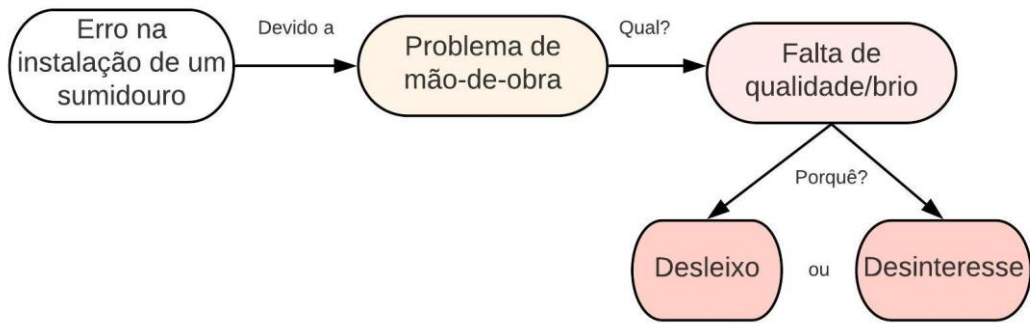


Figura 93 - Esquema do caminho de falha (caso 20).

• **Árvore de Falhas**

O excerto da Árvore de Falhas total encontra-se descrito na seguinte figura 94, com o caminho de falha destacado a vermelho.

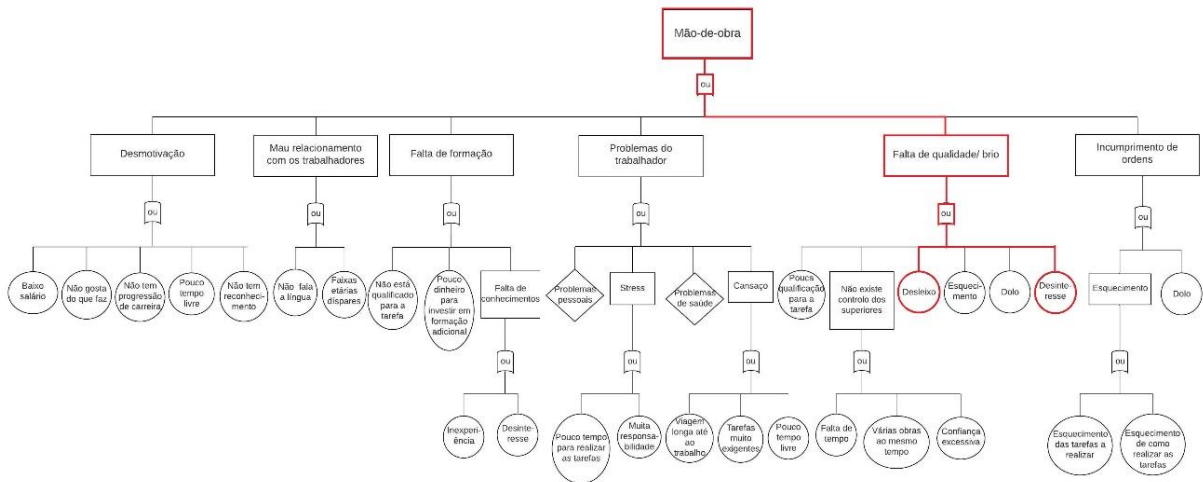


Figura 94 - Excerto da Árvore de Falhas total com o caminho de falha a vermelho (caso 20).

• **Estratégia preventiva**

SOL05: Recomenda-se a introdução de um encarregado em obra, com função de identificar as tarefas e acompanhar a sua execução.

SOL09: Deve implementar-se o controlo da qualidade em fase de execução da obra, realizado por um profissional exclusivo.

SOL11: Devem implementar-se estratégias de acompanhamento e motivação dos trabalhadores.

5.12. OBRA K

5.12.1. DESCRIÇÃO DA OBRA

Remodelação de uma moradia. Foram realizadas tarefas como pinturas de paredes e tetos, instalação de rede de eletricidade, trabalhos de carpintaria e aplicação de loiças sanitárias.

Duração da empreitada (segundo o planeamento): 5 meses

Orçamento total: 88 000€

5.12.2. CASO DE ESTUDO 21

- **Descrição da anomalia**

Na moradia em intervenção numa determinada divisão havia um soalho que seria mantido mas reabilitado, onde o pavimento foi lixado e envernizado já numa fase final da obra. O cliente tinha dentro da habitação um objeto pesado de metal que foi pedido para pintar e mudar o seu sítio para uma outra divisão mais adequada. Ao transportá-lo do sítio inicial para o final, sendo este um objeto muito pesado, marcou o soalho que estava como novo porque a equipa do empreiteiro não protegeu o pavimento adequadamente.

Uma fotografia desta não conformidade encontra-se na seguinte figura 95.



Figura 95 - Fotografia do pavimento marcado devido à falta de proteção.

- **Consequências**

Como o soalho ficou marcado e raspado porque não estava protegido adequadamente, a equipa de trabalhadores teve de voltar a lixar todo o pavimento da divisão e posteriormente envernizá-lo. Ou seja, esta foi uma tarefa realizada duas vezes.

Implicações no prazo: Gerou atrasos de 2 dias

Implicações no orçamento: 500€ (valor aproximado)

- **Caminho de falha – identificação de causas**

O erro verificado em obra poderá descrever-se como um “erro na proteção do pavimento” já que a causa principal da raspagem do chão advém da proteção inadequada do pavimento. Deste modo, se os trabalhadores tivessem protegido o chão corretamente, o impacto do transporte do objeto pesado teria ocorrido na proteção do chão e não no pavimento em si.

Mediante a situação descrita e as entrevistas realizadas, considera-se a existência de dois possíveis caminhos de falhas. O primeiro caminho de falha (A) parte do pressuposto que este é um problema nas tecnologias construtivas, tendo em conta que o transporte do objeto não foi executado corretamente, causado pelas indicações verbais do procedimento ou pela falta de conhecimentos dos trabalhadores em como se executa a tarefa. O esquema associado a este caminho de falha está descrito na figura 96.

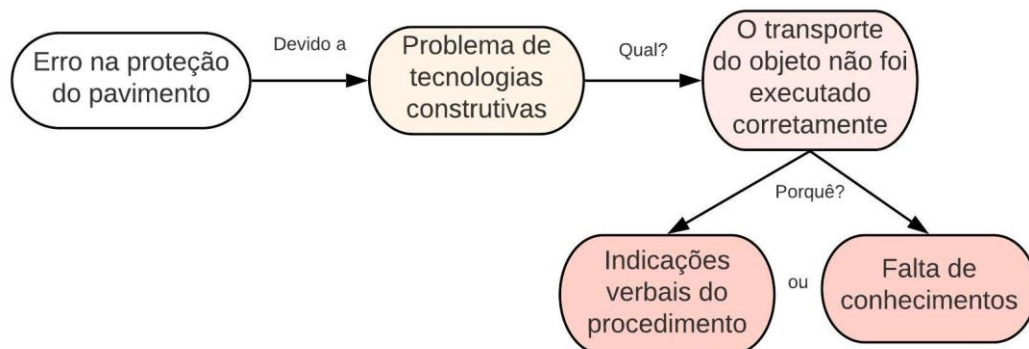


Figura 96 - Esquema do caminho de falha A (caso 21).

O segundo caminho de falha possível (B) descreve-se como um problema de mão-de-obra, nomeadamente tendo em conta a falta de qualidade e de brio na execução dos trabalhos, podendo ser causada pelo desleixo ou esquecimento por parte do trabalhador. Um esquema que descreve este caminho de falha encontra-se na seguinte figura 97.

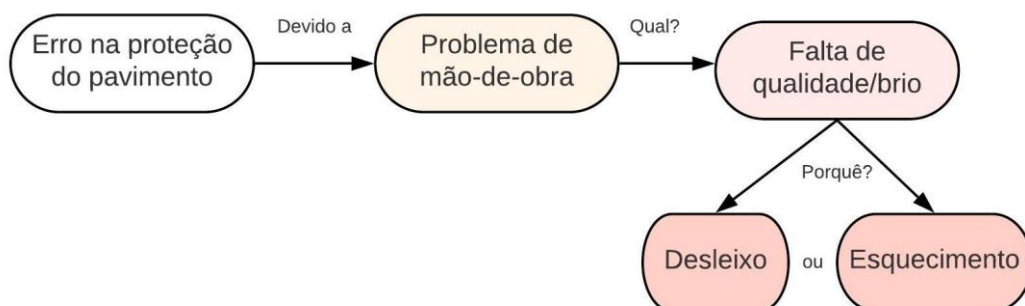


Figura 97 - Esquema do caminho de falha B (caso 21).

• **Árvore de Falhas**

Os excertos da Árvore de Falhas total encontram-se descritos nas seguintes figuras 98 e 99, com os caminhos de falha destacados a vermelho, nomeadamente referentes aos caminhos de falhas A e B, respetivamente.

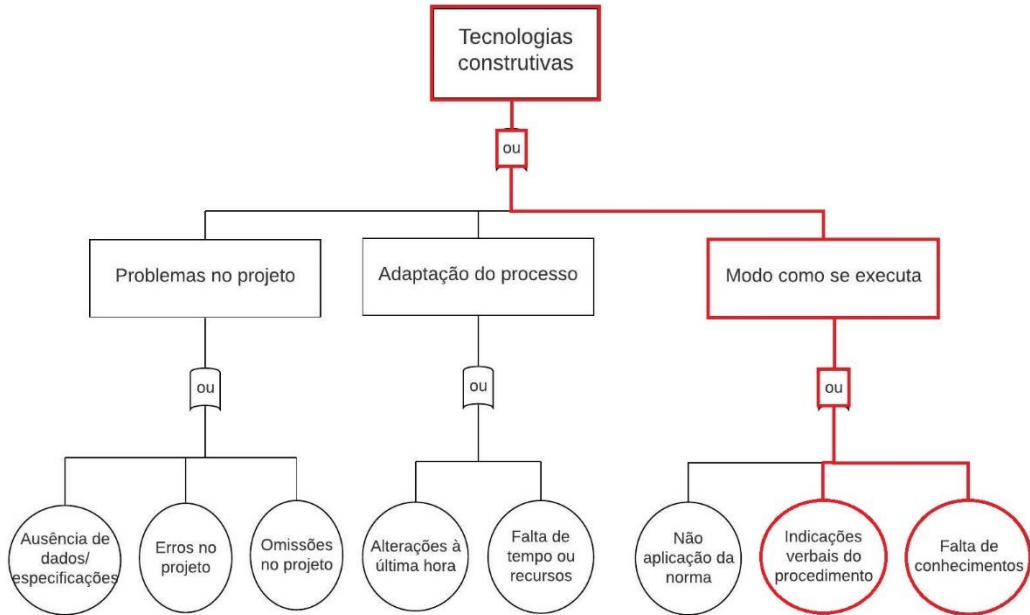


Figura 98 - Excerto da Árvore de Falhas total com o caminho de falha A a vermelho (caso 21).

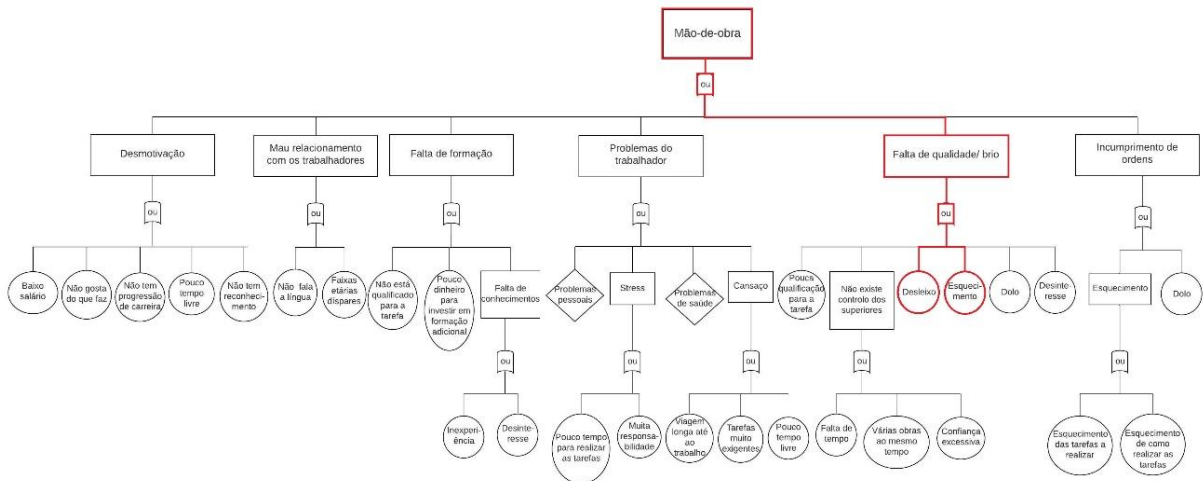


Figura 99 - Excerto da Árvore de Falhas total com o caminho de falha B a vermelho (caso 21).

• **Estratégia preventiva**

SOL05: Recomenda-se a introdução de um encarregado em obra, com função de identificar as tarefas e acompanhar a sua execução.

SOL09: Deve implementar-se o controlo da qualidade em fase de execução da obra, realizado por um profissional exclusivo.

5.12.3. CASO DE ESTUDO 22

- **Descrição da anomalia**

As persianas elétricas da moradia haviam sido instaladas por uma outra equipa independente do empreiteiro, antes do início da obra. Num momento quase final da obra, a equipa do empreiteiro procedeu à testagem do funcionamento destas persianas e algumas delas não estavam a funcionar corretamente, ficando presas na caixa de estore ao desenrolar, estragando algumas réguas, como se observa na figura 100.



Figura 100 - Fotografia da anomalia nas persianas.

- **Consequências**

Para corrigir esta não conformidade foi necessário substituir as réguas que estavam estragadas, em várias persianas da moradia.

Implicações no prazo: Gerou atrasos de 1 dia

Implicações no orçamento: 900€ (valor aproximado)

- **Caminho de falha – identificação de causas**

Neste caso específico não foi possível identificar o primeiro acontecimento que desenrolou a ocorrência desta falha. Admite-se que as persianas funcionavam corretamente antes do início da obra e estima-se a possibilidade da anomalia ter o seu início na fase de instalação do teto falso, podendo interferir com o bom funcionamento das persianas.

O erro verificado em obra poderá descrever-se como um “erro de funcionamento das persianas”, não havendo a informação de que estas funcionavam corretamente antes do início dos trabalhos mas estima-se que a equipa responsável pela sua instalação testou o seu correto funcionamento.

O caminho de falha inicia-se com um problema de mão-de-obra, nomeadamente admitindo a falta de qualidade e brio na execução dos trabalhos, sendo uma possível causa para a não conformidade o desleixo por parte dos trabalhadores. O esquema elucidativo deste caminho de falha encontra-se na figura 101.

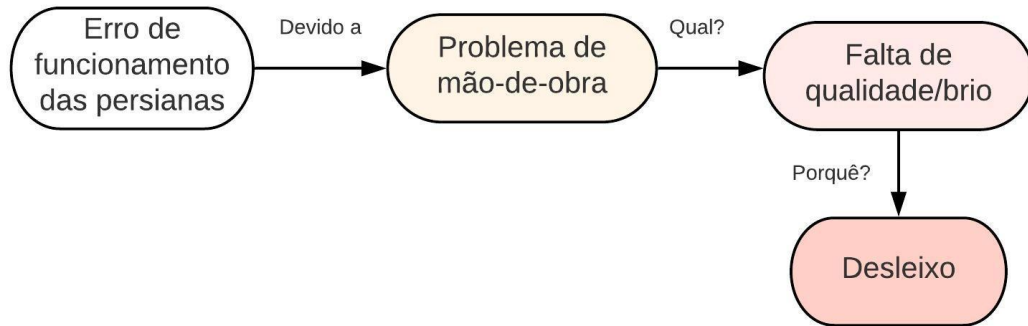


Figura 101 - Esquema do caminho de falha (caso 22).

• **Árvore de Falhas**

O excerto da Árvore de Falhas total encontra-se descrito na seguinte figura 102, com o caminho de falha destacado a vermelho.

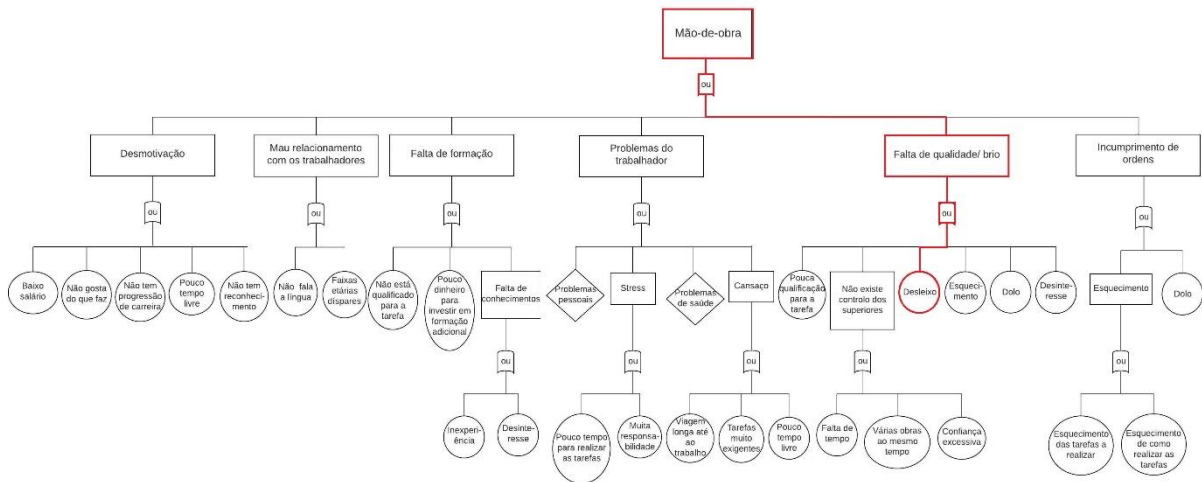


Figura 102 - Excerto da Árvore de Falhas total com o caminho de falha a vermelho (caso 22).

• **Estratégia preventiva**

SOL11: Devem implementar-se estratégias de acompanhamento e motivação dos trabalhadores.

5.13. OBRA L

5.13.1. DESCRIÇÃO DA OBRA

Remodelação de loja de média dimensão contida num estabelecimento comercial, onde se realizou a pintura das paredes e tetos.

Duração da empreitada (segundo o planeamento): 3 dias

Orçamento total: 3 000€

5.13.2. CASO DE ESTUDO 23

- **Descrição da anomalia**

Na tentativa de poupar um dia de trabalho, na fase dos acabamentos, nomeadamente das pinturas de paredes e tetos, os pintores não esperaram o tempo suficiente entre as demãos, pintando por cima de uma camada que ainda estava fresca. Deste modo, as superfícies pintadas ficaram com manchas e apresentavam uma fraca qualidade do produto final.

- **Consequências**

Para reparar esta não conformidade, foi necessário repintar todas as superfícies afetadas, provocando não só custos extra mas também atrasos na entrega da obra.

Implicações no prazo: Gerou atrasos de 1 dia

Implicações no orçamento: 200€ (valor aproximado)

- **Caminho de falha – identificação de causas**

Através das entrevistas realizadas aos intervenientes uma informação relevante foi adquirida: os pintores usualmente ganham por metro quadrado, e não à hora, como é usual. Deste modo, se demorassem mais tempo a pintar determinada superfície não estariam a ganhar mais, mas sim a ganhar o mesmo que se fizessem o trabalho mais rapidamente. Tendo estes conceitos em consideração, quanto mais rápido os trabalhadores terminassem as tarefas, mais rapidamente se iriam embora e poderiam ganhar mais dinheiro em outras empreitadas.

O erro verificado em obra poderá descrever-se como um “erro na execução de pinturas”, tendo em conta que a falha verificada em obra passa pelo facto de os trabalhadores não terem esperado o tempo suficiente para a secagem das demãos, descuidando no brio profissional.

O caminho de falha inicia-se tendo em conta um problema de gestão, nomeadamente de gestão de equipas. Sendo o diretor de obra o único responsável pelo controlo das tarefas em obra, e admitindo que existem diversas equipas a realizar tarefas simultaneamente, este não terá tempo suficiente para controlar todos os pormenores das suas execuções. Adicionalmente, os diretores de obra estão encarregues de várias obras ao mesmo tempo, o que será também uma causa destes problemas de gestão. Um esquema que mostra o caminho de falha está descrito na figura 103.

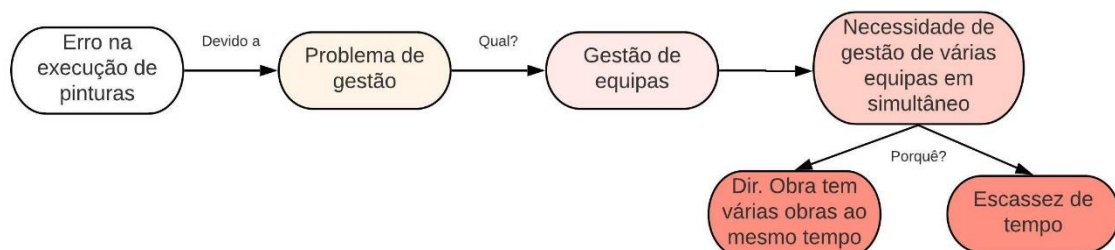


Figura 103 - Esquema do caminho de falha (caso 23).

- **Árvore de Falhas**

O excerto da Árvore de Falhas total encontra-se descrito na seguinte figura 104, com o caminho de falha destacado a vermelho.

