



GESTÃO DO RISCO NA CONSTRUÇÃO DE ESTACAS MOLDADAS E CRAVADAS DÚCTEIS E SUAS IMPLICAÇÕES ECONÓMICAS

PEDRO MANUEL HIPÓLITO PARAÍSO DA MATA
Licenciado em Engenharia Geológica (pré-Bolonha)

DOUTORAMENTO EM ENGENHARIA GEOLÓGICA

Universidade NOVA de Lisboa

Julho 2021

Gestão do risco na construção de estacas moldadas e dúcteis cravadas e suas implicações económicas

PEDRO MANUEL HIPÓLITO PARAÍSO DA MATA

Licenciado em Engenharia Geológica (pré-Bolonha)

Orientadora: Ana Paula Fernandes da Silva,
Professora Auxiliar DCT/FCT NOVA

Coorientador: Fernando Farinha da Silva Pinho,
Professor Auxiliar DEC/FCT NOVA

Júri:

Presidente: Fernando José Cebola Lidon,
Professor Catedrático da FCT NOVA

Arguentes: José Claudino Pinho Cardoso,
Professor Associado da Universidade de Aveiro

Alexandre da Luz Pinto,
Especialista em Geotecnia pela ordem dos Engenheiros
e Diretor Técnico da JETsj – Geotecnia Lda

Orientadora: Ana Paula Fernandes da Silva,
Professora Auxiliar da FCT NOVA

Membros: João Marcelino Mateus da Silva,
Investigador Principal com Habilitação do Laboratório Nacional de
Engenharia Civil
José António de Almeida
Professor Associado com Agregação da FCT NOVA

DOUTORAMENTO EM ENGENHARIA GEOLÓGICA

Universidade NOVA de Lisboa
Julho 2021

Gestão do risco na construção de estacas moldadas e dúcteis cravadas e suas implicações económicas

Copyright © Pedro Manuel Hipólito Paraíso da Mata, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa.

A Faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade Nova de Lisboa têm o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objetivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.

DEDICATÓRIA

À minha família, aos que trabalharam e conheceram a realidade das obras de fundações e todos aqueles que lerem este estudo com vontade de desenvolver esta temática.

AGRADECIMENTOS

A realização desta dissertação foi um objetivo traçado em 2014 e que não seria possível sem o apoio de algumas pessoas e empresas, a quem deixo o meu agradecimento.

Aos meus orientadores Professora Doutora Ana Paula Silva e Professor Doutor Fernando Pinho pelo incentivo, orientação e paciência demonstrada;

Às empresas Bauer Spezialtiefbau GmH e Bauer Angola onde me foi permitido desenvolver parte do trabalho;

Aos colegas Carlos Vaz e Patrícia Oliveira pela disponibilização de dados;

Ao Sr. Aníbal Agostinho pela disponibilização de documentação relativa a bentonites;

Aos meus amigos Jorge Varetas, Luís Moreno e Virgílio Ramos pelo incentivo;

À minha mulher e ao meu filho pela paciência;

Ao meu pai pelo incentivo e financiamento.

RESUMO

O crescimento demográfico e a migração populacional para as zonas urbanas, nomeadamente as grandes cidades, têm induzido a necessidade de construir em locais geotecnicaamente menos adequados o que, aliado a estudos geotécnicos de fraca qualidade técnica, leva muitas vezes a alterações ao projeto e ao planeamento e à reorçamentação de fundações profundas, por vezes já durante a fase construtiva, levando a que a execução destas fundações seja uma das etapas do processo construtivo onde os desvios orçamentais são mais frequentes. Estas situações são potencialmente geradoras de litígios durante a construção, aumentando os custos associados para os diferentes *stakeholders*.

A geologia constitui uma fonte de incerteza significativa nos projetos de fundações, em particular quando estes são realizados em gabinetes expatriados relativamente ao local de construção, encarecendo assim as soluções adotadas. O que se referiu pode ser quantificado em termos financeiros, económicos ou monetários, e gerido com base num risco aceitável com vista a uma adequada perceção e gestão do problema em análise.

Neste contexto, desenvolve-se uma metodologia de gestão do risco a implementar na fase de construção de estacas moldadas com vara *Kelly* e dúcteis cravadas, visando contribuir para a sustentabilidade da construção e evitar litígios. A dissertação inicia-se com uma introdução ao tema em estudo, seguindo-se a descrição dos principais métodos de execução de fundações profundas, dando-se uma enfase maior às estacas moldadas e dúcteis cravadas.