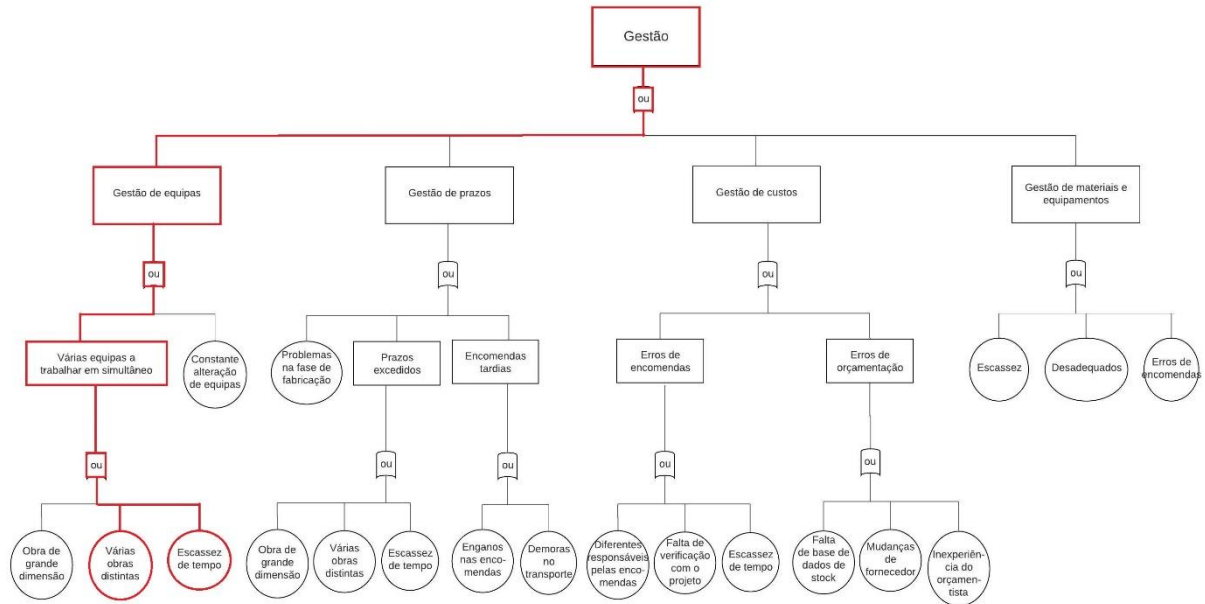


Figura 104 - Excerto da Árvore de Falhas total com o caminho de falha a vermelho (caso 23).

- **Estratégia preventiva**

SOL05: Recomenda-se a introdução de um encarregado em obra, com função de identificar as tarefas e acompanhar a sua execução.

SOL09: Deve implementar-se o controlo da qualidade em fase de execução da obra, realizado por um profissional exclusivo.

5.14. OBRA M

5.14.1. DESCRIÇÃO DA OBRA

Remodelação de um estabelecimento de ensino. Nesta obra realizaram-se tarefas como a aplicação de tetos falsos acústicos, pinturas de paredes e tetos, trabalhos de eletricidade e aplicação revestimentos vinílicos.

Duração da empreitada (segundo o planeamento): 2 meses

Orçamento total: 129 000€

5.14.2. CASO DE ESTUDO 24

- **Descrição da anomalia**

Na zona do teto onde se instalaram as armaduras de iluminação, a equipa responsável pela instalação da rede de eletricidade transmitiu ao diretor de obra a necessidade de haver um reforço do teto para melhor suportar o peso extra. O empreiteiro executou o reforço do teto como achou que seria coerente. No

entanto, os suportes ficaram pousados diretamente sobre as placas de gesso cartonado, e com o peso e o decorrer do tempo, as placas começaram a descair e ondular.

- **Consequências**

Deveria ter sido aplicado, paralelamente ao lado das armaduras, um montante metálico para que os suportes das armaduras não ficassem pousados no teto falso mas sim nessa estrutura. Como não se colocaram esses montantes, os suportes ficaram pousados diretamente sobre as placas de gesso cartonado. Deste modo foi necessário desmontar as armaduras e implementar um suporte diferente diretamente no teto real, para que o peso das armaduras não ficasse sobre o teto falso.

Implicações no prazo: Gerou atrasos de 2 dias

Implicações no orçamento: 200€ (valor aproximado)

Na seguinte figura 105 encontra-se uma fotografia do teto falso instalado.



Figura 105 - Fotografia do teto falso aplicado na obra em questão.

- **Caminho de falha – identificação de causas**

Neste caso de estudo, a anomalia detetada incide sobretudo na falta de comunicação entre as diferentes equipas, devendo existir um elemento de ligação entre as mesmas e não se estabelecerem alterações entre si, sem estas serem aprovadas por uma entidade. A equipa responsável pela instalação da rede de eletricidade admitiu a necessidade de haver um reforço do teto falso, prevendo tal acontecimento. No entanto, como não existia um intermediário da informação, que controlasse tecnicamente os trabalhos a serem executados, os trabalhadores executaram o que achavam ser o correto.

O erro verificado em obra poderá descrever-se como um “erro no reforço do teto falso”, admitindo que a equipa responsável pela sua execução, mediante uma alteração proposta pela equipa da eletricidade, não teve supervisão e instalou o que achou coerente para o caso. Admite-se também que os trabalhadores não têm obrigação de saber o que devem executar perante determinadas alterações, mas sim uma entidade competente que verifique as tarefas.

O caminho de falha inicia-se com um problema de tecnologias construtivas, nomeadamente no modo como as tarefas são executadas. A falta de conhecimentos por parte da equipa de trabalhadores poderá estar na origem da anomalia detetada. Assim, existindo várias equipas a trabalhar em simultâneo, o diretor de obra sendo o único responsável pela coordenação das equipas de mão-de-obra não terá tempo suficiente para tudo controlar. O esquema do caminho de falha está na figura 106.

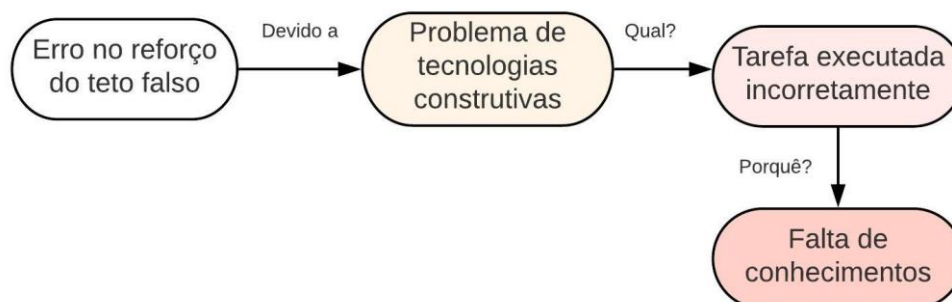


Figura 106 - Esquema do caminho de falha (caso 24).

• **Árvore de Falhas**

O excerto da Árvore de Falhas total encontra-se descrito na seguinte figura 107, com o caminho de falha destacado a vermelho.

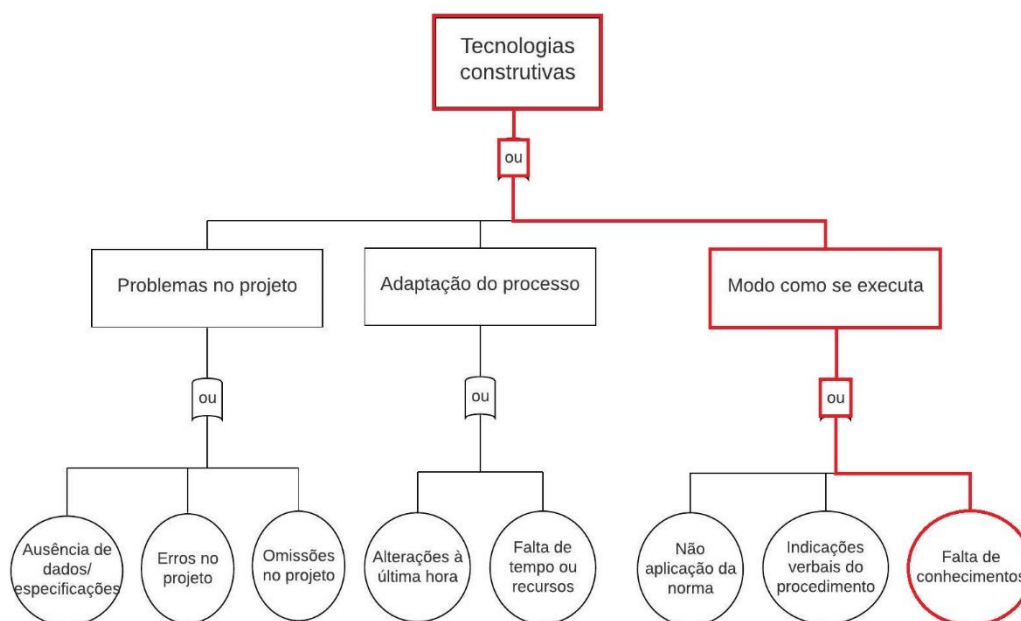


Figura 107 - Excerto da Árvore de Falhas total com o caminho de falha a vermelho (caso 24).

• **Estratégia preventiva**

SOL05: Recomenda-se a introdução de um encarregado em obra, com função de identificar as tarefas e acompanhar a sua execução.

SOL07: As alterações propostas pelo empreiteiro têm de ser primeiramente aprovadas pelo projetista antes de serem executadas.

5.14.3. CASO DE ESTUDO 25

- **Descrição da anomalia**

Na demolição de uma parede, o piso entre duas salas adjacentes (que passou a ser uma sala aberta) tinha um desnível considerável - cerca de 3cm. Para disfarçar este desnível foi necessário picar uma faixa de um metro de largura para cada lado da parede e cerca de 5cm de profundidade, voltando a encher posteriormente com massas, de modo a "rampear" muito discretamente esse desnível.

A não conformidade verificada neste caso de estudo tem em conta que as massas não foram corretamente aplicadas, pois não aderiram à laje e assim não se pôde aplicar de seguida o revestimento do pavimento. Uma fotografia que mostra esta conformidade está na figura 108.

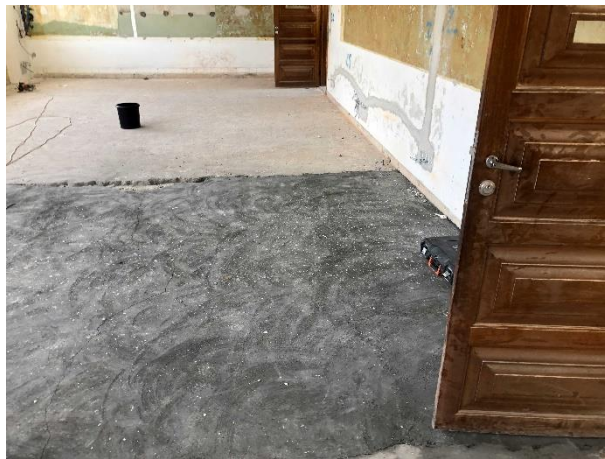


Figura 108 - Fotografia da laje do pavimento.

- **Consequências**

De modo a corrigir esta anomalia foi necessário remover as massas aplicadas incorretamente e voltar a aplicar novas, mas desta vez com o método de aplicação correto, de modo a que fosse possível revestir posteriormente o pavimento.

Implicações no prazo: Gerou atrasos de 3 dias

Implicações no orçamento: 600€ (valor aproximado)

A figura 109 na página seguinte tem representada a medida corretiva da anomalia.



Figura 109 - Fotografia da correção do pavimento.

- **Caminho de falha – identificação de causas**

O erro verificado em obra poderá descrever-se como um “erro na execução do pavimento”, tendo em conta que poderá advir de erros nas tecnologias construtivas da execução do pavimento. Neste caso de estudo não haverá maneiras possíveis de se divergir nas causas iniciais já que a falha em obra consiste na errada execução do pavimento, não por indicações erradas mas por erros na aplicação dos procedimentos.

O caminho de falha inicia-se com um problema de tecnologias construtivas, nomeadamente no modo como se executou o pavimento, admitindo que a não conformidade verificada advém da não aplicação da norma ou da falta de conhecimentos dos procedimentos em questão. O esquema do caminho de falha encontra-se na figura 110.

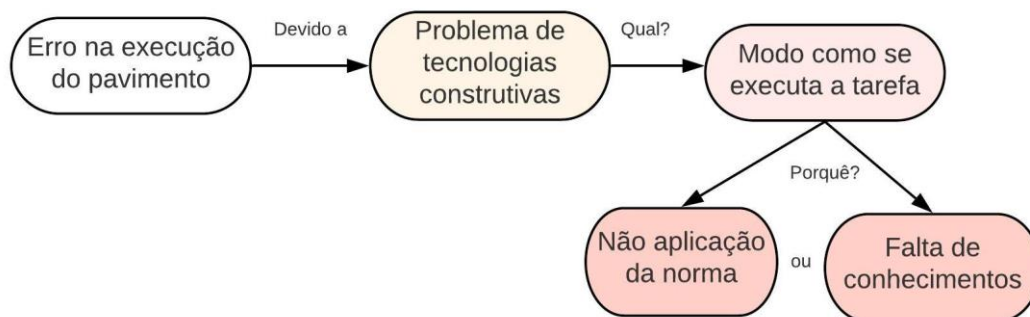


Figura 110 - Esquema do caminho de falha (caso 25).

- **Árvore de Falhas**

O excerto da Árvore de Falhas total encontra-se descrito na seguinte figura 111, com o caminho de falha destacado a vermelho.

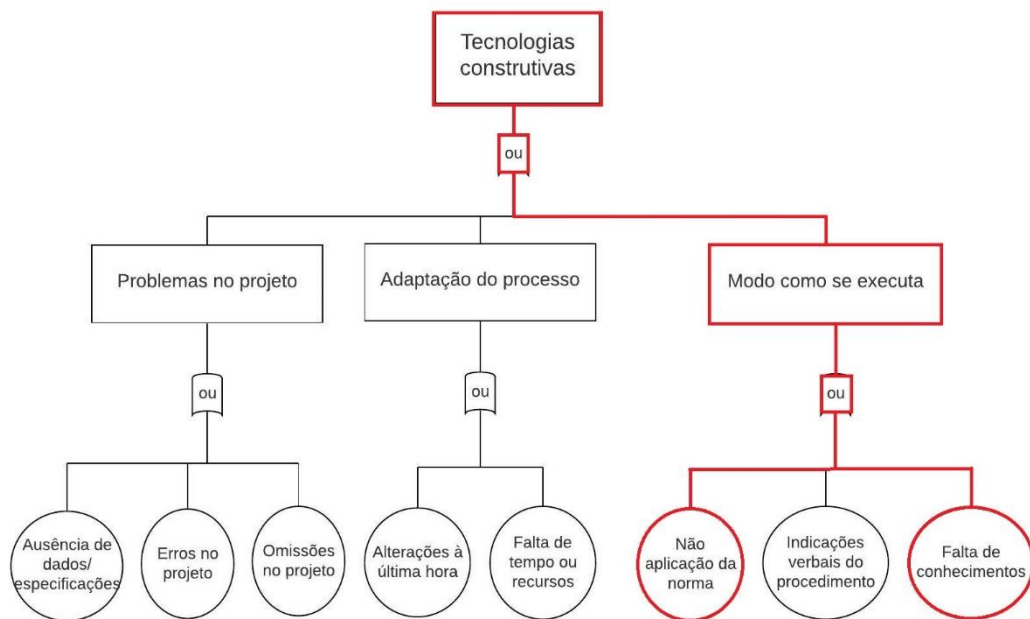


Figura 111 - Excerto da Árvore de Falhas total com o caminho de falha a vermelho (caso 25).

- **Estratégia preventiva**

SOL05: Recomenda-se a introdução de um encarregado em obra, com função de identificar as tarefas e acompanhar a sua execução.

SOL07: As alterações propostas pelo empreiteiro têm de ser primeiramente aprovadas pelo projetista antes de serem executadas.

5.14.4. CASO DE ESTUDO 26

- **Descrição da anomalia**

Na fase da orçamentação o responsável pela elaboração do orçamento deu um preço para a aplicação de 200m² de gesso cartonado pois esta era a informação que lhe havia sido transmitida. No entanto, na fase de execução de obra, a equipa do empreiteiro percebeu que seriam necessários 270m² de gesso cartonado e não os 200m² previstos. De acordo com a informação transmitida, no projeto estavam descritos 270m² de gesso cartonado e no mapa de quantidades 200m², havendo então uma incoerência da informação.

- **Consequências**

Para se corrigir a anomalia verificada foi necessário fazer remedições em obra, discutindo qual o valor real necessário de gesso cartonado a aplicar. O valor correto foi maior do que o orçamentado e foi necessário aplicar a quantidade adequada à realidade, havendo uma ultrapassagem do orçamento.

Implicações no prazo: Gerou atrasos de 1 a 2 dias (estimado pelo autor)

Implicações no orçamento: 175€ (valor estimado pelo autor)

• **Caminho de falha – identificação de causas**

Como referido, no projeto estavam descritos 270m² de gesso cartonado e no mapa de quantidades 200m². Tal informação não foi verificada pelas entidades competentes e, como tal, as incoerências da informação disponibilizada levaram a atrasos temporais e implicações orçamentais.

O erro verificado em obra poderá descrever-se como um “erro de medições”. Neste caso de estudo admite-se que a obra foi orçamentada por preço global e nestas situações o empreiteiro deverá refazer todas as medições para que se evitem tais situações.

O caminho de falha inicia-se com um problema de gestão, especificamente de gestão de custos. A não conformidade em causa poderá advir de um problema de encomendas, tendo em conta a não verificação da informação com o projeto. O esquema do caminho de falha encontra-se na figura 112.

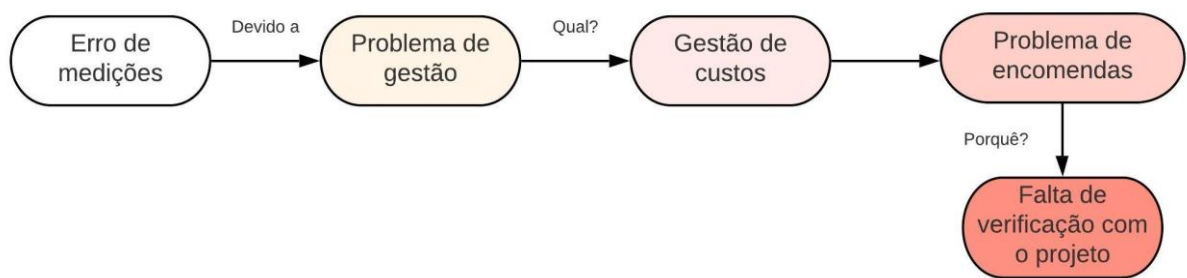


Figura 112 - Esquema do caminho de falha (caso 26).

• **Árvore de Falhas**

O excerto da Árvore de Falhas total encontra-se descrito na seguinte figura 113, com o caminho de falha destacado a vermelho.

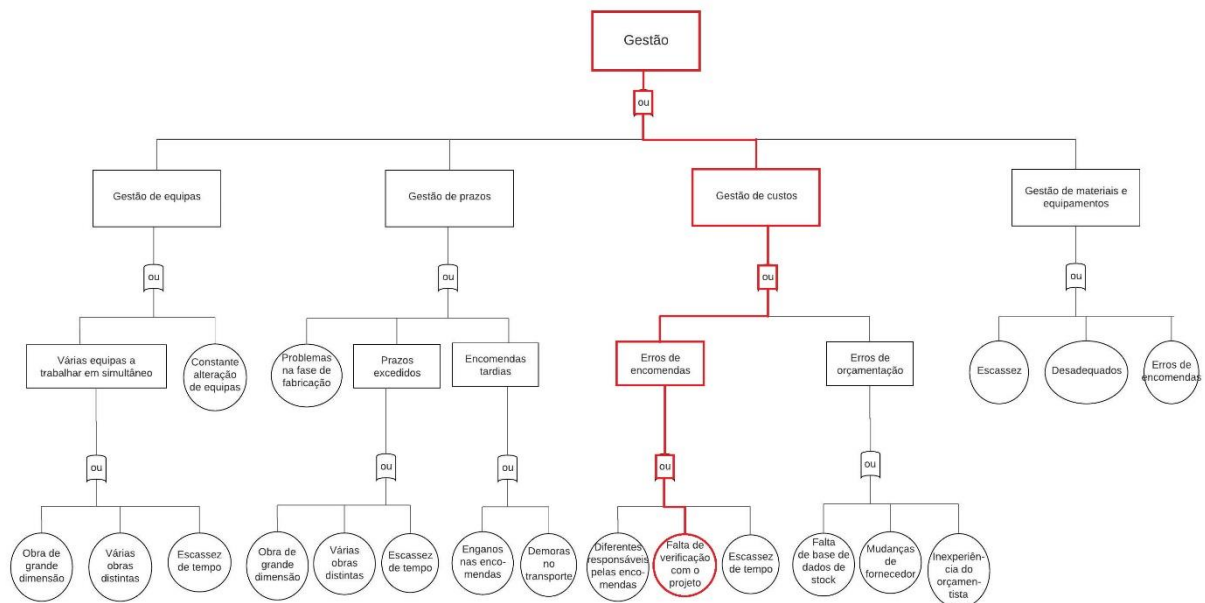


Figura 113 - Excerto da Árvore de Falhas total com o caminho de falha a vermelho (caso 26).

- **Estratégia preventiva**

SOL12: Nas obras orçamentadas por preço global devem realizar-se remedições, de modo a evitar-se custos extra provocados pelas incoerências entre o projeto e a realidade.

5.15. OBRA N

5.15.1. DESCRIÇÃO DA OBRA

Ampliação e remodelação de Clínica Fisiátrica. Realizaram-se trabalhos de paredes e tetos em gesso cartonado, aplicação de revestimentos vinílicos em pavimentos e paredes, trabalhos de pinturas, trabalhos de carpintarias, instalação de nova rede de eletricidade e de ar condicionado.

Duração da empreitada (segundo o planeamento): 2 meses

Orçamento total: 147 000€

5.15.2. CASO DE ESTUDO 27

- **Descrição da anomalia**

Durante a fase final da obra quando estavam a ser realizadas as pinturas dos tetos e das paredes, em alguns casos, as paredes e os tetos teriam cores diferentes e portanto havia uma necessidade acrescida de rigor neste trabalho. No final das pinturas, quando o engenheiro diretor de obra verificou a qualidade dos trabalhos, percebeu que as arestas entre as paredes e os tetos estavam imperfeitas em diversas zonas e em algumas zonas pontuais as paredes estavam mal emassadas, o que levou a uma fraca qualidade na do produto final. Nas figuras 114 e 115 consegue-se visualizar estas anomalias em mais detalhe.



Figura 114 - Fotografia da aresta entre teto e parede.

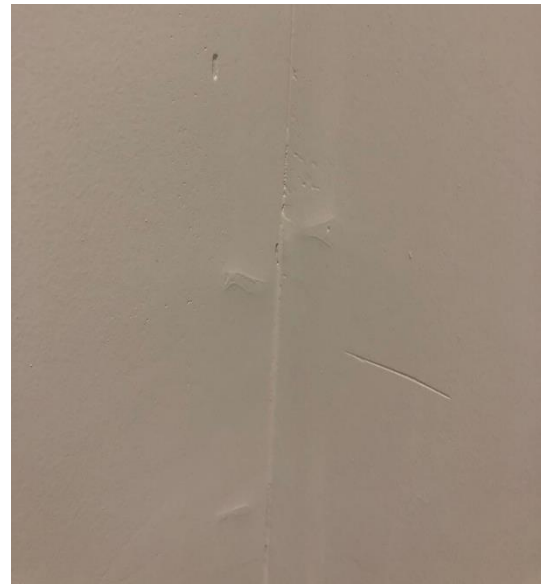


Figura 115 - Fotografia da parede com riscos e mal emassada.

- **Consequências**

Para corrigir estas não conformidades associadas à falta de qualidade das pinturas foi necessário reorganizar as equipas de pinturas, contratando-as novamente, de modo a que as paredes e tetos em questão fossem novamente pintadas, desta vez seguindo um controlo mais rigoroso, passar o fio de massa acrílica nas arestas em questão de modo a torna-las alinhadas e voltar a pintar as zonas adjacentes.

Implicações no prazo: Gerou atrasos de 4 dias

Implicações no orçamento: 800 € (valor aproximado)

- **Caminho de falha – identificação de causas**

O erro verificado em obra poderá descrever-se como um “erro nas pinturas”, algo similar ao caso de estudo 15 desconsiderando que os trabalhadores não saberiam executar a tarefa, mas sim considerando a desmotivação, falta de qualidade e de brio na execução dos trabalhos como as causas principais. Mediante as entrevistas e reuniões realizadas com os trabalhadores em questão, consegue-se destacar que estes estão desmotivados no trabalho que executam, e como tal não se esforçam por produzir um melhor produto final.

O caminho de falha inicia-se tendo em conta um problema de mão-de-obra, que poderá estar associado à falta de qualidade/brio com que os trabalhadores executam o seu trabalho, nomeadamente causado por desleixo ou desinteresse. O esquema do caminho de falha encontra-se na figura 116.

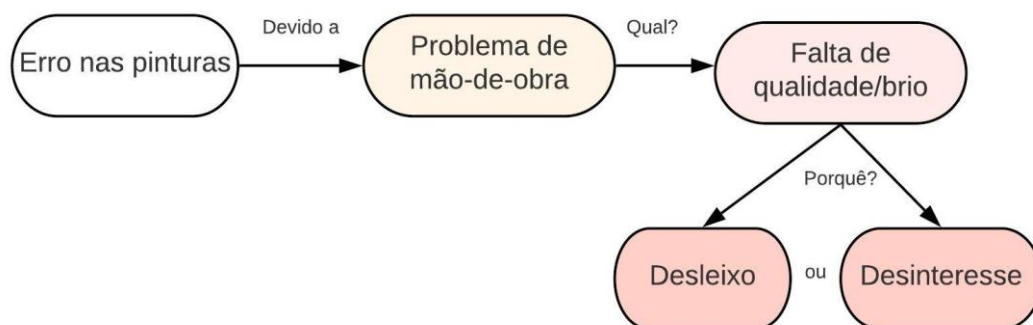


Figura 116 - Esquema do caminho de falha (caso 27).

- **Árvore de Falhas**

O excerto da Árvore de Falhas total encontra-se descrito na figura 117 na página seguinte, com o caminho de falha destacado a vermelho.

- **Estratégia preventiva**

SOL05: Recomenda-se a introdução de um encarregado em obra, com função de identificar as tarefas e acompanhar a sua execução.

SOL09: Deve implementar-se o controlo da qualidade em fase de execução da obra, realizado por um profissional exclusivo.

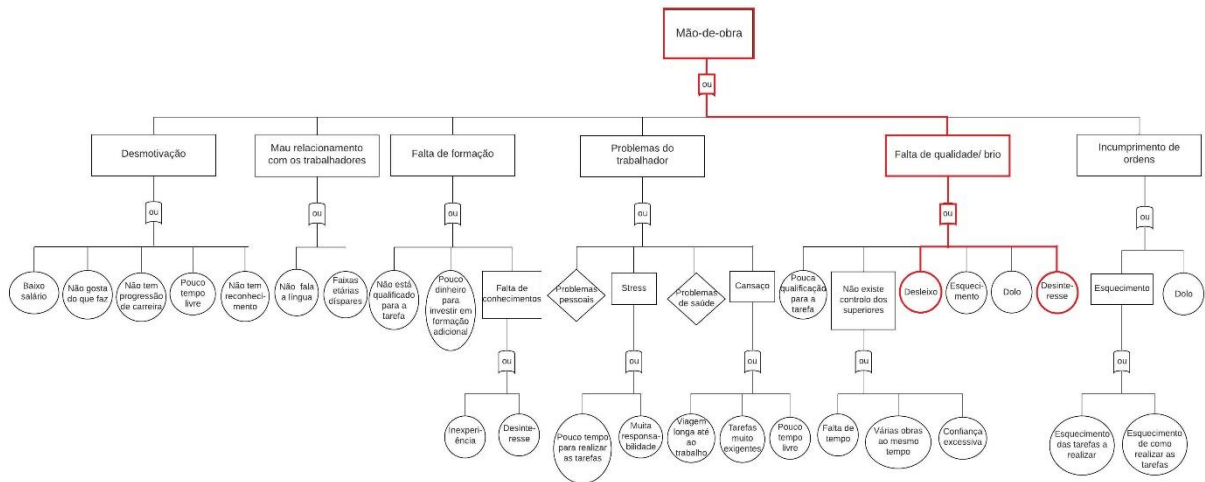


Figura 117 - Excerto da Árvore de Falhas total com o caminho de falha a vermelho (caso 27).

5.15.3. CASO DE ESTUDO 28

- **Descrição da anomalia**

Numa divisão da clínica em intervenção a laje existente apresentava algumas fissuras que somente foram notadas em fase de execução de obra e que poderiam ser prejudiciais à boa aplicação do pavimento vinílico, admitindo que a sua existência poderia causar o consequente empolamento do pavimento. No entanto, em obra tomou-se a decisão de nada se fazer neste âmbito, prosseguindo-se a aplicação do pavimento. Como expectável, o pavimento vinílico empolou em algumas zonas.

- **Consequências**

Como o pavimento estava empolado devido à existência de fissuras foi necessário corrigir esta não conformidade através da aplicação de uma tela sob o pavimento vinílico.

Implicações no prazo: Gerou atrasos de 1 dia

Implicações no orçamento: 2500€ (valor aproximado)

- **Caminho de falha – identificação de causas**

O erro verificado em obra poderá descrever-se como “erro na execução do pavimento”, partindo do pressuposto que o empreiteiro tomou a decisão de não corrigir as fissuras sem consultar o projetista desta necessidade.

O caminho de falha inicia-se com um problema de tecnologias construtivas, nomeadamente na adaptação do processo construtivo. O engenheiro diretor de obra, apesar de ter conhecimento da presença das fissuras no pavimento, achou que não haveria necessidade de as corrigir, ignorando a possibilidade de ocorrência de anomalias futuras. Tal poderá justificar-se pela falta de tempo para a

execução da obra, já que os prazos admitidos pela empresa construtora são sempre bastante competitivos. O esquema elucidativo deste caminho de falha encontra-se na figura 118.

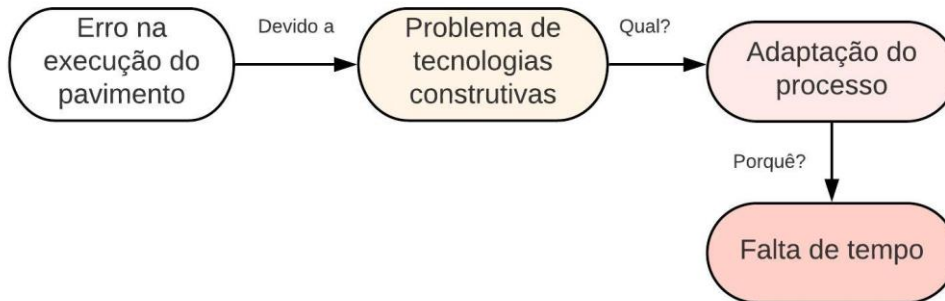


Figura 118 - Esquema do caminho de falha (caso 28).

- **Árvore de Falhas**

O excerto da Árvore de Falhas total encontra-se descrito na seguinte figura 119, com o caminho de falha destacado a vermelho.

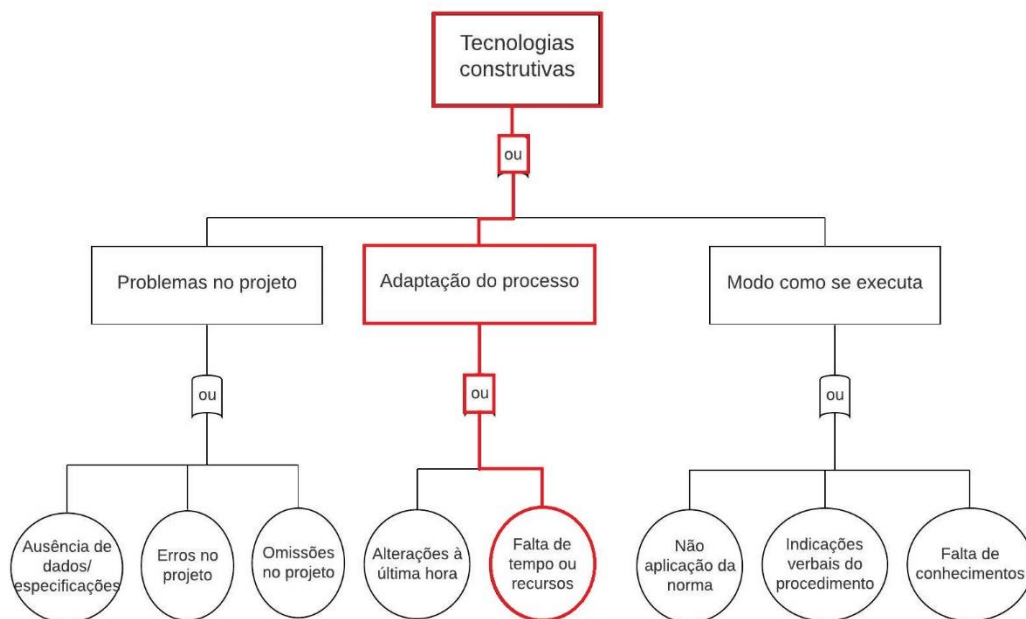


Figura 119 - Excerto da Árvore de Falhas total com o caminho de falha a vermelho (caso 28).

- **Estratégia preventiva**

SOL07: As alterações propostas pelo empreiteiro têm de ser primeiramente aprovadas pelo projetista antes de serem executadas.

5.15.4. CASO DE ESTUDO 29

- **Descrição da anomalia**

Novamente referente ao pavimento aplicado na obra, este sendo um pavimento vinílico é aplicado através de rolos com 2m de largura, pelo que na junção entre rolos são feitas juntas de soldadura. Neste caso não havia desenho de estereotomia do revestimento – onde está explícito como deve ser o resultado final – o aplicador fez como lhe pareceu melhor, também no sentido de aproveitar material. As juntas feitas nas paredes não ficaram alinhadas com as juntas do chão, tal como é possível observar-se na seguinte figura 120.



Figura 120 - Fotografia das juntas no pavimento e parede.

- **Consequências**

Para corrigir esta não conformidade foi necessário arrancar algumas secções do revestimento na parede e cortar alinhado pela junta do chão, e depois voltar a aplicar um novo revestimento vinílico. Foi também necessário emassar as paredes para que o novo revestimento pudesse aderir à mesma.

Na figura 121 apresenta-se a fase em que foi retirado o revestimento da parede para que se pudesse corrigir a anomalia.



Figura 121 - Fotografia da correção da anomalia na parede.

Implicações no prazo: Gerou atrasos de 2 dias

Implicações no orçamento: 400€ (valor aproximado)

- **Caminho de falha – identificação de causas**

Neste caso de estudo a anomalia verificada em obra revela-se tendo em conta uma omissão ao projeto. Como não havia instruções de como deveria ser o aspeto visual do pavimento vinílico e das correspondentes juntas, a equipa responsável pela sua aplicação fez o que lhe pareceu mais coerente, considerando também um aproveitamento do material.

O erro verificado em obra poderá descrever-se como um “erro na aplicação do pavimento”, admitindo que a falta de desenhos de estereotomia fez com que os trabalhadores tomassem uma decisão sem consultar quer os supervisores quer o projetista. Como referido em casos de estudo anteriores, a falta de supervisão da execução das tarefas realizadas pelos trabalhadores e a falta de acompanhamento dos trabalhos provoca erros em obra mediante a necessidade de tomada de decisões. Os trabalhadores não têm obrigação de saber o que decidir em determinadas situações, somente de cumprir as tarefas que lhes são propostas.

Neste caso poderá analisar-se a situação admitindo dois possíveis caminhos de falha. O primeiro caminho de falha (A) inicia-se com um problema de gestão, nomeadamente de gestão de equipas, admitindo que existem diversas equipas a trabalhar em simultâneo e como o engenheiro diretor de obra é o único responsável pela supervisão dos trabalhos, não lhe é possível controlar todos os pormenores. Tal problema poderá advir da escassez de tempo para realizar determinadas tarefas e do facto do engenheiro ter várias obras distintas ao mesmo tempo. O esquema do caminho de falha encontra-se na figura 122.

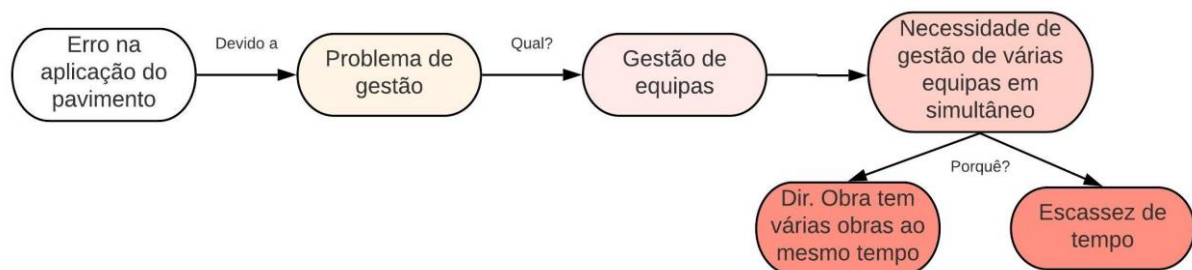


Figura 122 - Esquema do caminho de falha A (caso 29).

De modo similar, o segundo caminho de falha possível (B) inicia-se com um problema de tecnologias construtivas, associado a problemas no projeto. Nesta caso a causa advém de omissões no projeto, nomeadamente de um desenho de pormenor de como deveria estar montado o pavimento vinílico. Admite-se então que os trabalhadores, como não havia informação sobre o modo correto de aplicar, instalaram-no como acharam coerente e de modo a ser mais facilitada a tarefa da aplicação. O esquema do caminho de falha encontra-se na figura 123.

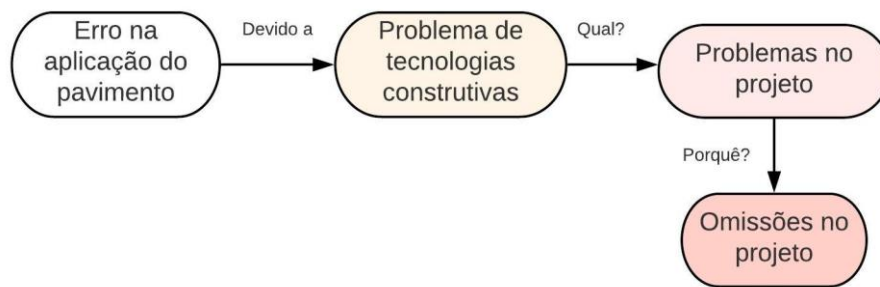


Figura 123 - Esquema do caminho de falha B (caso 29).

- **Árvore de Falhas**

Os excertos da Árvore de Falhas total encontram-se descritos nas figuras 124 de seguida e 125 na página seguinte, com os caminhos de falha destacados a vermelho, nomeadamente referentes aos caminhos de falhas A e B, respetivamente.

- **Estratégia preventiva**

SOL05: Recomenda-se a introdução de um encarregado em obra, com função de identificar as tarefas e acompanhar a sua execução.

SOL07: As alterações propostas pelo empreiteiro têm de ser primeiramente aprovadas pelo projetista antes de serem executadas.

SOL09: Deve implementar-se o controlo da qualidade em fase de execução da obra, realizado por um profissional exclusivo.

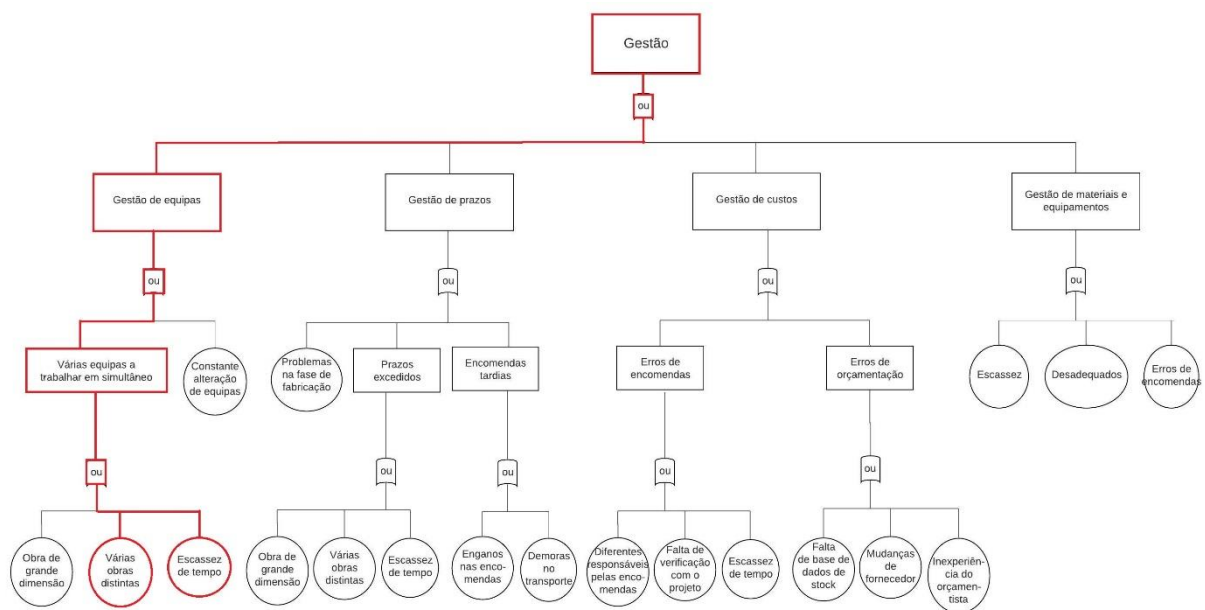


Figura 124 - Excerto da Árvore de Falhas total com o caminho de falha A a vermelho (caso 29).

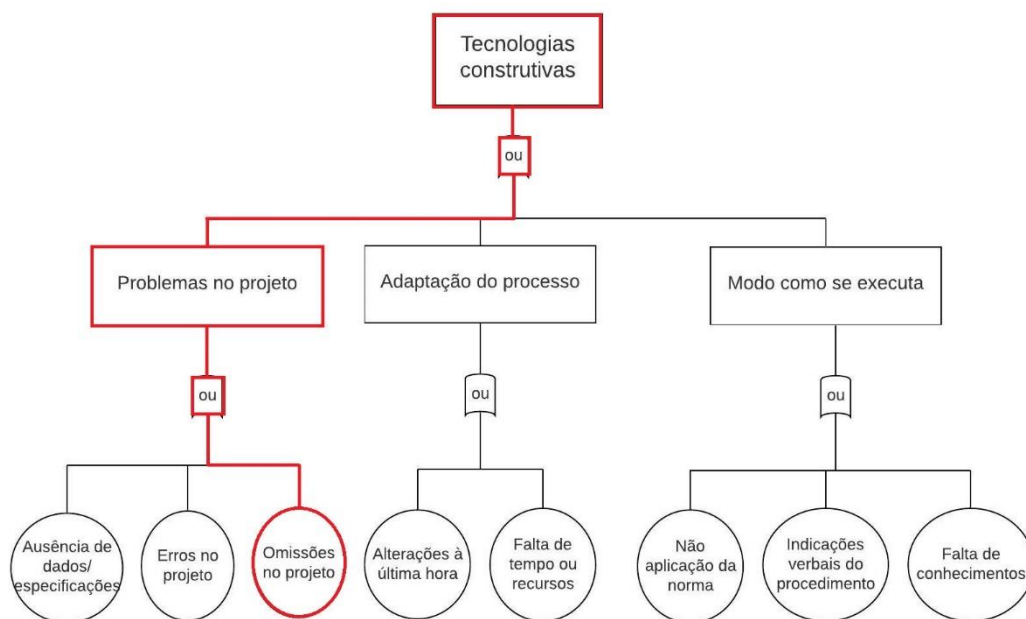


Figura 125 - Excerto da Árvore de Falhas total com o caminho de falha B a vermelho (caso 29).

5.16. OBRA O

5.16.1. DESCRIÇÃO DA OBRA

Remodelação de dois pisos de um edifício habitacional. Realizaram-se demolições de paredes e tetos, remodelação do espaço, trabalhos de carpintaria, pinturas e instalação de rede de eletricidade e AVAC.

Duração da empreitada (segundo o planeamento): 2,5 meses

Orçamento total: 67 000€

5.16.2. CASO DE ESTUDO 30

- **Descrição da anomalia**

Quando foi realizado o projeto e o orçamento para as intervenções no sistema de AVAC, apenas foi considerado uma pequena manutenção, sendo assim estimado um valor e o possível estado do sistema. No entanto, quando as obras se iniciaram, a equipa responsável pela manutenção percebeu que o seu trabalho não seria uma pequena manutenção como o que estava em projeto mas sim uma remodelação quase total pois o sistema de ar condicionado estava praticamente inoperável.