Em seguida discutem-se alguns conceitos de temática da gestão do risco e da gestão económica.

A metodologia proposta para a gestão do risco em fase construtiva tem por base as ocorrências registadas em empreitadas de construção de estacas moldadas ou dúcteis cravadas coordenadas pelo autor, em Angola, em zonas não sísmicas, num total de cerca de 70.000 m de estacas. Para aplicar a metodologia, identificam-se os perigos potenciais e obtém-se os valores das verosimilhanças para os eventos perigosos detetados naquelas empreitadas que possibilitam estimar os danos associados, os valores financeiros envolvidos e o risco na fase de construção. Com base nas obras analisadas, concebeu-se ainda um conjunto de árvores de eventos. A metodologia desenvolvida identifica os perigos potenciais, geológico-geotécnicos, técnicos, humanos e económico-financeiros, através de listas de verificação, avalia os riscos associados e classifica a sua magnitude, propondo depois um conjunto de medidas para os controlar, eliminando ou mitigando os referidos riscos sempre que os valores económicos envolvidos sejam considerados inaceitáveis.

Para validação da metodologia, a gestão do risco é aplicada a 12 empreitadas, também coordenadas pelo autor, em Angola, que envolveram a construção de cerca de 50.000 m de estacas moldadas e dúcteis cravadas em solos grosseiros, com intercalações pouco espessas de solos finos. Além disso, mostra-se como a componente económica do contrato é alterada e pode influenciar e/ou ser afetada em função da decisão para o tratamento do risco. A implementação simples, aliada ao efetivo controlo de custos, em tempo real, dos resultados de produção no contexto da gestão dos riscos obtidos naqueles casos de obra, validam a metodologia proposta.

Conclui-se assim que a metodologia desenvolvida revela aplicabilidade e eficiência na fase construtiva de empreitadas de estacas moldadas ou dúcteis cravadas, em solos grosseiros, com ou sem intercalações de solos mais finos, verificando-se uma melhoria nas margens produção por comparação às margens comerciais. Regista-se ainda que, caso a metodologia da gestão do risco não tivesse sido aplicada, os resultados das margens económicas das empreitadas seriam em média 21% mais gravosos relativamente às margens reais obtidas.

Palavras-chave: Gestão do risco; fase de construção; fundações profundas; estacas moldadas; estacas dúcteis; controlo de custo; solos grosseiros.

ABSTRACT

Population growth and its migration to urban areas, particularly large cities have induced the need to build in geotechnically less suitable sites which, combined with geotechnical studies of poor quality, often lead to changes in the design, planning, and re-budgeting of deep foundations, sometimes already during the construction stage, making its construction process one of the stages where budget deviations are more frequent. These situations potentially generate litigation during construction, increasing the associated costs for the different stakeholders.

Geology is a source of significant uncertainty in foundation projects, particularly when these are carried out in expatriate offices in relation to the construction site, thus making the adopted solutions more expensive. The aforementioned can be quantified in financial, economic or monetary terms, and managed based on an acceptable risk aiming to an adequate perception and management of the problem under analysis.

In this context, a risk management methodology is developed to be implemented at the construction stage of bored piles (Kelly technique) and ductile driven piles, aiming to contribute to the sustainability of the construction and avoid litigation.

The dissertation begins with an introduction to the subject under study, followed by a description of the main methods of execution of deep foundations, giving greater emphasis to cast-in-place and ductile driven piles. Then, some concepts related to risk management and economic management are discussed.

The methodology proposed for risk management in the construction phase is based on the occurrences recorded at construction contracts for bored and ductile piles coordinated by the author, in Angola, in non-seismic areas, in a total of approximately 70,000 m of piles. To apply the methodology, the potential hazards are identified, and their likelihood values are obtained for the hazardous events detected in those contracts making it possible to estimate the associated damages, the financial amounts of losses involved, and the risk in the construction stage. Based on the analyzed works, a set of event trees is also conceived. The developed methodology identifies potential geological-geotechnical, technical, human, and economic-financial hazards, through checklists, assess the associated risks and classifies their magnitude, then proposes a set of measures to control them, eliminating or mitigating such risks, whenever the economic values involved, are considered unacceptable.