- **Consequências**

Para corrigir a não conformidade verificada foi necessário fazer uma nova avaliação do sistema AVAC, alterando-se o projeto inicial para uma quase remodelação total do sistema em intervenção. Esta falha causou danos graves a nível do orçamento, tendo em conta que se estimou o estado do sistema AVAC quando deveria ter sido feita uma avaliação da realidade. No orçamento inicial contava-se com 300€ para uma “pequena manutenção”, que acabou por se tornar em 10 000€ numa remodelação quase total.

Implicações no prazo: Gerou atrasos de 2 semanas

Implicações no orçamento: 9 700 € (valor aproximado)

- **Caminho de falha – identificação de causas**

O erro verificado em obra poderá descrever-se como um “erro na orçamentação do sistema AVAC”, admitindo que foi estimado o estado do sistema AVAC quando deveria ter sido realizada uma observação e avaliação do estado real do sistema. Assim, foi também estimado um orçamento baseado em suposições, o que levou a atrasos consideráveis e a custos extra elevados.

O caminho de falha inicia-se por um problema de planeamento, nomeadamente por este ser desajustado ao tempo devido ao facto de o engenheiro não ter toda a informação necessária antes de iniciar a obra. Tal justifica-se por existir pouco tempo prévio à execução da mesma, que poderá advir pelo facto de os diretores de obra terem várias obras para gerir simultaneamente. Uma figura ilustrativa deste caminho de falha encontra-se na figura 126 seguinte.

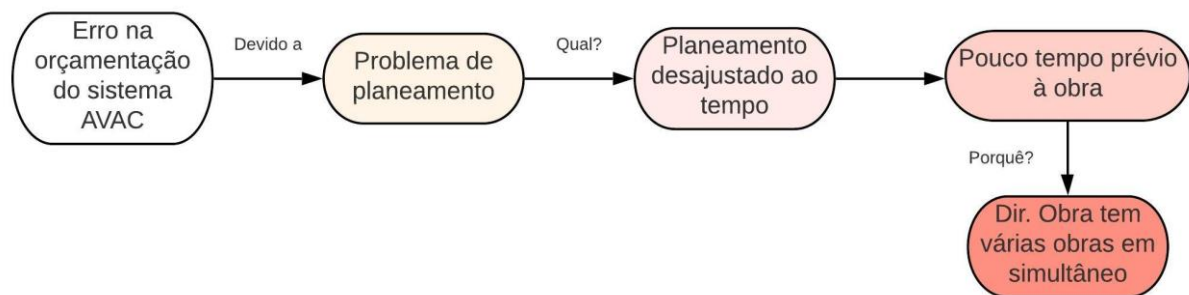


Figura 126 - Esquema do caminho de falha (caso 30).

- **Árvore de Falhas**

O excerto da Árvore de Falhas total encontra-se descrito na figura 127 na página seguinte, com o caminho de falha destacado a vermelho.

- **Estratégia preventiva**

SOL02: Na fase prévia à obra deve ter-se em consideração o planeamento correto do tempo necessário à realização de todas as tarefas.

SOL03: Implementação da utilização de um orçamento de produção, estipulado antes de a obra começar, mediante acordo entre o orçamentista e o diretor de obra.

SOL10: Todos os projetos devem ser entregues e analisados pelos profissionais competentes antes de a obra ter início, de modo a poder ser realizado todo o planeamento da obra nesta fase.

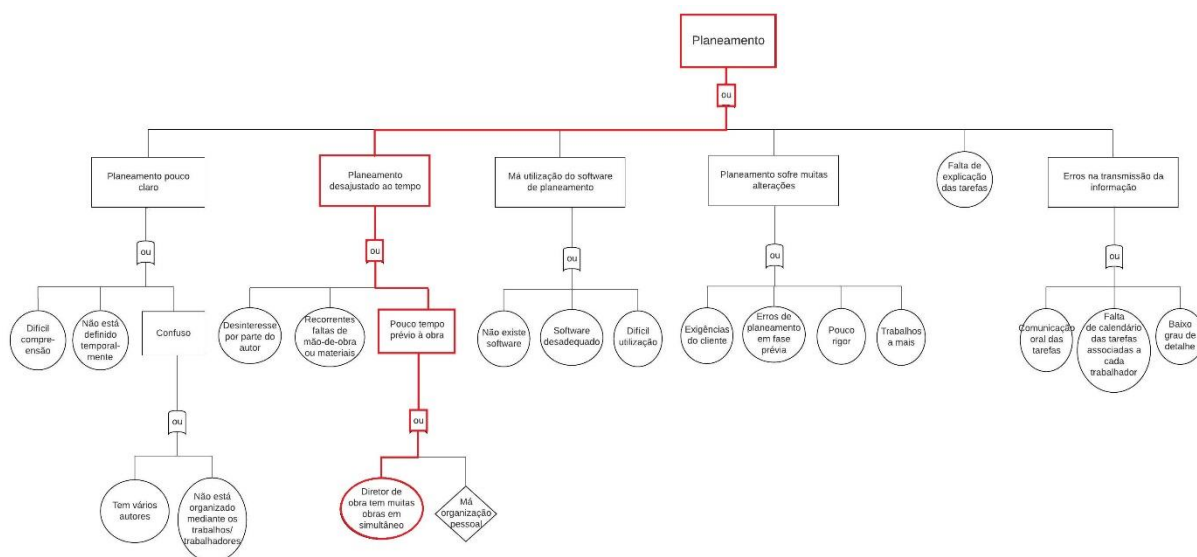


Figura 127 - Excerto da Árvore de Falhas total com o caminho de falha a vermelho (caso 30).

5.16.3. CASO DE ESTUDO 31

- **Descrição da anomalia**

O cliente pretendia que se guardassem os difusores e as grelhas de ventilação usados para que depois se voltassem a instalar pois estavam em boas condições. Possivelmente quando se tirou o teto falso essas peças foram removidas com as placas de gesso cartonado e foram para o lixo. Esta questão só foi compreendida quando a equipa de AVAC ia começar a instalar essas peças e não as encontrou.

- **Consequências**

Como medida corretiva foi necessário comprar difusores e grelhas de ventilação novos de modo a poderem-se instalar em obra.

Implicações no prazo: Gerou atrasos de 1 dia

Implicações no orçamento: 500€ (valor aproximado)

- **Caminho de falha – identificação de causas**

O erro verificado em obra poderá descrever-se como um “erro nas demolições”, admitindo que não se sabe em que momento os difusores e as grelhas foram deitados fora mas espectando-se que tenha sido aquando da remoção do teto falso. Mediante entrevistas com os colaboradores não foi possível encontrar evidências que comprovem quem foi o responsável pela ação. No entanto, o trabalhador que descartou os objetos, à partida, não terá sido informado que estes seriam para manter e como tal deitou-os ao lixo.

O caminho de falha inicia-se tendo em conta um problema de planeamento, nomeadamente associado a erros na transmissão da informação. Admite-se que a informação foi transmitida oralmente pelo engenheiro diretor de obra aos trabalhadores, estando então possível a má interpretação da informação. O esquema elucidativo deste caminho de falha encontra-se na figura 128.

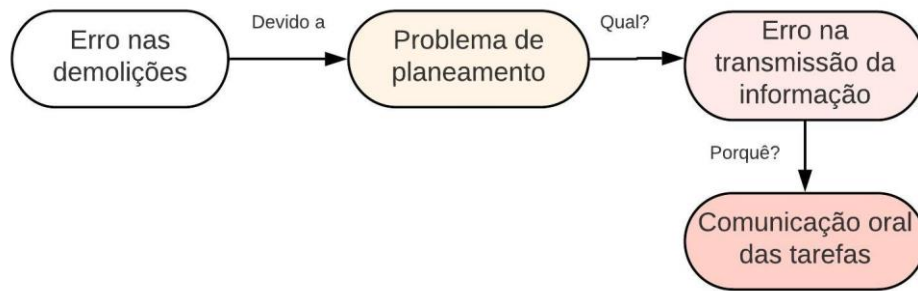


Figura 128 - Esquema do caminho de falha (caso 31).

- **Árvore de Falhas**

O excerto da Árvore de Falhas total encontra-se descrito na seguinte figura 129, com o caminho de falha destacado a vermelho.

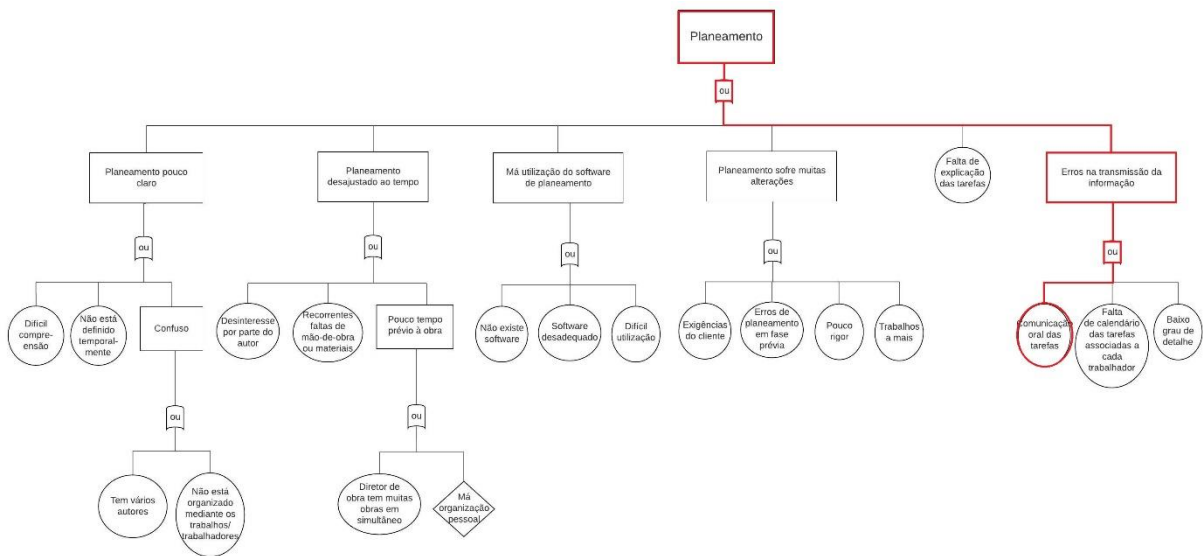


Figura 129 - Excerto da Árvore de Falhas total com o caminho de falha a vermelho (caso 31).

- **Estratégia preventiva**

SOL05: Recomenda-se a introdução de um encarregado em obra, com função de identificar as tarefas e acompanhar a sua execução.

5.16.4. CASO DE ESTUDO 32

- **Descrição da anomalia**

A reabilitação de um dos pisos da obra tinha como objetivo ficar exatamente igual a um outro piso do edifício que já havia sido intervencionado por outra empresa. O orçamento foi atribuído mediante a visita ao “piso modelo” e baseou-se em estimativas dos preços dos materiais. Na fase de encomendas dos materiais, o engenheiro responsável percebeu que os preços dos materiais a utilizar são muito superiores aos orçamentados – especificamente o preço do revestimento vinílico - nomeadamente dez

vezes o preço orçamentado. A anomalia descreve-se como a utilização e entrega ao cliente de uma estimativa de um orçamento no lugar de um orçamento baseado em preços reais.

- **Consequências**

Para corrigir a não conformidade verificada foi necessário comprar o revestimento vinílico cujo preço custava dez vezes mais o preço estimado, assumindo todos os custos extra.

Implicações no prazo: Não gerou atrasos significativos

Implicações no orçamento: 2000€ (valor aproximado)

- **Caminho de falha – identificação de causas**

O erro verificado em obra poderá descrever-se como um “erro no orçamento atribuído”, baseando-se sobretudo no facto do orçamento dado ao cliente tratou-se de um orçamento estimado e não de um orçamento baseado em preços reais e atuais.

O caminho de falha inicia-se tendo em conta um problema de gestão, especificamente de gestão de custos. A não conformidade em causa parte de erros de orçamentação, podendo justificar-se pela inexperiência do orçamentista ou também pela inexistência de uma base de dados que indique os diferentes custos dos materiais e serviços já utilizados pela empresa. O esquema elucidativo deste caminho de falha encontra-se na figura 130.

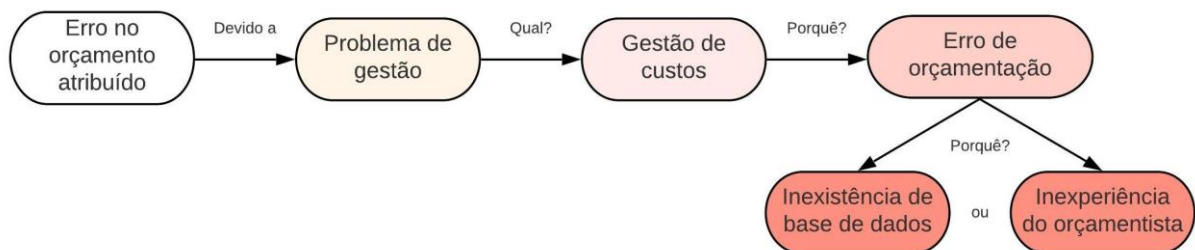


Figura 130 - Esquema do caminho de falha (caso 32).

- **Árvore de Falhas**

O excerto da Árvore de Falhas total encontra-se descrito na figura 131 na página seguinte, com o caminho de falha destacado a vermelho.

- **Estratégia preventiva**

SOL03: Implementação da utilização de um orçamento de produção, estipulado antes das obra começar, mediante acordo entre o orçamentista e o diretor de obra.

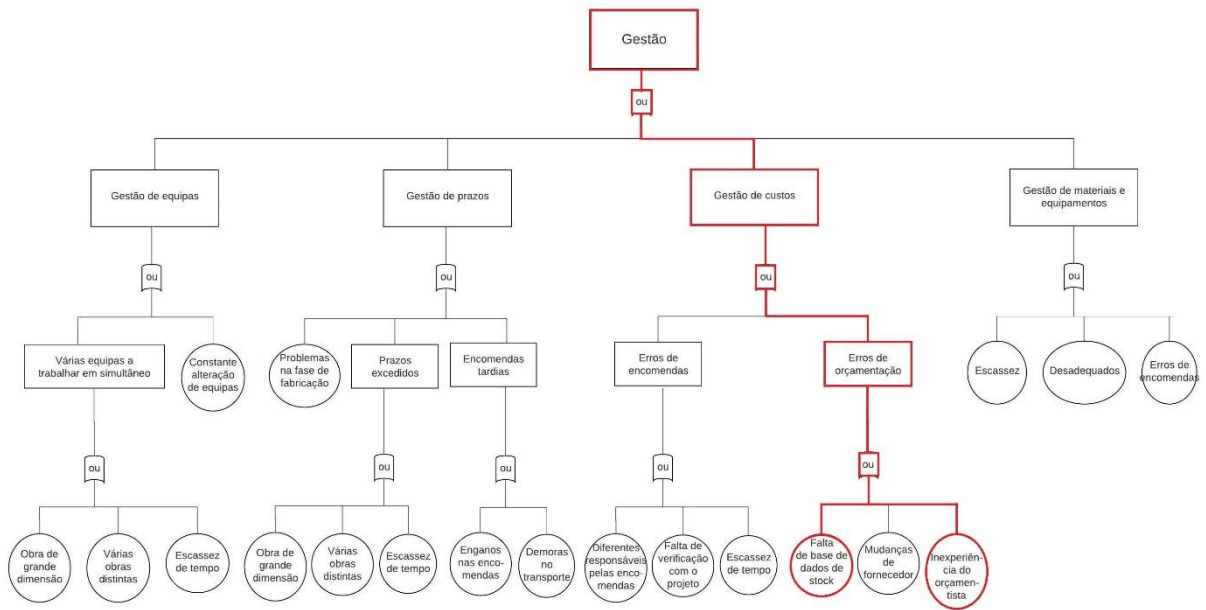


Figura 131 - Excerto da Árvore de Falhas total com o caminho de falha a vermelho (caso 32).

6

ANÁLISE DE RESULTADOS

6.1. ESTRUTURA DE ABORDAGEM

O presente capítulo esclarece os resultados obtidos através da utilização da Análise de Árvore de Falhas como metodologia de estudo de erros e falhas em obra. O objetivo desta dissertação passa por encontrar medidas e soluções que possam prevenir a ocorrência de não conformidades em obra. Deste modo apresenta-se a distribuição das anomalias em obra por categorias – sendo problemas de mão-de-obra, equipamentos, materiais de construção, tecnologias construtivas, planeamento, gestão e soluções construtivas –, a análise das principais causas das não conformidades detetadas nos casos de estudo, as implicações das anomalias nos custos e nos prazos mediante a sua categoria e por último apresentam-se estratégias preventivas que, se aplicadas eficazmente, poderão resolver ou mitigar os efeitos negativos das não conformidades apresentadas.

6.2. DISTRIBUIÇÃO DOS PROBLEMAS POR CATEGORIAS

Tendo em conta o descrito no capítulo anterior, foi possível recolher uma amostra de trinta e dois casos de estudo que retratam diferentes anomalias em obras distintas realizadas pela empresa. As não conformidades apontadas distinguem-se em diferentes categorias – que correspondem ao primeiro nível da Análise de árvore de Falhas elaborada – nomeadamente problemas relativos a: mão-de-obra, equipamentos, materiais de construção, tecnologias construtivas, planeamento, gestão ou soluções construtivas. Os problemas dos casos de estudo dividem-se do seguinte modo, apresentado na tabela 5, ordenado do maior número de ocorrências para o menor, nas categorias:

Tabela 5 - Distribuição dos problemas por categorias.

Problemas	Número de ocorrências
Mão-de-obra	14
Tecnologias construtivas	8
Gestão	6
Planeamento	4

Soluções construtivas	3
Materiais de construção	1
Equipamentos	0

Com base na tabela apresentada compreende-se que os problemas associados à mão-de-obra são os mais recorrentes no âmbito da ocorrência de não conformidades em obra, admitindo 39% das anomalias consideradas no estudo, seguindo-se dos problemas associados a tecnologias construtivas que ocupam 22% dos problemas observados. Na seguinte figura 132 encontra-se um gráfico circular que mostra a distribuição dos problemas encontrados nas obras em análise.

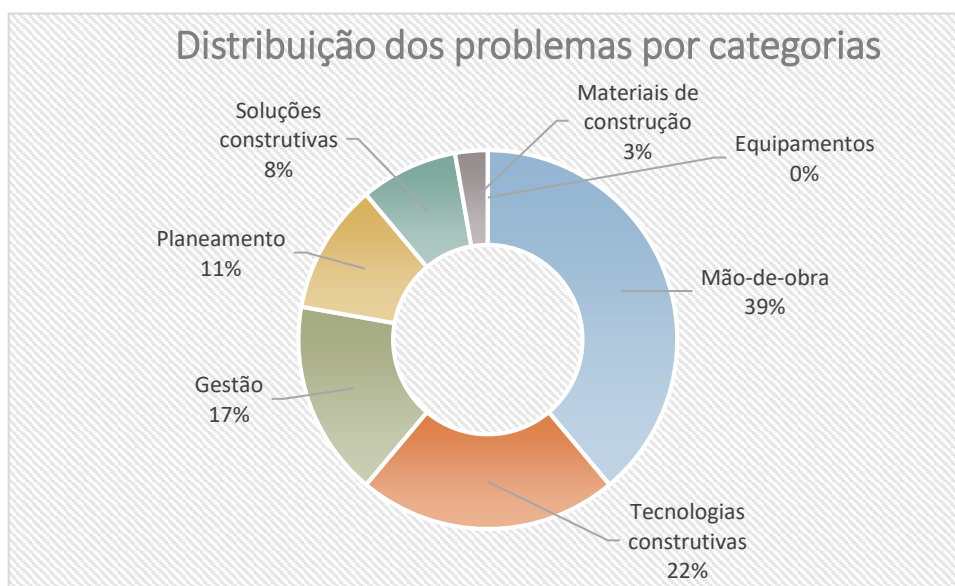


Figura 132 - Distribuição dos problemas por categorias.

Assim, podem então destacar-se as três principais fontes de problemas para a ocorrência de não conformidades em obra: problemas de mão-de-obra, seguindo-se os problemas de tecnologias construtivas e os problemas de gestão. De modo oposto destacam-se os problemas associados aos equipamentos que não representam qualquer parte da causa dos problemas em obra, ao contrário do que se ponderou na criação da Árvore de Falhas. Tal poderá justificar-se pela pouca quantidade de casos de estudo abordados e pela escassez de tempo disponível em obra.

6.3. PRINCIPAIS CAUSAS DAS ANOMALIAS

Os problemas associados à mão-de-obra, tecnologias construtivas e gestão são as três categorias que têm mais anomalias em obra, segundo a análise dos casos de estudo. Deste modo torna-se importante entender, dentro de todas as categorias, quais as causas mais comuns e que justificam a ocorrência de mais erros e falhas em obra.

Como já foi demonstrado, a Árvore de Falhas Total tem uma dimensão considerável e foi elaborada de modo a que englobe o maior número de causas possível. Assim sendo, a Árvore de Falhas Total desenvolvida admite um total de 99 diferentes causas base (eventos base). Como tal, nesta próxima análise o objetivo foi tentar encontrar quais as causas das não conformidades com maior recorrência nos casos de estudo. Destacam-se as seguintes:

- Desleixo por parte dos trabalhadores – causa inicial de 14% dos casos de estudo analisados;
- Falta de conhecimentos das tecnologias construtivas – causa inicial de 14% dos casos de estudo analisados;
- Diretor de obra encarregue de várias obras em simultâneo – causa inicial de 14% dos casos de estudo analisados;
- Escassez de tempo – causa inicial de 8% dos casos de estudo analisados.

Estas quatro causas originam 50% das não conformidades apresentadas nos casos de estudo, estando os restantes 50% distribuídos por 95 possíveis diferentes causas. Para que se compreenda mais eficazmente a sua distribuição, destacam-se as seguintes causas em que cada uma delas justifica 6% das anomalias observadas nos casos de estudo:

- Erros no projeto;
- Inexperiência da mão-de-obra (quer sejam trabalhadores ou engenheiros);
- Falta de tempo do engenheiro diretor de obra;
- Desinteresse por parte dos trabalhadores;
- Inexperiência do orçamentista;
- Não aplicação da norma nos procedimentos construtivos.

Observe-se a figura 133 que indica graficamente as principais causas apontadas para as não conformidades.