To validate the methodology, risk management is applied to 12 contracts, also coordinated by the author, in Angola, which involves the construction of around 50,000 m of bored and ductile driven piles into coarse soils, with thin intercalations of clays. In addition, it shows how the economic component of the contract is changed and can influence and/or be affected, depending on the decision to deal with the risk. The simple implementation, allied to the effective cost control, in real-time, of the production results in the context of risk management obtained in those cases of study, validate the proposed methodology.

It is thus concluded that the developed methodology reveals applicability and efficiency in the construction stage bored piles (Kelly technique) or ductile driven piles, in coarse soils, with or without intercalations of clays, verifying an improvement in production margins compared to the predicted commercial ones. It should also be noted that, if the risk management methodology had not been applied, the results of the economic margins of the works would have been, on average, 21% more burdensome in relation to the real margins obtained.

Keywords: Risk management; construction phase; deep foundations; bored piles; ductile piles; cost control; coarse soils

ÍNDICE GERAL

Dedicatória	VII
Agradecimentos	IX
Resumo.....	XI
Abstract.....	XIII
Índice geral	XV
Índice de figuras	XXIII
Índice de tabelas	XXXI
Lista de abreviaturas	XXXVII
1. Introdução.....	1
1.1. Considerações iniciais	1
1.2. Enquadramento do tema	1
1.3. Motivação.....	8
1.4. Objetivos e metodologias.....	11
1.5. Organização da dissertação.....	13
2. Fundações profundas e aspetos construtivos correntes - Revisão da literatura	17
2.1. Considerações iniciais	17
2.2. Tipos de fundações profundas.....	18
2.2.1 Estacas moldadas: aplicação e processos construtivos.....	20
2.2.1.1 Com trado contínuo	21
2.2.1.1.1 Com trado contínuo e revestimento.....	23
2.2.1.2 Estacas moldadas utilizando vara “Kelly”	26
2.2.1.2.1 Recorrendo a fluído estabilizador.....	33
2.2.1.2.2 Recorrendo a tubos moldadores	37

2.2.1.2.3	Recorrendo a tubo guia, a seco.....	40
2.2.1.2.4	Recorrendo a deslocamento de solo	41
2.2.2	Estacas dúcteis cravadas: aplicação e processo construtivo	43
2.2.2.1	Cravação, com ou sem injeção	47
2.2.2.2	Corte	49
2.3.	Outros tipos de fundações profundas	50
2.3.1	Barretas: aplicação e processo construtivo	50
2.3.1.1	Escavação convencional com balde de maxilas	53
2.3.1.2	Escavação com hidrofresa	55
2.3.2	Microestacas: aplicação e processo construtivo	56
2.3.2.1	Perfuração.....	58
2.3.2.2	Selagem e injeções	61
2.4.	Fluidos estabilizadores em fundações profundas.....	62
2.4.1	Bentonite	63
2.4.2	Polímero	69
2.5.	Materiais utilizados em estacas e técnicas de aplicação.....	71
2.5.1	Betões, betonagem submersa e demolição da cabeça das estacas	71
2.5.2	Armadura das estacas	77
3.	Gestão do risco e gestão económica.....	79
3.1.	Considerações iniciais	79
3.2.	Alguns conceitos associados à gestão do risco	81
3.2.1	Categoria Geotécnica de projetos e Classes de Segurança.....	84
3.2.2	Perceção do risco.....	86
3.2.3	Literatura relativa à gestão do risco na construção e fundações	90
3.3.	Conceitos de gestão aplicados na fase construtiva	97
3.4.	Publicações do autor no âmbito desta temática	102
4.	Empreitadas analisadas e casos de estudo.....	105
4.1.	Considerações iniciais	105
4.2.	Empreitadas de estacas analisadas para identificar os perigos, os danos associados e as verosimilhanças	106
4.2.1	Perigos identificados em empreitadas de fundações profundas com técnicas não abrangidas nos casos de estudo	107
4.2.2	Empreitadas com estacas moldadas e cravadas analisadas	111
4.3.	Empreitadas com estacas em Angola para validação do método	114
4.3.1	Enquadramento geológico.....	117
4.3.2	Empreitadas de estacas moldadas.....	120
4.3.2.1	Parque tecnológico da Camama, Luanda	120

4.3.2.2	Edifício em Alvalade, Luanda	122
4.3.2.3	Centro de formação Benfica, Luanda	124
4.3.2.4	Viaduto na Avenida Deolinda Rodrigues, Luanda.....	125
4.3.2.5	Igreja Talatona, Luanda	127
4.3.2.6	Ponte metálica da Boavista, Luanda.....	128
4.3.2.7	Viaduto da Corimba, Luanda	130
4.3.2.8	Viaduto do NAIL, Luanda	131
4.3.3	Empreitadas de estacas dúcteis	132
4.3.3.1	Viadutos sobre a Via Expressa, Luanda.....	132
4.3.3.2	Edifício habitacional no Zango, Luanda	134
4.3.3.3	Hospital do Cuíto, Bié.....	135
4.3.3.4	Empreendimento Nova Vida, Luanda	136
5.	Modelo proposto para a gestão do risco.....	139
5.1.	Considerações iniciais	139
5.2.	Enquadramento geral da metodologia	140
5.3.	Aplicabilidade e descrição dos pressupostos do modelo	144
5.4.	Processo de controlo do custo adequado à fase de construção.....	151
5.5.	Implementação da metodologia na construção de estacas moldadas com vara “Kelly” e dúcteis cravadas.....	155
5.5.1	Perigos identificados nas empreitadas analisadas.....	155
5.5.1.1	Perigos verificados nas empreitadas de estacas moldadas	158
5.5.1.2	Perigos identificados nas empreitadas de estacas dúcteis cravadas....	161
5.5.2	Verosimilhanças para a ocorrência de eventos perigosos	162
5.5.3	Principais danos associados identificados	167
5.5.4	Análise e avaliação dos riscos	170
5.5.5	Árvores de eventos para estacas moldadas	173
5.5.5.1	Recorrendo a suspensões bentoníticas	174
5.5.5.2	Recorrendo a suspensões de polímeros	182
5.5.5.3	Recorrendo a tubos moldadores	187
5.5.5.4	A seco recorrendo a tubo guia.....	191
5.5.6	Árvores de eventos para estacas dúcteis cravadas	195
5.5.6.1	Não injetadas.....	195
5.5.6.2	Injetadas.....	200
5.6.	Avaliação dos danos em situação de “best way out” ou da necessidade de mitigação	204
5.6.1	Danos em estacas moldadas com suspensões bentoníticas	205
5.6.1.1	Perda da estaca	205

5.6.1.2	Sobreconsumo.....	207
5.6.1.3	Colapso da estaca	208
5.6.1.4	Perda de rendimento.....	209
5.6.1.5	Impedimento da execução	210
5.6.1.6	Impedimento ou dificuldade de bombagem.....	211
5.6.1.7	Registo incompleto ou inexistente do ocorrido	212
5.6.1.8	Paragem da perfuração.....	213
5.6.2	Danos em estacas moldadas com tubos moldadores	214
5.6.2.1	Impedimento da execução	214
5.6.2.2	Perda de rendimento.....	215
5.6.2.3	Subida da armadura.....	216
5.6.2.4	Inclusões no fuste da estaca	218
5.6.2.5	Registo incompleto ou inexistente do ocorrido	219
5.6.2.6	Paragem da perfuração.....	220
5.6.3	Danos em estacas dúcteis cravadas.....	221
5.6.3.1	Abandono da técnica	221
5.6.3.2	Perda da estaca	222
5.6.3.3	Perda de rendimento.....	223
5.6.3.4	Registo incompleto ou inexistente do ocorrido	224
5.6.3.5	Desvio ou encurvamento da estaca	225
5.6.3.6	Recálculo da capacidade da estaca	227
5.6.3.7	Paragem da cravação	228
6.	Validação do método proposto na construção de estacas em Angola	229
6.1.	Considerações iniciais	229
6.2.	Gestão do risco de empreitadas de estacas moldadas.....	230
6		230
6.2.1	Parque tecnológico da Camama, Luanda.....	230
6.2.1.1	Identificação e magnitude do risco	230
6.2.1.2	Tratamento do risco	231
6.2.2	Edifício em Alvalade, Luanda.....	234
6.2.2.1	Identificação dos perigos.....	234
6.2.2.2	Avaliação da magnitude do risco	234
6.2.2.3	Tratamento do risco	235
6.2.3	Centro de formação Benfica, Luanda.....	237
6.2.3.1	Identificação dos perigos.....	238
6.2.3.2	Avaliação da magnitude do risco	238
6.2.3.3	Tratamento do risco	238