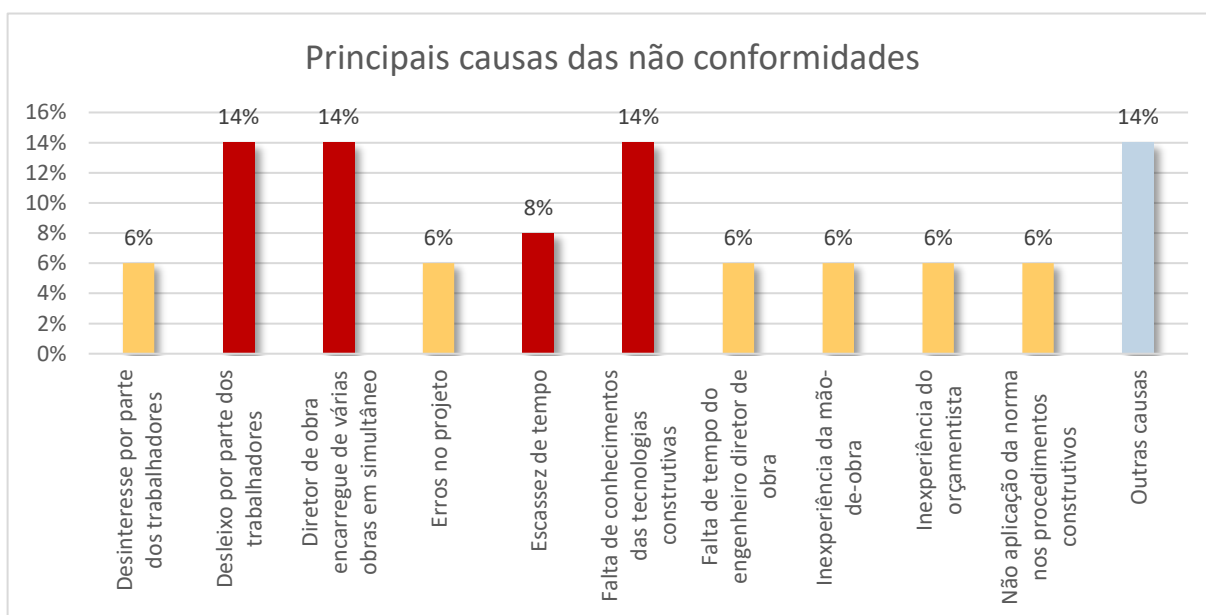


Figura 133 - Principais causas das não conformidades detetadas.

Na figura 133 encontra-se um resumo dos dados apresentados, nomeadamente das principais causas que estão na origem da ocorrência das anomalias encontradas em obra nos trinta e dois casos em análise. Deste modo estão explícitas as dez causas que justificam 86% das não conformidades encontradas, restando 14% dos casos que têm causas distintas e que ocorrem somente uma ou nenhuma vez, não se estabelecendo uma relação direta com os restantes dados.

Estabelecendo uma relação entre as categorias e as causas mais comuns dentro de cada categoria, destaca-se:

- Mão-de-obra: Desleixo por parte dos trabalhadores
- Soluções construtivas: Erros no projeto
- Materiais de construção: Falta de fiscalização
- Planeamento: Diretor de obra encarregue de várias obras em simultâneo
- Gestão: Diretor de obra encarregue de várias obras em simultâneo
- Tecnologias construtivas: Falta de conhecimentos das tecnologias construtivas

Mediante a análise dos dados obtidos admite-se a necessidade de encontrar medidas corretivas e mitigadoras que permitam eliminar a ocorrência das causas acima mencionadas.

6.4. IMPLICAÇÕES DAS ANOMALIAS NOS CUSTOS E NOS PRAZOS

6.4.1. ANÁLISE GERAL DAS IMPLICAÇÕES

Nesta análise das implicações é importante reforçar que os dados obtidos são referentes a três meses de observação em obra, assim como alguma informação extra obtida através de relatos históricos dos colaboradores, admitindo que os resultados poderiam ser distintos e mais aproximados da realidade se houvesse um maior tempo disponível.

Considerando as anomalias no geral, 4,58% do orçamento total de todas as obras em estudo serviu somente para medidas corretivas das anomalias encontradas, admitindo um valor aproximado de 44 500€ em trinta e dois casos de estudo, distribuídos pelas quinze obras realizadas pela empresa.

Em valores médios, cada obra executada pela empresa tem um orçamento de 64 773€, dos quais a empresa construtora utiliza aproximadamente 1 390€ para corrigir cada não conformidade detetada e, admitindo um valor médio de duas anomalias por obra, 2 779€ são necessários por cada projeto executado para corrigir as falhas. Esta informação encontra-se resumida na tabela 6.

Tabela 6 - Implicações das não conformidades no orçamento da obra.

Orçamento total das obras em estudo	Orçamento total das medidas corretivas	% ocupada pelas medidas corretivas
971 596€	44 465€	4,58%

Orçamento médio de uma obra executada pela empresa	Orçamento médio para corrigir uma não conformidade	Orçamento médio para correções por obra
64 773€	1 390€	2 779€

Relativamente aos impactos a nível de prazos a situação é mais notória admitindo que 13,52% dos prazos totais de todas as obras em estudo foi ocupado a corrigir não conformidades encontradas, especificamente durante 165 dias (cerca de três meses e meio) de trabalho em trinta e dois casos de estudo, distribuídos pelas mesmas quinze obras em análise.

Novamente em valores médios, cada obra da empresa tem a duração de 81 dias (cerca de dois meses e meio), dos quais a empresa necessita de cinco dias para corrigir cada não conformidade detetada e, admitindo um valor médio de duas anomalias por obra, são necessários dez dias por cada projeto executado para corrigir as falhas (cerca de duas semanas de trabalho). Estes valores encontram-se na tabela 7.

Tabela 7 - Implicações das não conformidades na duração da obra.

Duração temporal total das obras em estudo	Duração temporal total das medidas corretivas	% ocupada pelas medidas corretivas
1 220 dias	165 dias	13,52%
Duração temporal média de uma obra executada pela empresa	Duração temporal média para corrigir uma não conformidade	Duração temporal média de correções por obra
81 dias	5 dias	10 dias

6.4.2. ANÁLISE DA DISTRIBUIÇÃO DAS IMPLICAÇÕES POR CATEGORIA

Nesta fase considera-se importante distribuir os impactos das anomalias pela sua categoria, nomeadamente distinguindo os impactos referentes a problemas de gestão, mão-de-obra, planeamento, tecnologias construtivas, soluções construtivas, materiais de construção e equipamentos, se modo a que se compreenda quais as áreas que requerem um maior foco no âmbito da resolução de não conformidades em obra.

Para esta análise teve-se em consideração a análise dos trinta e seis possíveis caminhos de falha nos trinta e dois casos de estudo. Como demonstrado, em alguns casos de estudo existem diferentes possibilidades para o caminho de falha ou mais do que uma causa da anomalia em estudo, havendo a necessidade de mais do que um caminho de falha a considerar para o mesmo caso de estudo. As entrevistas realizadas, assim como os inquéritos, as reuniões e as observações em obra levaram à determinação do caminho de falha o mais próximo da realidade possível, admitindo a subjetividade do tema e o parecer do autor.

6.4.2.1. IMPLICAÇÕES NOS CUSTOS

Observe-se atentamente a tabela 8 que descreve as implicações das não conformidades nos custos.

Tabela 8 - Implicações das não conformidades nos custos, distribuídas por categorias.

Categoria	Implicação no custo: relação com o € total da obra	Implicação no custo: relação com o € total das medidas corretivas
Planeamento	2,85%	62,30%
Mão-de-obra	0,65%	14,17%
Tecnologias construtivas	0,58%	12,71%
Gestão	0,48%	10,51%
Soluções construtivas	0,22%	4,86%
Materiais de construção	0,00%	0,00%
Equipamentos	0,00%	0,00%

A tabela 8 mostra, na segunda coluna, os resultados obtidos quando se estabelece a relação entre o custo necessário para corrigir as não conformidades referentes a cada categoria e o custo total da obra. Note-se que 2,85% do custo total da obra é ocupado para resolver problemas associados ao planeamento, destacando-se das demais categorias, sendo que em segundo lugar encontram-se os problemas causados pela mão-de-obra, ocupando 0,65% do orçamento total.

Na terceira coluna apresentam-se os resultados quando se estabelece a relação entre o custo necessário para corrigir as não conformidades referentes a cada categoria e o custo total das medidas corretivas, de cada obra. Novamente destacam-se os problemas associados ao planeamento, na medida em que 62,30% dos custos necessários empregar para corrigir as anomalias pertencem a esta categoria, seguindo-se os problemas associados à mão-de-obra ocupando 14,17% do orçamento total de correções.

Nestes casos de estudo específicos não houve quaisquer implicações ao nível do orçamento nas categorias de problemas associados a materiais de construção e equipamentos. No entanto, certamente que havendo a possibilidade de se estudar um número maior de anomalias conseguiria compreender-se o verdadeiro impacto destas categorias.

Na seguinte figura 134 encontra-se um gráfico circular para que se compreenda visualmente a distribuição das implicações destas categorias, a nível de orçamentos, considerando todo o círculo como a totalidade o orçamento ocupado por medidas corretivas, numa determinada obra.

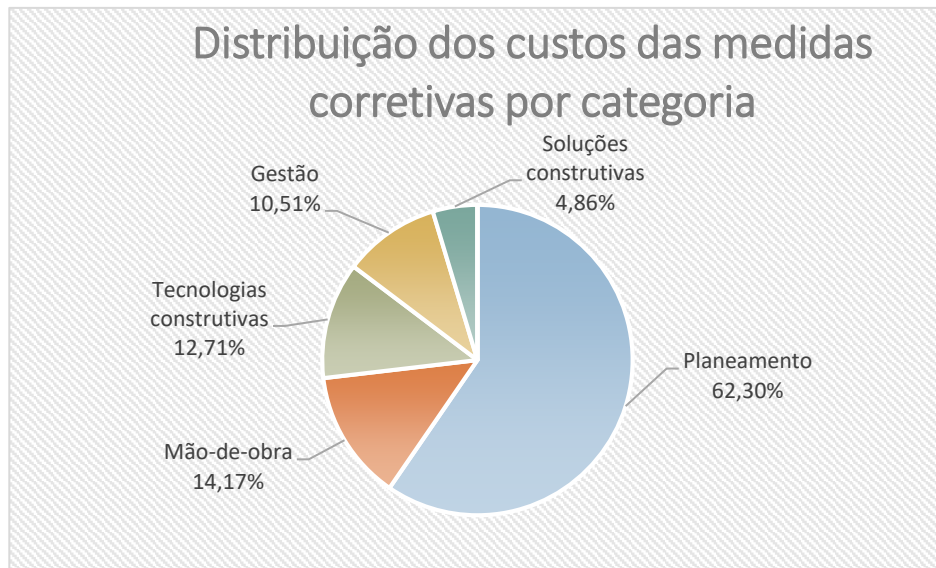


Figura 134 - Distribuição dos custos das medidas corretivas por categoria.

6.4.2.2. IMPLICAÇÕES NOS PRAZOS

Relativamente aos impactos das anomalias detetadas nos prazos, observe-se a tabela 9.

Tabela 9 - Implicações das não conformidades nos prazos, distribuídas por categorias.

Categoria	Implicação no prazo: relação com o prazo total da obra	Implicação no prazo: relação com o prazo total das medidas corretivas
Planeamento	6,39%	47,27%
Mão-de-obra	3,36%	24,85%
Tecnologias construtivas	1,64%	12,12%
Materiais de construção	1,15%	8,48%
Soluções construtivas	0,90%	6,67%
Gestão	0,74%	5,45%
Equipamentos	0,00%	0,00%

Na segunda coluna da tabela 9 estão descritos os resultados quando feita a relação entre o prazo necessário para corrigir as não conformidades referentes a cada categoria e o prazo total da obra. Reforçam-se os problemas de planeamento também no âmbito das implicações nos prazos, admitindo que 6,39% do prazo total de uma obra é ocupado na resolução de não conformidades associadas ao planeamento. Seguem-se os problemas de mão-de-obra cuja resolução ocupa 3,36% do tempo total da empreitada.

Na terceira coluna descrevem-se os resultados quando se estabelece a relação entre o prazo necessário para corrigir as não conformidades referentes a cada categoria e o prazo total das medidas corretivas, de cada obra. Neste âmbito vê-se reforçado o impacto negativo dos erros no planeamento, cujas medidas corretivas ocupam 47,27% do tempo dispensado para se corrigirem todas as anomalias em obra, seguindo-se os problemas referentes à mão-de-obra que ocupam 24,85%.

Na figura 135 que se segue encontra-se um gráfico circular para que se compreenda visualmente a distribuição temporal das medidas corretivas por categoria, considerando todo o círculo como a totalidade do prazo ocupado em medidas corretivas, numa determinada obra.

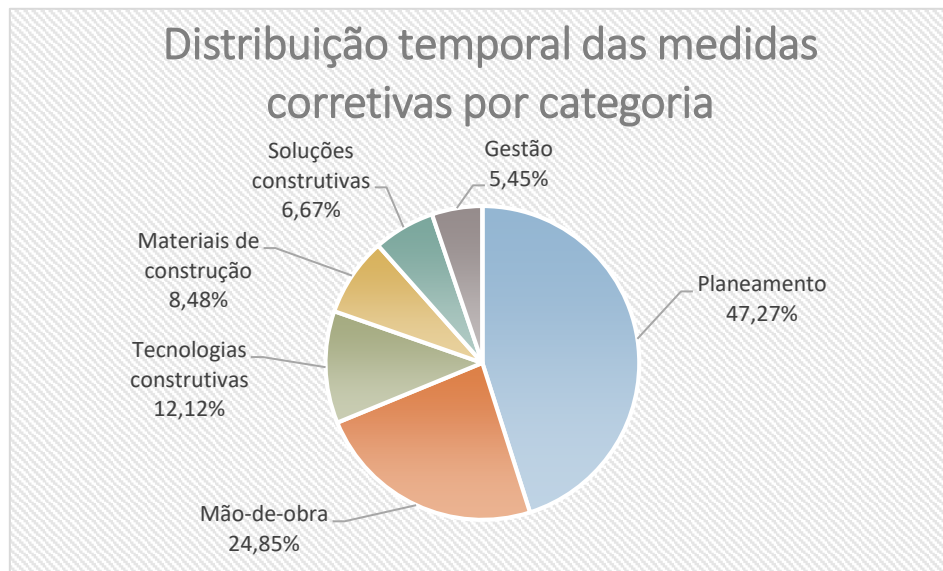


Figura 135 - Distribuição temporal das medidas corretivas por categoria.

6.5. ANÁLISE DE ESTRATÉGIAS PREVENTIVAS

Mediante as análises dos casos de estudo foi possível propor doze estratégias preventivas para a empresa de construção, de modo a que, se adotadas e implementadas eficazmente possam reduzir significativamente os custos associados à correção de não conformidades, o tempo necessário para essas medidas corretivas e melhorar a qualidade das obras produzidas.

Organizadas mediante o seu aparecimento no documento, as soluções propostas são as seguintes:

- SOL01: Reunião de preparação de obra entre o empreiteiro e o projetista com semanas de antecedência sobre as principais tarefas.
- SOL02: Na fase prévia à obra deve ter-se em consideração o planeamento correto do tempo necessário à realização de todas as tarefas.

- SOL03: Implementação da utilização de um orçamento de produção, estipulado antes da obra começar, mediante acordo entre o orçamentista e o diretor de obra.
- SOL04: Realizar uma verificação das fichas técnicas antes de executar as tarefas.
- SOL05: Recomenda-se a introdução de um encarregado em obra, com função de identificar as tarefas e acompanhar a sua execução.
- SOL06: O projeto deve estar acessível e a transmissão da informação do projeto deve ser acompanhada do projeto.
- SOL07: As alterações propostas pelo empreiteiro têm de ser primeiramente aprovadas pelo projetista antes de serem executadas.
- SOL08: Criação de uma lista de falhas frequentes de cada fornecedor para posterior verificação e controlo antes da entrega.
- SOL09: Deve implementar-se o controlo da qualidade em fase de execução da obra, realizado por um profissional exclusivo.
- SOL10: Todos os projetos devem ser entregues e analisados pelos profissionais competentes antes de a obra ter início, de modo a poder ser realizado todo o planeamento da obra nesta fase.
- SOL11: Devem implementar-se estratégias de acompanhamento e motivação dos trabalhadores.
- SOL12: Nas obras orçamentadas por preço global devem realizar-se remediações, de modo a evitar-se custos extra provocados pelas incoerências entre o projeto e a realidade.

.Na figura 136 encontra-se o número de vezes que cada estratégia proposta foi mencionada como possível medida corretiva das anomalias encontradas em obra, considerando trinta e dois casos de estudo.



Figura 136 - Estratégias mencionadas para corrigir as não conformidades ocorridas em obra.

Mediante a observação do gráfico presente na figura 136, percebe-se a importância da implementação das SOL05, SOL09 e SOL07 que são as três estratégias mais mencionadas como medidas corretivas das anomalias encontradas em obra.

A SOL05 é a estratégia mais mencionada como solução às anomalias presentes nos casos de estudo, expectando-se que resolva 44% das não conformidades destacadas e define-se como “Recomenda-se a introdução de um encarregado em obra, com função de identificar as tarefas e acompanhar a sua execução”, na medida em que este não aparece na estrutura da organização. Compreende-se que, do ponto de vista económico, não ter de pagar o salário de um encarregado torna mais económica a produção mas levanta grandes debilidades, conforme demonstrado. A introdução de um encarregado permite aliviar a engenharia de tarefas típicas de um encarregado, tendo em conta que também é reforçada a falta de tempo dos diretores de obra em diversos casos de estudo.

O encarregado não se subempreita, sendo então parte integrante do quadro da empresa. Os custos associados à sua contratação devem ser também considerados mas, como demonstrado na tabela 6, 4,58% dos custos totais das obras são utilizados para medidas corretivas e a introdução de um encarregado em obra permite resolver 2,01% desses custos – considerando que resolve em média 44% das não conformidades em análise. Os custos de imagem e do mercado são também importantes na medida em que futuros negócios podem ser afetados pela falta de qualidade presente na primeira obra.

A engenharia tem como objetivos em obra: ler o projeto, interpretar o projeto, organizar as tecnologias adequadas às tarefas, propor variantes se forem necessárias, propor soluções nas situações em que o projeto não é claro – tendo sempre de ser aprovadas pelo projetista – e tratar a obra do ponto de vista do planeamento, da gestão e dos custos.

Os engenheiros diretores de obra não devem estar envolvidos na fase produção na totalidade dos processos. Neste âmbito, quem deve liderar o processo de produção deve ser o encarregado. Uma vez conhecida a tecnologia, o encarregado responsável deve ser capaz de: encomendar os materiais, armazená-los e disponibilizá-los para a equipa de trabalho, disponibilizar a mão-de-obra adequada para as tarefas, esclarecer e providenciar as tecnologias adequadas e fazer o controlo de qualidade do trabalho. Portanto, o principal agente de qualidade interna da empresa não pode ser a engenharia, assobrada num conjunto de tarefas, mas sim fundamentalmente da responsabilidade do encarregado. A existência de um encarregado também poderá ajudar na produção, no caso de falta de algum operário.

Adicionalmente, a SOL09 é a segunda estratégia mais mencionada, expectando-se que resolva 31% das não conformidades destacadas e define-se como “Deve implementar-se o controlo da qualidade em fase de execução da obra, realizado por um profissional exclusivo”. A eficácia da implementação desta solução depende das dimensões da empresa. Neste caso, tratando-se de uma empresa de pequenas dimensões, o encarregado poderá assumir essas funções de controlo da qualidade. No caso de uma empresa de maior dimensão, esta deverá ter quadros e departamentos próprios para o controlo da qualidade, com profissionais exclusivos destas tarefas.

A terceira estratégia mais vezes proposta é a SOL07, expectando-se que resolva 19% das não conformidades expostas nos casos de estudo e define-se como “As alterações propostas pelo empreiteiro têm de ser primeiramente aprovadas pelo projetista antes de serem executadas.”. Neste âmbito é importante que não seja o empreiteiro a propor e a assumir a responsabilidade das soluções construtivas adotadas em obra. Deste modo destaca-se a importância da criação de reuniões de preparação da obra, onde sejam discutidas as diferentes possibilidades e tomadas as decisões antes da fase de produção. No

caso de ocorrência de questões inesperadas em obra o projetista deve ser consultado para que decida qual a solução construtiva a adotar, não se deixando esta responsabilidade para a equipa do empreiteiro.

Seguem-se as estratégias SOL01, SOL10 e SOL11 que se prevê resolverem, cada uma, 16% das não conformidades ocorridas nos casos de estudo.

A SOL01 que se define como “Reunião de preparação de obra entre o empreiteiro e o projetista com semanas de antecedência sobre as principais tarefas” e a SOL10 “Todos os projetos devem ser entregues e analisados pelos profissionais competentes antes de a obra ter início, de modo a poder ser realizado todo o planeamento da obra nesta fase” consideram-se de elevada importância na medida em que podem evitar a ocorrência de problemas a nível do planeamento já que, segundo a tabela 8, 62,30% dos custos necessários para corrigir as anomalias encontradas em obra pertencem a esta categoria. A implementação destas estratégias poderá também melhorar o desempenho a nível do prazo já que, segundo a tabela 9, 47,27% do tempo despendido para correção de anomalias pertence à categoria de problemas de planeamento. Estes valores, a nível do custo de obra representam 2,85% do orçamento total da obra e 3,69% do prazo disponível para a realização da obra que, implementando estas medidas, poderiam ser melhorados.

Com a adoção destas duas estratégias espera-se a criação de reuniões prévias à obra, onde se discutam todas as tarefas a realizar, o planeamento da obra e possíveis soluções alternativas. Esta reunião deverá ser sistemática e admite que a SOL10 foi previamente implementada para que nestas reuniões estejam disponíveis e analisados todos os projetos pelos profissionais competentes, não faltando informação para a conclusão da obra, de modo a tentar evitar-se tarefas não previstas e erros no planeamento da obra.

Destaca-se por último a SOL11 que se define como “Devem implementar-se estratégias de acompanhamento e motivação dos trabalhadores.”. Esta estratégia distingue-se particularmente das demais na medida em que só foi possível propor devido à observação do modo de trabalho dos trabalhadores e de algumas declarações feitas pelos mesmo.