6.2.4	Viaduto na Deolinda Rodrigues, Luanda	241
6.2.4.1	Identificação dos perigos.....	241
6.2.4.2	Avaliação da magnitude do risco	242
6.2.4.3	Tratamento do risco	242
6.2.5	Igreja Talatona, Luanda	243
6.2.5.1	Identificação dos perigos.....	243
6.2.5.2	Avaliação da magnitude do risco	244
6.2.5.3	Tratamento do risco	244
6.2.6	Ponte metálica da Boavista, Luanda	246
6.2.6.1	Identificação dos perigos.....	246
6.2.6.2	Avaliação da magnitude do risco	246
6.2.6.3	Tratamento do risco	246
6.2.7	Viaduto da Corimba, Luanda	247
6.2.7.1	Identificação dos perigos.....	248
6.2.7.2	Avaliação da magnitude dos riscos	248
6.2.7.3	Tratamento do risco	249
6.2.8	Viaduto do NAIL, Luanda	249
6.2.8.1	Identificação dos perigos.....	249
6.2.8.2	Avaliação da magnitude do risco	250
6.2.8.3	Tratamento do risco	250
6.3.	Empreitadas de estacas dúcteis cravadas.....	251
6.3.1	Viadutos sobre a Via Expressa, Luanda	251
6.3.1.1	Identificação dos perigos.....	251
6.3.1.2	Avaliação da magnitude do risco	251
6.3.1.3	Tratamento do risco	252
6.3.2	Edifício habitacional no Zango, Luanda.....	252
6.3.2.1	Identificação dos perigos.....	252
6.3.2.2	Avaliação da magnitude do risco	252
6.3.2.3	Tratamento do risco	253
6.3.3	Hospital do Cuíto, Bié	253
6.3.3.1	Identificação dos perigos.....	253
6.3.3.2	Avaliação da magnitude do risco	254
6.3.3.3	Tratamento do risco	254
6.3.4	Empreendimento Nova Vida, Luanda	255
6.3.4.1	Identificação dos perigos.....	256
6.3.4.2	Avaliação da magnitude do risco	256
6.3.4.3	Tratamento do risco	256

6.4.	Análise e discussão de resultados	257
6.4.1	Resultados práticos da aplicação da metodologia	257
6.4.2	Resultados económicos para as empreitadas.....	258
7.	Considerações finais e perspectivas futuras.....	261
	Referências bibliográficas.....	267
	Apêndice 1 - Exemplo de mapa de controlo de custos baseado em CBA por natureza.....	287
	Considerações iniciais	287
A1.1	Folhas de Excel exemplificativas do programa de controlo de custos utilizado.....	288
	Apêndice 2 - Dados de produção das empreitadas.....	295
	Considerações iniciais	295
A2.1	Parque tecnológico da Camama, Luanda.....	296
A2.2	Edifício em Alvalade, Luanda.....	301
A2.3	Centro de formação Benfica, Luanda.....	317
A2.4	Viaduto na Deolinda Rodrigues, Luanda	319
A2.5	Igreja Talatona, Luanda	328
A2.6	Ponte metálica da Boavista, Luanda	331
A2.7	Viaduto da Corimba, Luanda	336
A2.8	Viaduto do NAIL, Luanda	341
A2.9	Viadutos sobre a Via Expressa, Luanda	347
A2.10	Edifício habitacional no Zango, Luanda	357
A2.11	Hospital do Cuíto, Bié.....	358
A2.12	Empreendimento Nova Vida, Luanda	361
	Apêndice 3 - Listas de verificação de perigos potenciais para empreitadas de estacas	371
	Considerações iniciais	371
A3.1	Listas de verificação de perigos comuns em empreitadas de estacas moldadas com vara “Kelly” ou dúcteis cravadas	372
A3.2	Lista de verificação de perigos explícitos em empreitadas de estacas moldadas com recurso a suspensão bentonítica	373
A3.3	Lista de verificação de perigos explícitos em empreitadas de estacas moldadas com recurso a suspensão de polímero	374
A3.4	Lista de verificação de perigos explícitos em empreitadas de estacas moldadas com tubos moldadores	374
A3.5	Lista de verificação de perigos explícitos em empreitadas de estacas moldadas com tubo guia	374

A3.6 Lista de verificação de perigos explícitos em empreitadas de estacas dúcteis cravadas não injetadas	375
A3.7 Lista de verificação de perigos explícitos em empreitadas de estacas dúcteis cravadas injetadas	375
Apêndice 4 – Publicações realizadas no âmbito da investigação	377
Considerações iniciais	377
A4.1 BIM – GGIM: conceitos e aplicações na geotecnia (primeira página)	377
A4.2 Risk management procedure in the execution of deep foundations (primeira página)	379
A4.3 Risk management procedure in the execution of deep foundations (Classificação do prémio da apresentação)	380
A4.4 Risk management interaction of bored piling construction on sandy soils with real time cost control (primeira página)	381