Muitas vezes os problemas associados ao campo pessoal do trabalhador afetam o seu desempenho nas tarefas profissionais e como tal propõe-se que exista uma maior conhecimento pessoal do envolvimento familiar, interesses pessoais e motivações de cada um dos trabalhadores, propondo-se a implementação de algumas das seguintes sugestões:

- Sessões de *coaching* com o intuito de ajudar psicologicamente os trabalhadores e motivá-los;
- Criar espírito de corpo da empresa – por exemplo oferecendo a cada trabalhador uma distinção no seu equipamento de proteção, com o nome da empresa e o seu nome próprio, atribuindo-lhe importância;
- Organizar tarefas de grupo extra profissionais, convívios ou atividades;
- Atribuição de bônus de desempenho.

6.6. CONCLUSÕES DOS DADOS OBTIDOS

Inicialmente analisaram-se e distribuíram-se as anomalias detetadas por categorias, sendo a mão-de-obra a categoria que mais vezes ocorre ocupando 39% das não conformidades em estudo, seguindo-se os problemas de tecnologias construtivas que ocupam 22% das anomalias.

Analisou-se igualmente o impacto das medidas corretivas das diferentes categorias nos custos e nos prazos e a categoria que tem uma maior implicação nos custos é o planeamento, ocupando 2,85% do custo total da obra (em média), seguindo-se a mão-de-obra que ocupa 0,65% do preço total da obra (em média). Do mesmo modo, o impacto mais acentuado a nível de prazos é verificado pela categoria do planeamento ocupando 6,39% do prazo total da obra (em média), seguindo-se a mão-de-obra que ocupa 3,36% do prazo total da obra (em média).

Existe, então, uma diferença entre as categorias dos problemas que mais ocorrem e as categorias que têm mais impacto a nível de custos e a nível de prazos. Apesar dos problemas associados à mão-de-obra serem os mais recorrentes, o maior impacto a nível financeiro e de prazos é atribuído aos problemas de planeamento.

No presente capítulo destacam-se também o desleixo por parte dos trabalhadores, o facto do diretor de obra estar encarregue de várias obras em simultâneo e a falta de conhecimentos das tecnologias construtivas como as principais causas das não conformidades detetadas na amostragem.

Por último propõe-se a adoção de estratégias preventivas que permitam eliminar ou reduzir as causas das ocorrências das anomalias, sendo as mais propostas a introdução de um encarregado em obra, a integração de um profissional exclusivo para o controlo da qualidade em obra e a aprovação de todas as alterações realizadas em obra primeiramente pelo projetista.

7

CONCLUSÃO

7.1. SÍNTESE DOS CAPÍTULOS

No primeiro capítulo desta dissertação foi apresentado o enquadramento da problemática em estudo, fundamentando-se a necessidade de investigação do tema da qualidade em obra. Identificou-se o método científico que serviu de base à metodologia desenvolvida nos seguintes capítulos.

No segundo capítulo analisaram-se todos os documentos consultados ao longo da dissertação, de modo a facilitar trabalhos de investigação futuros numa área similar e perceber como varia a amostra que serve de base científica a este estudo. Realizou-se também o estado da arte onde se expôs os diferentes conceitos relacionados com a qualidade na construção, a gestão e os conceitos de erros e falhas, com o objetivo de se entender o que investigações prévias haviam concluído.

No terceiro capítulo determinaram-se os dados referentes aos inquéritos realizados aos trabalhadores e aos clientes da empresa, de modo a compreenderem-se as suas opiniões gerais sobre o modo de atuação do empreiteiro e a ocorrência de não conformidades em obra. Estes inquéritos apenas serviram de introdução à metodologia já que não se conseguiu obter dados concretos de anomalias em obra na medida em que os intervenientes não se sentiam totalmente confortáveis em opinar sobre o assunto.

No quarto capítulo demonstraram-se em pormenor os conceitos associados à Análise de Árvore de Falhas, desenvolvendo-se uma metodologia que tem por base esta análise e que pretende que se possa aplicar a futuras não conformidades em obra presentes nas diferentes empresas de construção. A Árvore de Falhas Total desenvolvida divide-se em sete ramos do segundo nível, em que cada um forma uma árvore de falhas independente, que permite chegar à causa inicial da não conformidade verificada.

No quinto capítulo foram expostos os casos de estudo através da descrição das anomalias verificadas em obras da empresa. Estas não conformidades são descritas, apontadas as suas consequências temporais e económicas, desenvolveu-se o “caminho de falha” que levou à anomalia em obra e propuseram-se estratégias a adotar futuramente que, se aplicadas eficazmente, se espera que resolvam os problemas detetados ou melhorem as suas consequências negativas.

No sexto capítulo analisaram-se os resultados obtidos nos casos de estudo de modo a compreender quais os dados e conclusões a retirar da amostra. Conclui-se em quais das sete categorias existem mais não conformidades, quais as categorias com um maior impacto financeiro e temporal, quais as estratégias mais urgentes a implementar e as causas principais das não conformidades verificadas em obra.

7.2. CONCLUSÕES FINAIS

O objetivo da realização deste estudo incide no desenvolvimento de estratégias preventivas para evitar não conformidades residuais. Através da metodologia desenvolvida, posteriormente aplicada aos casos de estudo reais e após as análises de resultados, conclui-se que efetivamente se desenvolveu uma metodologia que contempla estratégias de estudo de não conformidades, que permite chegar a conclusões de possíveis estratégias com vista a evitar a ocorrência de anomalias em obra.

A realização de inquéritos serviu como base para o estudo das não conformidades em obra, permitindo destacar duas conclusões:

1. Diferentes posições incluem diferentes perspectivas e diferentes opiniões, existindo então a necessidade de se investigar e estudar as situações de diferentes pontos de vista até se encontrar a mais concordante com a realidade.

Tal conclusão justifica-se tendo em conta que nos inquéritos realizados aos trabalhadores 14,3% dos inquiridos classificou o seu salário como “mau”, prevendo nessa fase uma possível causa para problemas. O fator económico tem uma influência considerável na motivação dos trabalhadores, tendo em conta que 28,6% dos inquiridos refere que este se trata de uma fonte para “muitos problemas” ocorridos em obra. Estas questões foram verificadas e comprovadas através dos caminhos de falha traçados posteriormente. No entanto, nos inquéritos realizados aos clientes, quando questionados sobre a possibilidade de a desmotivação ser um fator de causa de anomalias em obra 100% das respostas não considerou que esta seria uma possível causa para as não conformidades.

2. A fase de planeamento da obra admite diversos problemas.

Tal justifica-se tendo em conta que 25% dos trabalhadores classifica o “planeamento inadequado” e as “constantes alterações ao planeamento” como fonte de muitos problemas em obra. Do mesmo modo, 67% dos engenheiros diretores de obra classifica a “insuficiência de tempo prévio à obra”, “problemas no projeto” e “constantes alterações ao planeamento” como fonte de muitos problemas. Estas causas foram também posteriormente verificadas com a metodologia adotada, admitindo que nesta fase se previa a possibilidade destes resultados.

No desenvolvimento da *Árvore de Falhas* o evento de topo “não conformidade em obra” ramifica-se no primeiro nível da árvore com sete eventos intermédios, seguindo-se o segundo nível com vinte e nove causas, que se dividem no terceiro nível em setenta e seis causas, terminando no quarto e último nível que contém trinta e três causas. Através de pesquisas, estudos e observações em obra conseguiu-se determinar uma *Árvore de Falhas* que contém 99 possíveis causas distintas (eventos base) que originam a ocorrência de não conformidades em obra. Esta árvore permitiu analisar os casos de estudo e encontrar os possíveis caminhos de falhas percorridos na *Árvore de Falhas* total, estando em constante atualização mediante o aparecimento de novas causas.

Para os casos de estudo analisados pode-se concluir que 39% das anomalias encontradas em obra partem de problemas associados à mão-de-obra, 22% de problemas de tecnologias construtivas e 17% associam-se a problemas de gestão. As principais causas das não conformidades verificadas em obra são: o desleixo por parte dos trabalhadores, a falta de conhecimentos das tecnologias construtivas, a indisponibilidade do diretor de obra justificada pelas várias obras em simultâneo e a escassez de tempo para realizar os trabalhos.

As anomalias detetadas nos casos de estudo têm um impacto de 4,58% no custo total de uma obra e 13,52% no prazo disponível. Apesar de 39% das falhas em obra se basearem em problemas associados à mão-de-obra, é a categoria de planeamento que tem um maior impacto nos custos e nos prazos de entrega da obra (ocupando 11% das não conformidades detetadas). Os problemas associados ao planeamento representam 2,85% do custo total de uma obra e 6,39% do tempo disponível para a produção, seguindo-se as falhas devido à mão-de-obra que representam 0,65% do orçamento e 3,36% do prazo disponível.

Para as principais causas mencionadas propõe-se a adoção de estratégias, destacando-se:

- A introdução de um encarregado em obra, com vista a acompanhar e auxiliar no conhecimento e na gestão de tarefas;
- A introdução de um elemento responsável pelo controlo da qualidade das mesmas tarefas – que no caso em estudo poderá ser executado pelo encarregado visto que se trata de uma empresa de pequena dimensão;
- Por último, a implementação de uma política onde todas as alterações ao projeto devem ser primeiramente analisadas e aprovadas pelo projetista antes de se proceder à sua execução em obra.

O método desenvolvido cumpre o objetivo de poder ser aplicado a diferentes empresas de construção, com diferentes casos de estudo de não conformidades, adaptando as estratégias aos resultados obtidos. O método foi aplicado a uma empresa específica, e como tal as conclusões devem ser vistas apenas no âmbito desta amostragem. As conclusões obtidas não são universais, nem na própria empresa porque o tempo de observação em obra foi bastante reduzido mas que permitiu chegar a conclusões muito objetivas. Expecta-se que com maior o tempo de observação em obra, maior o número de não conformidades e, assim, resultados mais concordantes com a realidade. Para que as conclusões sejam válidas na empresa deve estar disponível um maior período de análise, no sentido de se poder ter uma maior fiabilidade estatística dos resultados e das conclusões.

Mostrou-se e comprovou-se que o método permite retirar conclusões, o que permite validar a metodologia desenvolvida como eficaz.

7.3. DIFICULDADES SENTIDAS

Atualmente o mundo vive mudanças constantes com implicações não só no contexto laboral mas também no âmbito pessoal devido à pandemia COVID-19 que veio alterar o modo de operação de muitas empresas. A presente pandemia impediu um contacto mais direto com colaboradores da empresa e dificultou visitas às obras, provocando condições adversas à realização de um estudo que assenta em conceitos subjetivos, baseados em entrevistas, depoimentos, inquéritos e observações diretas.

A realização de uma dissertação em contexto laboral permite à autora uma melhor perceção do contexto real da indústria da construção, havendo uma necessidade acrescida de apoio e acompanhamento nas diferentes fases, o que muitas vezes não acontece devido à falta de tempo disponível dos colaboradores das empresas, dificultando a obtenção de resultados.

O estudo de questões de qualidade associadas a empresas, revela muitas vezes dificuldades em obter as informações na medida em que esta informação não está estruturada e/ou não se pretende que seja revelada, de modo a não prejudicar negativamente a imagem da empresa e que, as pessoas se acanhem

e restringem em revelar as não conformidades. Adicionalmente, o papel de inquirição é assumido muitas vezes como um “detetive de obra” que a certa altura não é bem visto, acrescentando que os trabalhadores têm tarefas necessárias cumprir, com prazos apertados e que muitas vezes, independentemente da sua vontade de colaboração, não têm tempo disponível.

Por último, a procura de causas de anomalias verificadas em obra está ligada ao ponto de vista da autora, que, apesar de baseado em relatos, inquéritos, observações em obra e entrevistas, permite diferentes interpretações do que acontece sobre os mesmos fenómenos, trazendo dificuldades neste sentido.

7.4. DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

No âmbito do estudo da qualidade na construção existem diversas possibilidades a explorar futuramente. Acrescentar à metodologia desenvolvida a informação sobre os subempreiteiros e fornecedores (quem são, o que fazem, quais os seus pontos fortes e fracos) de modo a entender-se, quando as anomalias advém destes, quais as suas causas mais recorrentes e possíveis medidas corretivas diferentes para diferentes equipas.

Uma possibilidade para melhorar o presente estudo, admitindo-se a existência de um maior prazo para a investigação, incide em incluir um maior número de não conformidades em obra e, assim, aplicar com sucesso a metodologia *Failure Mode and Effect Analysis*. Com a utilização do FMEA prevê-se a conclusão de dados estatísticos sobre as causas mais recorrentes nas obras de determinada empresa, com uma maior proximidade com a realidade.

O desenvolvimento e implementação de uma base de dados *online* com toda a informação sobre as não conformidades observadas em obra, introduzida por um profissional exclusivo, permitiria à empresa uma melhoria constante e atualizada dos seus processos construtivos já que as categorias das anomalias verificadas estariam em constante concordância com a realidade.

Por último destaca-se a análise de riscos como um possível desenvolvimento de estudos futuros na medida em que, se contabilizados, poderiam trazer conclusões importantes retirar sobre medidas a adotar nas empresas construtoras de modo a melhorar a sua produtividade e qualidade nos produtos finais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABDELGAWAD, Mohamed; FAYEK, Aminah Robinson. (2012). Comprehensive Hybrid Framework for Risk Analysis in the Construction Industry Using Combined Failure Mode and Effect Analysis, Fault Trees, Event Trees, and Fuzzy Logic. *Journal of Construction Engineering and Management*. Vol. 138. n.º 5 (2012). p. 642-651. ISSN: 0733-9364
- AHMADI, Alireza; SODERHOLM, Peter 2008 Assessment of operational consequences of aircraft failures: Using event tree analysis. IEEE, 2008. ISBN/ISSN: 1424414873
- ALJASSMI, Hamad; HAN, Sangwon. (2013). Analysis of Causes of Construction Defects Using Fault Trees and Risk Importance Measures. *Journal of Construction Engineering and Management*. Vol. 139. n.º 7 (2013). p. 870-880. ISSN: 0733-9364
- ALMEIDA, D. A.; PINHO, A. F.; LEAL, Fabiano. (2005). Proposta de um Modelo de Sistema de Informação para a Gestão do Conhecimento Aplicado a Árvores de Falhas. *VI SEMINÁRIO NACIONAL DA GESTÃO DA INFORMAÇÃO E DO CONHECIMENTO NO SETOR DE ENERGIA ELÉTRICA–SINCONEE, Recife*. (2005). ISSN:
- ALVES, Marta Duarte; COSTA, Jorge Moreira da 2004 Estratégia de gestão de obras de arte baseada numa análise de risco segundo a FMEA. 2004. ISBN/ISSN:
- AMBERKAR, Sanket; CZERNY, Barbara J.; D'AMBROSIO, Joseph G.; DEMERLY, Jon D.; MURRAY, Brian T. (2001). A Comprehensive Hazard Analysis Technique for Safety-Critical Automotive Systems. *SAE transactions*. (2001). p. 282-292. ISSN: 0096-736X
- ANDERSEN, Hanne; HEPBURN, Brian - Scientific Method (Stanford Encyclopedia of Philosophy) [Em linha], atual. 2015. [Consult. 3 nov. 2020]. Disponível em WWW:<<https://plato.stanford.edu/entries/scientific-method/>>.
- ARDITI, David; GUNAYDIN, H. Murat. (1998). Factors that affect Process Quality in the Life Cycle of Building Projects. *Journal of Construction Engineering and Management*. Vol. 124. n.º 3 (1998). p. 194-203. ISSN: 0733-9364
- ARNOLD, Kenneth L. - The Manager's Guide to ISO 9000. Free Press, 1994. Disponível em WWW: <<https://books.google.pt/books?id=Pat118-iPaEC>>. ISBN: 9780029010358
- BATES, Gary D. (1993). An Organizational Development Process to Prepare for Total Quality Management. *Journal of Management in Engineering*. Vol. 9. n.º 4 (1993). p. 291-294. ISSN: 0742-597X
- BATTIKHA, Mireille G. (2002). QUALICON: Computer-Based System for Construction Quality Management. *Journal of Construction Engineering and Management*. Vol. 128. n.º 2 (2002). p. 164-173. ISSN: 0733-9364
- BATTIKHA, Mireille G. (2008). Reasoning mechanism for construction nonconformance root-cause analysis. *Journal of construction Engineering and Management*. Vol. 134. n.º 4 (2008). p. 280-288. ISSN: 0733-9364
- BLOUGH, Roger (1983). More construction for the money-summary report of the construction industry cost effectiveness project. *The Business Roundtable*. (1983). ISSN:
- BRUNSSON, Nils - The Irrational Organization: Irrationality as a Basis for Organizational Action and Change. 2. Copenhagen Business School Press, 1985. Disponível em WWW: <https://www.cairn-int.info/article-E_MANA_172_0141--nils-brunsson-1985-the-irrational.htm>. ISBN: 1286-4692
- BURATI JR, James L.; FARRINGTON, Jodi J.; LEDBETTER, William B. (1992). Causes of Quality Deviations in Design and Construction. *Journal of Construction Engineering and Management*. Vol. 118. n.º 1 (1992). p. 34-49. ISSN: 0733-9364
- CALDAS, Carlos H.; GIBSON JR, G. Edward; WEERASOORIYA, Runi; YOHE, Angela M. (2009). Identification of Effective Management Practices and Technologies for Lessons Learned Programs in the Construction Industry. *Journal of Construction Engineering and Management*. Vol. 135. n.º 6 (2009). p. 531-539. ISSN: 0733-9364

- CARNES, Andrew; HOUGHTON, Jeffery D.; ELLISON, Christopher N. (2015). What matters most in leader selection? The role of personality and implicit leadership theories. *Leadership & Organization Development Journal*. (2015). ISSN: 0143-7739
- CHASE, G. W.; MANNING, C. D. (1990). TQM in Building Design and Construction: Significant Problems and their Causes in the Design and Construction of Buildings. *Dept. of Civil and Construction Engineering, Iowa State Univ., Ames, Iowa*. (1990). p. 13-15. ISSN:
- COLLISON, C.; PARCELL, G. - Learning to Fly: Practical Knowledge Management from Leading and Learning Organizations. Wiley, 2005. Disponível em WWW: <<https://books.google.pt/books?id=MymRCgAAQBAJ>>. ISBN: 9781841125091
- CORREIA, Henrique - Prédio na Cancela em risco com falhas de construção, Câmara de Santa Cruz já pediu vistoria ao LREC [Em linha], atual. 3 nov. 2017. [Consult. 3 nov. 2020]. Disponível em WWW:<<https://funchalnoticias.net/2017/11/03/predio-na-cancela-em-risco-com-falhas-de-construcao-camara-de-santa-cruz-ja-pediu-vistoria-ao-lrec/>>.
- COUTO, J. Pedro. (2006). Influência dos Atrasos na Competitividade da Indústria de Construção Portuguesa: inquérito nacional sobre o incumprimento dos prazos. (2006). ISSN: 9724920860
- COUTO, J. Pedro; TEIXEIRA, J. M. Cardoso 2005 As consequências do incumprimento dos prazos para a competitividade da indústria de construção : razões para os atrasos. 2005. ISBN/ISSN:
- CROSBY, Philip B. - Let's talk quality: 96 questions you always wanted to ask Phil Crosby. McGraw-Hill, 1989. ISBN: 0070145652
- CULP, Gordon; SMITH, Anne; ABBOTT, Jim. (1993). Implementing TQM in Consulting Engineering Firm. *Journal of Management in Engineering*. Vol. 9. n.º 4 (1993). p. 340-356. ISSN: 0742-597X
- DAVIS, Kent; LEDBETTER, William B.; BURATI JR, James L. (1989). Measuring Design and Construction Quality Costs. *Journal of Construction Engineering and Management*. Vol. 115. n.º 3 (1989). p. 385-400. ISSN: 0733-9364
- DEFFENBAUGH, Ronald L. (1993). Total Quality Management at Construction Jobsites. *Journal of Management in Engineering*. Vol. 9. n.º 4 (1993). p. 382-389. ISSN: 0742-597X
- DEMING, William E. - Out of the Crisis. The MIT Press, 1986. ISBN:
- ENRICK, Norbert Lloyd; MOTTLEY, Harry E - Quality Control for Profit: Gaining the Competitive Edge. 3. CRC Press, 1985. ISBN: 0824774248
- FORCADA, Nuria; GANGOLELLS, Marta; CASALS, Miquel; MACARULLA, Marcel. (2017). Factors affecting rework costs in construction. *Journal of Construction Engineering and Management*. Vol. 143. n.º 8 (2017). p. 04017032. ISSN: 0733-9364
- FORMOSO, Carlos T.; SOIBELMAN, Lucio; DE CESARE, Cláudia; ISATTO, Eduardo L. (2002). Material Waste in Building Industry: Main Causes and Prevention. *Journal of Construction Engineering and Management*. Vol. 128. n.º 4 (2002). p. 316-325. ISSN: 0733-9364
- GAYBARIAN, O.; MYASISHCHEV, G. (2017). The practical application of client-oriented technologies of linguistic communication. *Engineering Journal of Don*. Vol. 4. n.º 47 (2017). p. 193. ISSN:
- GOMES, A. S.; ALMEIDA, A. B.; CASTREO, A. T.; PAIXÃO, J.; CALDEIRA, L.; PIMENTA, L.; VISEU, T. (2005). 1º Relatório de Progresso–Grupo de Trabalho de Análise de Riscos em Barragens. *Comissão Nacional Portuguesa das Grandes Barragens–CNPGB, Lisboa, Portugal*. (2005). ISSN:
- HELLARD, R. Baden - Total Quality in Construction Projects: Achieving Profitability with Customer Satisfaction. Thomas Telford, 1993. ISBN: 0727719513
- HEMPEL, Carl Gustav - Problems and changes in the empiricist criterion of meaning. Bruxelles : Revue Internationale De Philosophie, 1950
- INFRASPEAK - Análise de Árvore de Falhas: Definição, Aplicação e Vantagens • Infraspak Blog [Em linha], atual. 9 sep. 2020. [Consult. 10 nov. 2020]. Disponível em WWW:<<https://blog.infraspak.com/pt-pt/analise-arvore-de-falhas/>>.
- JOSEPHSON, P-E; HAMMARLUND, Yngve. (1999). The Causes and Costs of Defects in Construction: A study of seven building projects. *Automation in construction*. Vol. 8. n.º 6 (1999). p. 681-687. ISSN: 0926-5805

- JUNIOR, Carlos - Ciclo PDCA, uma ferramenta imprescindível ao gerente de projetos [Em linha], atual. 30 may. 2017. [Consult. 4 jan. 2021]. Disponível em WWW:<<https://www.doxplan.com/Noticias/Post/Ciclo-PDCA,-uma-ferramenta-imprescindivel-ao-gerente-de-projetos>>.
- KAGAN, Harvey A. (1983). Evaluating Construction Failures. *Journal of Construction Engineering and Management*. Vol. 109. n.º 4 (1983). p. 460-472. ISSN: 0733-9364
- KANG, Julian H.; ANDERSON, Stuart D.; CLAYTON, Mark J. (2007). Empirical study on the merit of web-based 4D visualization in collaborative construction planning and scheduling. *Journal of Construction Engineering and Management*. Vol. 133. n.º 6 (2007). p. 447-461. ISSN: 0733-9364
- LEE, SangHyun; PEÑA-MORA, Feniosky; PARK, Moonseo 2003 Quality and Change Management Framework for Concurrent Design and Construction. 2003. ISBN/ISSN:
- LEE, SangHyun; PEÑA-MORA, Feniosky; PARK, Moonseo. (2006). Web-enabled system dynamics model for error and change management on concurrent design and construction projects. *Journal of Computing in Civil Engineering*. Vol. 20. n.º 4 (2006). p. 290-300. ISSN: 0887-3801
- LOVE, Peter E. D.; MATTHEWS, Jane; FANG, Weili. (2020). Rework in Construction: A Focus on Error and Violation. *Journal of Construction Engineering and Management*. Vol. 146. n.º 9 (2020). p. 06020001. ISSN: 0733-9364
- LOVE, Peter E. D.; SMITH, Jim. (2016a). Error management: implications for construction. *Construction Innovation*. Vol. 16. n.º 4 (2016a). p. 418-424. ISSN: 1471-4175
- LOVE, Peter E. D.; SMITH, Jim. (2016b). Toward Error Management in Construction: Moving beyond a Zero Vision. *Journal of Construction Engineering and Management*. Vol. 142. n.º 11 (2016b). p. 04016058. ISSN: 0733-9364
- LOVE, Peter E. D.; SMITH, Jim; TEO, Pauline. (2018a). Putting into practice error management theory: Unlearning and learning to manage action errors in construction. *Applied Ergonomics*. Vol. 69. (2018a). p. 104-111. Disponível em WWW: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29477317>>. ISSN: 1872-9126 (Electronic)
- LOVE, Peter E. D.; TEO, Pauline; ACKERMANN, Fran; SMITH, Jim; ALEXANDER, James; PALANESWARAN, Ekambaram; MORRISON, John. (2018b). Reduce rework, improve safety: an empirical inquiry into the precursors to error in construction. *Production Planning & Control*. Vol. 29. n.º 5 (2018b). p. 353-366. ISSN: 0953-7287
- LOVE, Peter E. D.; TEO, Pauline; MORRISON, John. (2018c). Revisiting quality failure costs in construction. *Journal of Construction Engineering and Management*. Vol. 144. n.º 2 (2018c). p. 05017020. ISSN: 0733-9364
- MANUTENÇÃO EM FOCO - FTA (Fault Tree Analysis) – Parte I [Em linha], atual. 11 jun. 2017. [Consult. 12 nov. 2020]. Disponível em WWW:<<https://www.manutencaoemfoco.com.br/fta-fault-tree-analysis-parte-i/>>.
- MENDONÇA, Ana Lisa Português Valagão de 2013 Métodos de avaliação de riscos: contributo para a sua aplicabilidade no setor da construção civil. 2013. ISBN/ISSN:
- MURPHY, Martina; TOOKEY, John E.; HEANEY, George; PERERA, Srinath. (2011). A Methodology for Evaluating Construction Innovation Constraints Through Project Stakeholder Competencies and FMEA. *Construction Innovation*. Vol. 11. n.º 4 (2011). p. 416-440. ISSN: 1471-4175
- NIKOLAY, Ivanov. (2016). A Study on Optimization of Nonconformities Management Cost in the Quality Management System (QMS) of Small-sized Enterprise of the Construction Industry. *Procedia Engineering*. Vol. 153. (2016). p. 228-231. ISSN: 18777058
- OBERLENDER, Garold D. - Project Management for Engineers and Construction. McGraw-Hill Science/Engineering/Math, 1993. ISBN:
- ROSENFELD, Yehiel. (2014). Root-cause analysis of construction-cost overruns. *Journal of Construction Engineering and Management*. Vol. 140. n.º 1 (2014). p. 04013039. ISSN: 0733-9364

- ROUNDS, Jerald L.; CHI, Nai-Yuan. (1985). Total Quality Management for Construction. *Journal of Construction Engineering and Management*. Vol. 111. n.º 2 (1985). p. 117-128. ISSN: 0733-9364
- SCIENCE BUDDIES - Comparing the Engineering Design Process and the Scientific Method [Em linha]. [S.l.] : Science Buddies, 2012, atual. 20 jun. 2012. [Consult. 3 nov. 2020]. Disponível em WWW:<<https://www.sciencebuddies.org/science-fair-projects/engineering-design-process/engineering-design-compare-scientific-method>>.
- SCIENCE BUDDIES - Steps of the Scientific Method [Em linha]. [S.l.] : Science Buddies, 2012, atual. 7 jun. 2012. [Consult. 3 nov. 2020]. Disponível em WWW:<<https://www.sciencebuddies.org/science-fair-projects/science-fair/steps-of-the-scientific-method>>.
- SHTUB, Avraham. (1995). Distributed Database for Project Control. *International Journal of Project Management*. Vol. 13. n.º 3 (1995). p. 173-176. ISSN: 0263-7863
- SILVA, Catarina Gomes da 2013 Análise da Árvore de falhas do processo de cozedura da Cerâmica F. Santiago, SA. 2013. ISBN/ISSN:
- SILVA, Sónia R. C. ; FONSECA, Manuel; DE BRITO, Jorge. (2006). Metodologia FMEA e sua aplicação à construção de edifícios. (2006). ISSN:
- STAMATELATOS, Michael; VESELY, William; DUGAN, Joanne; FRAGOLA, Joseph; MINARICK, Joseph; RAILSBACK, Jan. (2002). Fault tree handbook with aerospace applications. (2002). ISSN:
- STANDARDIZATION, International Organization for - Quality Management Systems-Fundamentals and Vocabulary (ISO 9000: 2015). ISO Copyright office, 2015. ISBN:
- TUHACEK, Martin; SVOBODA, Pavel. (2019). Quality of Project Documentation. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. Vol. 471. (2019). p. 052012. ISSN: 1757-899X
- WANBERG, John; HARPER, Christofer; HALLOWELL, Matthew R.; RAJENDRAN, Sathyanarayanan. (2013). Relationship between construction safety and quality performance. *Journal of Construction Engineering and Management*. Vol. 139. n.º 10 (2013). p. 04013003. ISSN: 0733-9364
- YAMANE, Alexandre Kenji; SOUZA, Luiz Gonzaga Mariano de. (2007). Aplicação do mapeamento de árvore de falhas (FTA) para melhoria contínua em uma empresa do setor automobilístico. *Encontro Nacional de Engenharia de Produção*. Vol. 27. (2007). ISSN:

ANEXOS

- A1. INQUÉRITO AOS TRABALHADORES**
- A2. INQUÉRITO AOS CLIENTES**
- A3. ÁRVORE DE FALHAS TOTAL**
- A4. ÁRVORE DE FALHAS: MÃO-DE-OBRA**
- A5. ÁRVORE DE FALHAS: EQUIPAMENTOS**
- A6. ÁRVORE DE FALHAS: MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO**
- A7. ÁRVORE DE FALHAS: PLANEAMENTO**
- A8. ÁRVORE DE FALHAS: GESTÃO**
- A9. ÁRVORE DE FALHAS: TECNOLOGIAS CONSTRUTIVAS**
- A10. ÁRVORE DE FALHAS: SOLUÇÕES CONSTRUTIVAS**

A1. INQUÉRITO AOS TRABALHADORES

1ª parte: Identificação do interlocutor

Todas as informações serão confidenciais e os dados fornecidos não serão divulgados.

1. Nome/ Nome da empresa *

2. Idade *

Mark only one oval.

- 0-20
 21-30
 31-40
 41-50
 51-65

3. Sexo *

Mark only one oval.

- Feminino
 Masculino

4. Formação base *

Mark only one oval.

- Ensino primário
 Ensino básico
 Ensino secundário
 Formação profissional
 Licenciatura
 Mestrado
 Doutorado

2ª parte: Identificação da Obra

9. Identificação (Obra de...)

10. Data de início *

Example: January 7, 2019

11. Data de fim *

Example: January 7, 2019

12. Tipo de obra: *

Mark only one oval.

- Loja/Espaço Comercial
 Escritório
 Habitação
 Armazém
 Espaço exterior
 Outro

13. Se "outro", qual?

5. Anos de experiência profissional *

Mark only one oval.

- 0-10
 11-20
 21-30
 31-40
 +41

6. Qual a relação com a empresa *

Mark only one oval.

- Cliente
 Eng. Diretor de Obra
 Trabalhador
 Subempreiteiro
 Outro

7. Se "outro", qual?

8. Número de anos de relação com a empresa *

Mark only one oval.

- 0-5
 6-10
 +11

Caracterização construtiva

Os 6 pontos seguintes requerem respostas breves e genéricas

14. 1. Paredes e revestimentos *

15. 2. Vãos de portas e janelas *

16. 3. Cobertura *

17. 4. Pavimentos *

18. 5. Estrutura *

19. 6. Área de construção (m2) *

20. Trata-se de uma obra.. *

Mark only one oval.

- Individual
 Condomínio

21. Caracterização da empreitada (o que fizeram na obra; Por exemplo: reabilitação de uma fachada): *

3ª parte: Avaliação da Qualidade

1. Avaliação da empresa

22. 1.1. Satisfação geral (classificação de 0-"nada satisfeito", 1-"pouco satisfeito", 2-"satisfeito" até 3-"muito s

0 1 2 3

nada satisfeito muito satisfeito

1.2. Classifique de 0-"mau", 1-"razoável", 2-"bom" até 3-"muito bom":

23. 1.2.1. Relação com a empresa: *

Mark only one oval.

0 1 2 3

mau muito bom

24. 1.2.2. Simpatia dos colaboradores: *

Mark only one oval.

0 1 2 3

mau muito bom

25. 1.2.3. Capacidades técnicas: *

Mark only one oval.

0 1 2 3

mau muito bom

26. 1.2.4. Preço: *

0 1 2 3

mau muito bom

27. 1.2.5. Qualidade do produto final: *

Mark only one oval.

0 1 2 3

mau muito bom

2. Voltaria a trabalhar com a empresa?

Se aplicável: Cliente ou Subempreiteiro/ Trabalhador independente

28. 2.1. Escolha a opção: *

Mark only one oval.

- Sim
 Não

29. 2.2. Se "Não", porquê?

Check all that apply.

- Preço elevado
 Mau relacionamento com os colaboradores
 Descoordenação da equipa
 Qualidade fraca
 Falta de planeamento/organização
 Outro

30. 2.2.1. Se "outro", qual?

3. Apreciação geral da empresa

3.1. Problemas relativos à mão de obra:

Classifique de 0-"muitos problemas", 1-"alguns problemas", 2-"poucos problemas" até 3-"não houve problemas":

31. 3.1.1. Falta de formação *

Mark only one oval.

0 1 2 3

muitos problemas não houve problemas

32. 3.1.2. Falta de qualidade dos trabalhos *

Mark only one oval.

0 1 2 3

muitos problemas não houve problemas

33. 3.1.3. Relacionamento com os colaboradores *

Mark only one oval.

0 1 2 3

muitos problemas não houve problemas

34. 3.1.4. Incumprimento de horários *

Mark only one oval.

0 1 2 3

muitos problemas não houve problemas

35. 3.1.5. Falta de motivação *

Mark only one oval.

0 1 2 3

muitos problemas não houve problemas

36. 3.1.6. Incumprimento do planeamento/ordens *

Mark only one oval.

0 1 2 3

muitos problemas não houve problemas

37. 3.1.7. Incapacidade de resolução de problemas *

Mark only one oval.

0 1 2 3

muitos problemas não houve problemas

38. 3.1.8. Falta de iniciativa *

Mark only one oval.

0 1 2 3

muitos problemas não houve problemas

39. 3.1.9. Outro:

40. 3.2.1. Equipamentos avariados *

Mark only one oval.

0 1 2 3

muitos problemas não houve problemas

41. 3.2.2. Equipamentos chegam tarde à obra *

Mark only one oval.

0 1 2 3

muitos problemas não houve problemas

42. 3.2.3. Não/Mau funcionamento *

Mark only one oval.

0 1 2 3

muitos problemas não houve problemas

43. 3.2.4. Equipamentos não adequados à tarefa *

Mark only one oval.

0 1 2 3

muitos problemas não houve problemas

44. 3.2.5. Equipamentos muito ruidosos *

Mark only one oval.

0 1 2 3

muitos problemas não houve problemas

45. 3.2.6. Dificil utilização (complexidade) *

Mark only one oval.

0 1 2 3

muitos problemas não houve problemas

46. 3.2.7. Outro:

3.3. Problemas relativos a materiais de construção:

Classifique de 0="muitos problemas", 1="alguns problemas", 2="poucos problemas" até 3="não houve problemas":

47. 3.3.1. Materiais em desacordo com o projeto *

Mark only one oval.

0 1 2 3

muitos problemas não houve problemas

48. 3.3.2. Insuficiência de materiais *

Mark only one oval.

0 1 2 3

muitos problemas não houve problemas

49. 3.3.3. Utilização de variantes com qualidade inferior *

Mark only one oval.

0 1 2 3

muitos problemas não houve problemas

50. 3.3.4. Materiais desadequados à tarefa *

Mark only one oval.

0 1 2 3

muitos problemas não houve problemas

51. 3.3.5. Materiais sem certificação CE *

Mark only one oval.

0 1 2 3

muitos problemas não houve problemas

52. 3.3.6. Outro:

3.4. Problemas relativos a tecnologias construtivas:

53. 3.4.1. Assinale os locais onde foram encontrados defeitos: *

Check all that apply.

- Coberturas
- Paredes
- Pavimentos
- Janelas
- Portas
- Instalações elétricas
- Redes de esgoto
- Outro

54. 3.4.2. Se "outro", qual?

3.4.3. Nos locais onde foram encontrados defeitos em 3.4.1.:

Classifique de 0="muito grave", 1="grave", 2="pouco grave" até 3="sem gravidade":

55. 3.4.3.1. Descrição do problema: *

56. 3.4.3.1.1. Classificação: *

Mark only one oval.

0 1 2 3

muito grave sem gravidade

57. 3.4.3.1.2. Causas possíveis para os problemas descritos: *

58. 3.4.3.2. Descrição do problema:

59. 3.4.3.2.1. Classificação:

Mark only one oval.

0 1 2 3

muito grave sem gravidade

60. 3.4.3.2.2. Causas possíveis para os problemas descritos:

61. 3.4.3.3. Descrição do problema:

62. 3.4.3.3.1. Classificação:

Mark only one oval.

0 1 2 3

muito grave sem gravidade

63. 3.4.3.3.2. Causas possíveis para os problemas descritos:

3.5. Problemas relativos ao planeamento e gestão:

Classifique de 0-'muitos problemas', 1-'alguns problemas', 2-'poucos problemas' até 3-'não houve problemas':

Se Eng. Diretor de obra avance para 3.5.2.

3.5.1. Se Encarregado/ Subempreiteiro/ Trabalhador:

64. 3.5.1.1. Planeamento pouco claro

Mark only one oval.

0 1 2 3
muitos problemas não houve problemas

65. 3.5.1.2. Planeamento desajustado às tarefas/tempo

Mark only one oval.

0 1 2 3
muitos problemas não houve problemas

66. 3.5.1.3. Comunicação do planeamento desajustada (maneira como fui informado das minhas tarefas)

Mark only one oval.

0 1 2 3
muitos problemas não houve problemas

67. 3.5.1.4. Planeamento não tem concordância com a realidade

Mark only one oval.

0 1 2 3
muitos problemas não houve problemas

68. 3.5.1.5. Muitas alterações ao planeamento inicial

Mark only one oval.

0 1 2 3
muitos problemas não houve problemas

69. 3.5.1.6. Tarefas pouco claras

Mark only one oval.

0 1 2 3
muitos problemas não houve problemas

70. 3.5.1.7. Alteração de horários

Mark only one oval.

0 1 2 3
muitos problemas não houve problemas

71. 3.5.1.8. Outro:

72. 3.5.2.1. Software de gestão/planeamento

Mark only one oval.

0 1 2 3
muitos problemas não houve problemas

73. 3.5.2.1.1. Qual o software utilizado?

74. 3.5.2.2. Gestão de equipas

Mark only one oval.

0 1 2 3
muitos problemas não houve problemas

75. 3.5.2.3. Gestão de prazos

Mark only one oval.

0 1 2 3
muitos problemas não houve problemas

76. 3.5.2.4. Gestão de custos

Mark only one oval.

0 1 2 3
muitos problemas não houve problemas

77. 3.5.2.5. Gestão de materiais

Mark only one oval.

0 1 2 3
muitos problemas não houve problemas

78. 3.5.2.6. Gestão de equipamentos

Mark only one oval.

0 1 2 3
muitos problemas não houve problemas

79. 3.5.2.7. Falta de concordância entre o planeamento e a realidade

Mark only one oval.

0 1 2 3
muitos problemas não houve problemas

80. 3.5.2.8. Escassez de tempo em fase prévia à obra

Mark only one oval.

0 1 2 3
muitos problemas não houve problemas

81. 3.5.2.9. Grau de pormenor/detalhe dos objetivos

Mark only one oval.

0 1 2 3
muitos problemas não houve problemas

82. 3.5.2.10. Planeamento sofre muitas alterações

Mark only one oval.

0 1 2 3
muitos problemas não houve problemas

83. 3.5.2.11. Outro:

84. 4. Identifique até 3 pontos fortes, sendo o primeiro o mais forte e o terceiro o menos forte: *

85. 5. Identifique até 3 pontos fracos, sendo o primeiro o mais fraco e o terceiro o menos fraco: *

A2. INQUÉRITO AOS TRABALHADORES

1ª parte: Identificação do interlocutor

Todas as informações serão confidenciais e os dados fornecidos não serão divulgados.

1. Nome/ Nome da empresa *

2. Idade *

Mark only one oval.

- 0-20
 21-30
 31-40
 41-50
 51-65

3. Sexo *

Mark only one oval.

- Feminino
 Masculino

4. Formação base *

Mark only one oval.

- Ensino primário
 Ensino básico
 Ensino secundário
 Formação profissional
 Licenciatura
 Mestrado
 Doutoramento

5. Anos de experiência profissional *

Mark only one oval.

- 0-10
 11-20
 21-30
 31-40
 +41

6. Qual a relação com a empresa *

Mark only one oval.

- Cliente
 Eng. Diretor de Obra
 Trabalhador
 Subempreiteiro
 Outro

7. Se "outro", qual?

8. Número de anos de relação com a empresa *

Mark only one oval.

- 0-5
 6-10
 +11

2ª parte: Identificação da Obra

9. Identificação (Obra de...) *

10. Data de início *

Example: January 7, 2019

11. Data de fim *

Example: January 7, 2019

12. Tipo de obra: *

Mark only one oval.

- Loja/Espaço Comercial
 Escritório
 Habitação
 Armazém
 Espaço exterior
 Outro

13. Se "outro", qual?

Caracterização construtiva

Os 6 pontos seguintes requerem respostas breves e genéricas

14. 1. Paredes e revestimentos

15. 2. Vãos de portas e janelas

16. 3. Cobertura

17. 4. Pavimentos

18. 5. Estrutura

19. 6. Área de construção (m²) *

20. Trata-se de uma obra... *

Mark only one oval.

- Individual
 Condomínio

1. Avaliação da empresa

21. 1.1. Satisfação geral (classificação de 0-"nada satisfeito", 1-"pouco satisfeito", 2-"satisfeito" até 3-"muito satisfeito"); *

Mark only one oval.

	0	1	2	3
nada satisfeito	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
				muito satisfeito

1.2. Classifique de 0-"mau", 1-"razoável", 2-"bom" até 3-"muito bom":

22. 1.2.1. Relação com a empresa: *

Mark only one oval.

	0	1	2	3
mau	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
				muito bom

23. 1.2.2. Simpatia dos colaboradores: *

Mark only one oval.

	0	1	2	3
mau	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
				muito bom

24. 1.2.3. Capacidades técnicas: *

Mark only one oval.

	0	1	2	3
mau	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
				muito bom

25. 1.2.4. Preço: *

Mark only one oval.

	0	1	2	3
mau	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
				muito bom

26. 1.2.5. Qualidade do produto final: *

Mark only one oval.

	0	1	2	3
mau	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
				muito bom

2. Voltaria a trabalhar com a empresa?

27. 2.1. Escolha a opção: *

Mark only one oval.

Sim

Não

28. 2.2. Se "Não", porquê?

Check all that apply.

- Preço elevado
- Mau relacionamento com os colaboradores
- Descoordenação da equipa
- Qualidade fraca
- Falta de planeamento/organização
- Outro

29. 2.2.1. Se "outro", qual?

3. Apreciação geral da empresa

3.1. Problemas relativos à mão de obra:

Classifique de 0-"muitos problemas", 1-"alguns problemas", 2-"poucos problemas" até 3-"não houve problemas":

30. 3.1.1. Falta de formação: *

Mark only one oval.

	0	1	2	3
muitos problemas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
				não houve problemas

31. 3.1.2. Falta de qualidade dos trabalhos: *

Mark only one oval.

	0	1	2	3
muitos problemas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
				não houve problemas

32. 3.1.3. Relacionamento com os colaboradores: *

Mark only one oval.

	0	1	2	3
muitos problemas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
				não houve problemas

33. 3.1.4. Incumprimento de horários: *

Mark only one oval.

	0	1	2	3
muitos problemas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
				não houve problemas

34. 3.1.5. Falta de motivação: *

Mark only one oval.

	0	1	2	3
muitos problemas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
				não houve problemas

35. 3.1.6. Incumprimento do planeamento/ordens: *

Mark only one oval.

	0	1	2	3
muitos problemas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
				não houve problemas

36. 3.1.7. Incapacidade de resolução de problemas: *

Mark only one oval.

	0	1	2	3
muitos problemas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
				não houve problemas

37. 3.1.8. Falta de iniciativa: *

Mark only one oval.

	0	1	2	3
muitos problemas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
				não houve problemas

38. 3.1.9. Outro:

3.5. Problemas relativos ao planeamento e gestão:

Classifique de 0-"muitos problemas", 1-"alguns problemas", 2-"poucos problemas" até 3-"não houve problemas":

39. 3.5.1. Alterações no custo: *

Mark only one oval.

	0	1	2	3
muitos problemas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
				não houve problemas

40. 3.5.2. Alterações no prazo: *

Mark only one oval.

	0	1	2	3
muitos problemas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
				não houve problemas

41. 3.5.3. Alterações ao plano de trabalhos: *

Mark only one oval.

	0	1	2	3
muitos problemas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
				não houve problemas

42. 3.5.4. Pouca transparência relativamente ao que está a ser feito: *

Mark only one oval.

	0	1	2	3
muitos problemas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
				não houve problemas

42. 3.5.4. Pouca transparência relativamente ao que está a ser feito *

Mark only one oval.

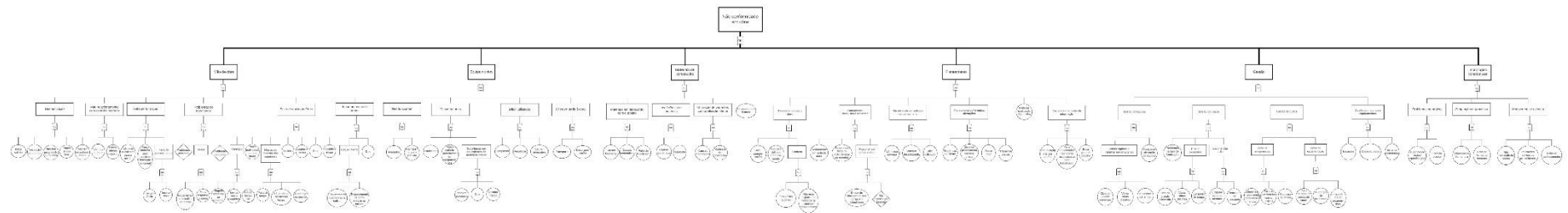
	0	1	2	3	
multos problemas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	não houve problemas

43. 3.5.5. Outro:

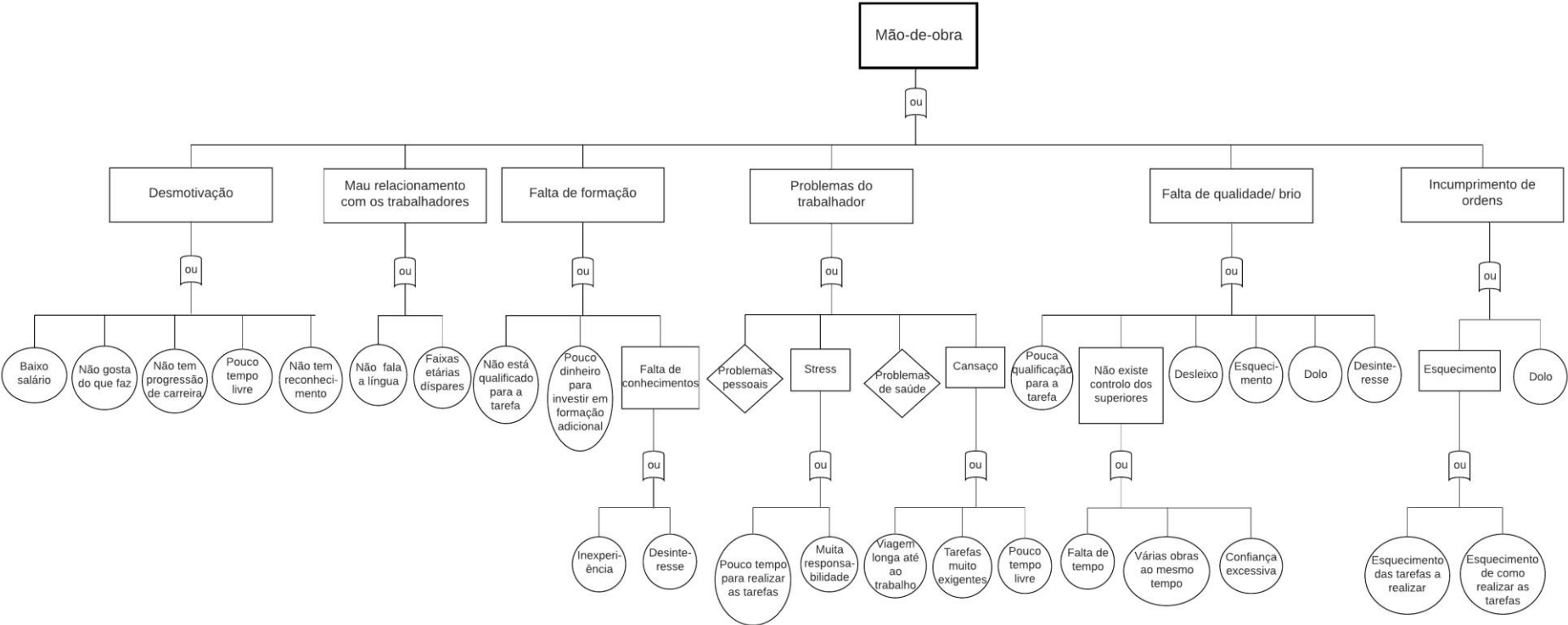
44. 4. Identifique até 3 pontos fortes, sendo o primeiro o mais forte e o terceiro o menos forte: *

45. 5. Identifique até 3 pontos fracos, sendo o primeiro o mais fraco e o terceiro o menos fraco: *

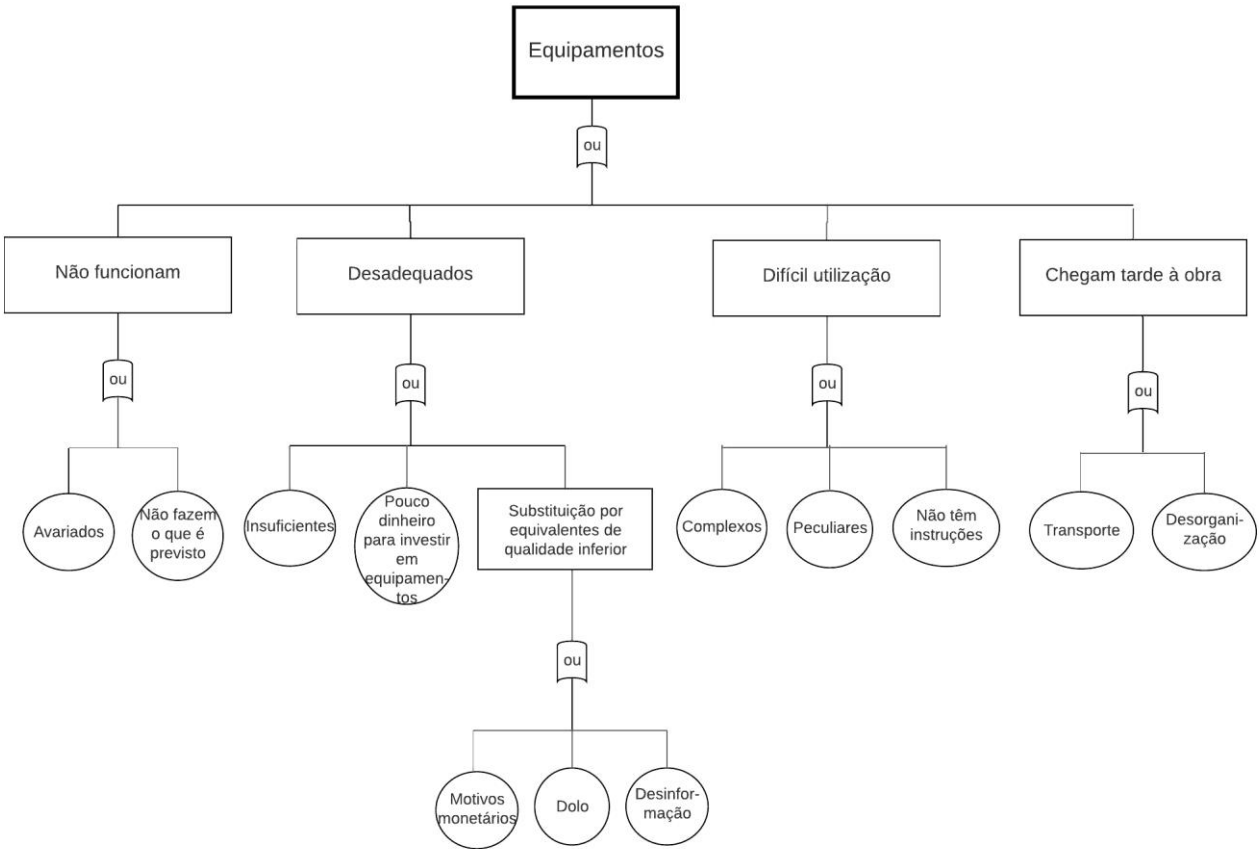
A3. ÁRVORE DE FALHAS TOTAL



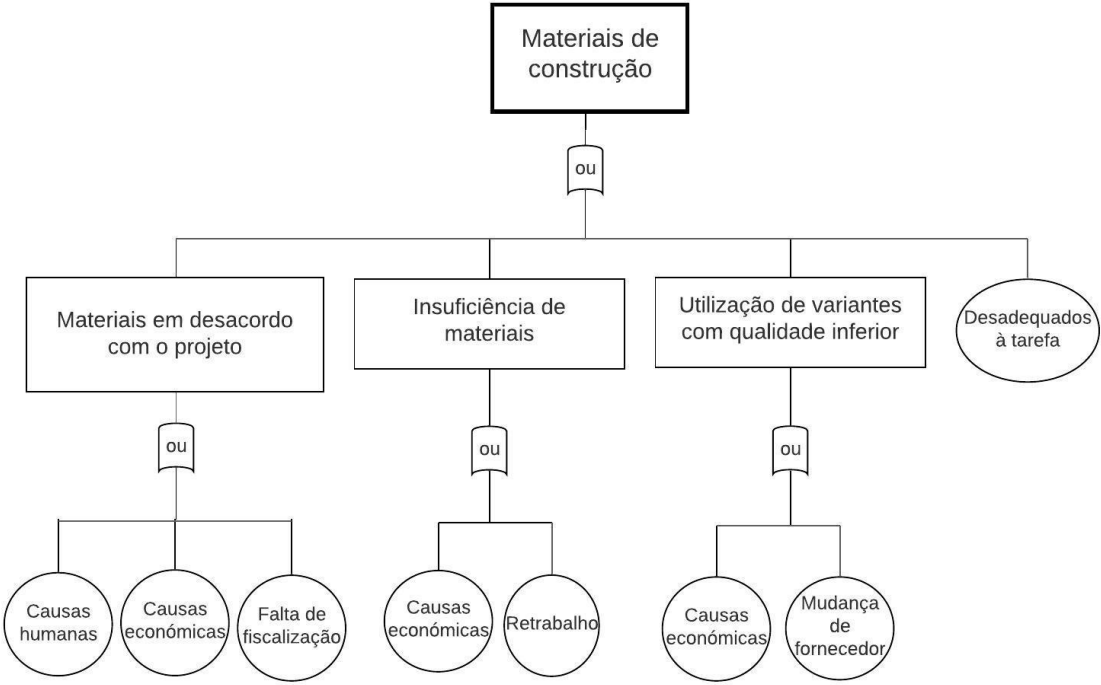
A4. ÁRVORE DE FALHAS: MÃO-DE-OBRA



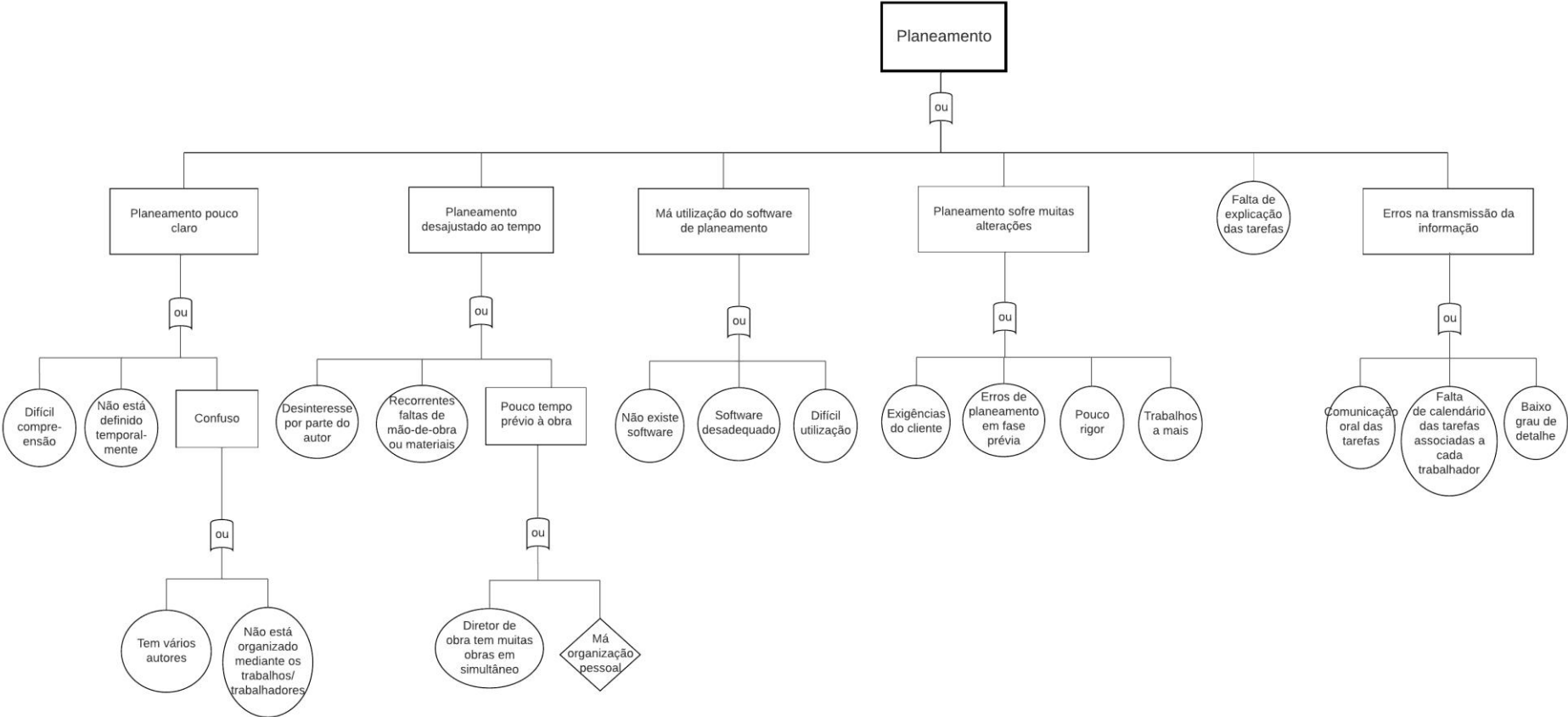
A5. ÁRVORE DE FALHAS: EQUIPAMENTOS



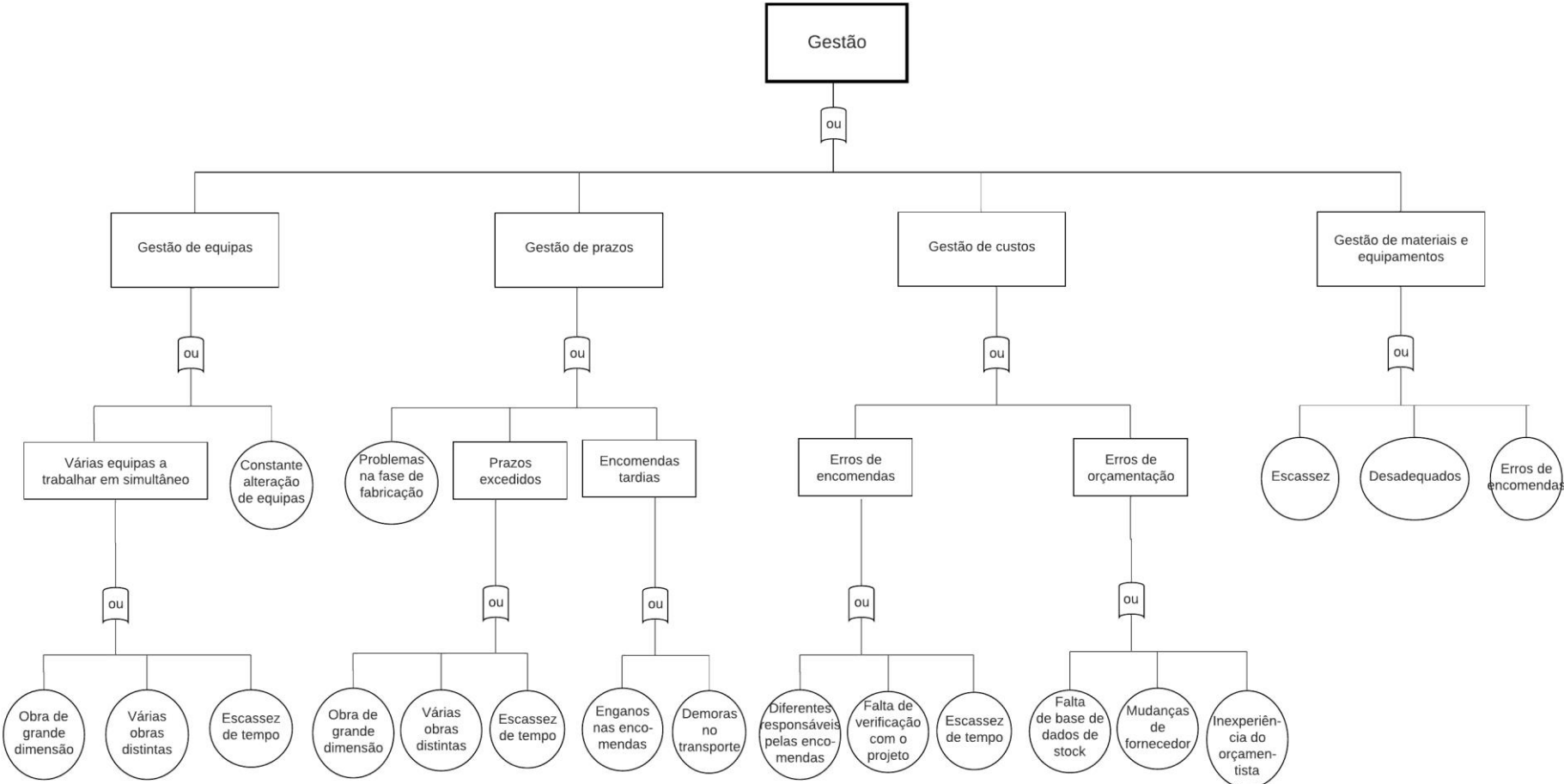
A6. ÁRVORE DE FALHAS: MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO



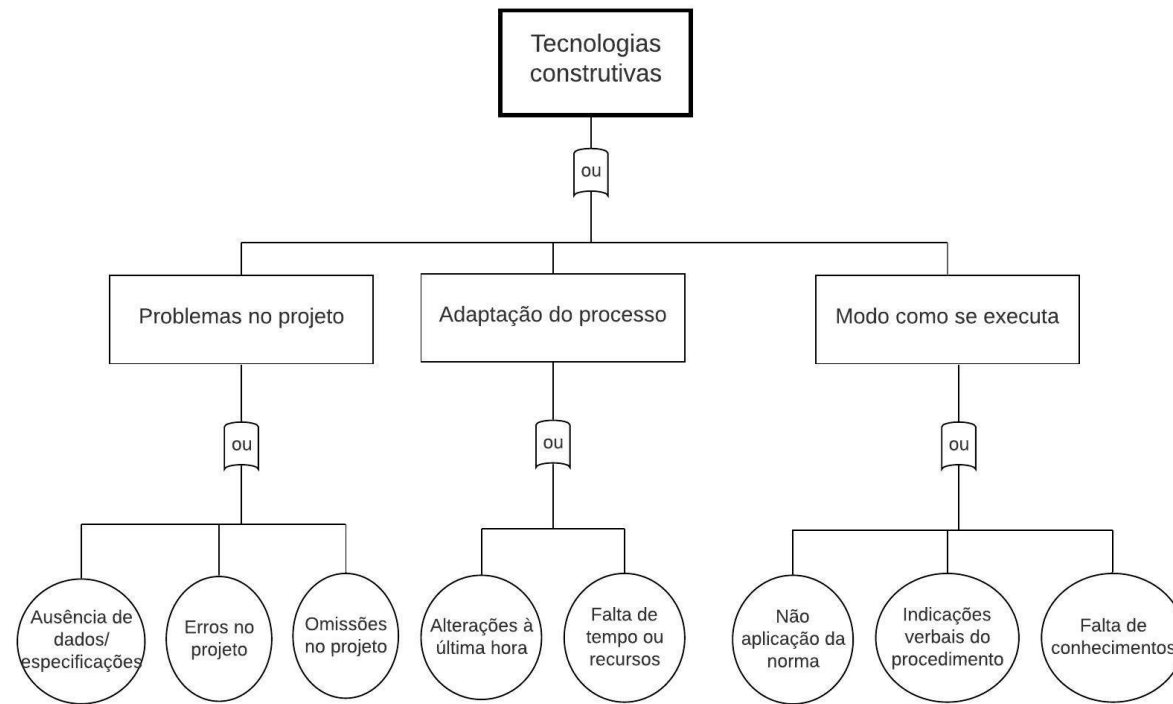
A7. ÁRVORE DE FALHAS: PLANEAMENTO



A8. ÁRVORE DE FALHAS: GESTÃO



A9. ÁRVORE DE FALHAS: TECNOLOGIAS CONSTRUTIVAS



A10. ÁRVORE DE FALHAS: SOLUÇÕES CONSTRUTIVAS