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 – Risco <i>versus</i> tempo e custo de projeto	4
Figura 1.2 – Enquadramento da central de bentonites para a hidrofresa de Espinho.....	5
Figura 1.3 – Aspeto geral da hidrofresa utilizada na empreitada em Espinho	5
Figura 1.4 – Intervenção no Terreiro do Paço, Lisboa: a) aspeto dos terrenos; b) enquadramento geral da obra.....	6
Figura 1.5 – a) Empreitada de cravação de estacas dúcteis em Luanda: vista geral; b) aspeto de uma estaca após encurvadura	6
Figura 2.1 - Tipos de fundações com base na relação profundidade / largura...	18
Figura 2.2 – Designação corrente de fundações em fase de construção e respetivas técnicas construtivas	19
Figura 2.3 –Representação esquemática do processo construtivo de estacas a trado contínuo.....	22
Figura 2.4 – Representação esquemática do processo construtivo de estacas a trado contínuo entubadas.....	24
Figura 2.5 – Vista geral da empreitada de estacas moldadas com vara “Kelly”	26
Figura 2.6 – Tipos de varas “Kelly” e torque.....	27
Figura 2.7 – Terminologia utilizada na construção de estacas.....	28
Figura 2.8 – Tipos de cortina de estacas – a) Espaçada; b) Tangente; c) Secante	33
Figura 2.9 – Representação esquemática do processo construtivo de estacas com bentonite.....	34
Figura 2.10 – Tubos moldadores de parede dupla	38
Figura 2.11 – a) Mesa de bambeamento; b) Extrator	38

Figura 2.12 – Representação esquemática do processo construtivo de estacas moldadas com tudo recuperável	39
Figura 2.13 – Representação esquemática do processo construtivo de estacas moldadas a seco	41
Figura 2.14 – Representação esquemática do processo construtivo de estacas de deslocamento de solo	42
Figura 2.15 – Pormenor do encaixe das estacas dúcteis.....	43
Figura 2.16 – Representação esquemática de estacas dúcteis cravadas: a) não injetadas; b) injetadas	44
Figura 2.17 – Cravação de estacas dúcteis	45
Figura 2.18 – Cravação de estacas dúcteis inclinadas, não injetadas	46
Figura 2.19 – Representação esquemática da aplicabilidade de estacas dúcteis cravadas	47
Figura 2.20 - Representação esquemática do processo construtivo de estacas dúcteis cravadas não injetadas	48
Figura 2.21 - – Representação esquemática do processo construtivo de estacas dúcteis cravadas injetadas.....	48
Figura 2.22 – Cortes de pormenores de ponteiros de estacas dúcteis.....	49
Figura 2.23 – Equipamentos para escavação de barretas ou parede moldada ...	51
Figura 2.24 – Tipos de juntas de paredes moldadas ou barretas.....	53
Figura 2.25 – Representação esquemática do processo construtivo de barretas com balde de maxilas.....	53
Figura 2.26 – Representação esquemática do processo construtivo de barretas com recurso hidrofresa	56
Figura 2.27 – Máquina perfuradora de pequeno diâmetro, UBW 06.....	57
Figura 2.28 – Aparelho Logac, para medição, registo de caudal e pressão das injeções de calda.....	62
Figura 2.29 – Estrutura cristalina da bentonite.....	64
Figura 2.30 – Equipamentos para ensaio de bentonite em obra	66
Figura 2.31 – Equipamentos para ensaios de fluidos estabilizadores em laboratório.....	67
Figura 2.32 – Desarenador.....	67
Figura 2.33 – Coluna de betonagem (Tubos tremie).....	72
Figura 2.34 – Condições de fronteira geométricas e hidrostáticas numa betonagem.....	73
Figura 2.35 - Aspeto da cabeça das estacas, demolidas para aproveitamento como “rip-rap”	75

Figura 3.1 – Riscos de projetos de engenharia.....	89
Figura 3.2 – Categorias de “riscos” na construção.....	91
Figura 3.3 – Processo de informação lógica para seleção de fundações profundas	92
Figura 3.4 – Distribuição percentual dos custos associados a um edifício típico.....	93
Figura 3.5 – Terminologia e esquema de fluxos empresariais	99
Figura 4.1 – Diagrama triangular de classificação de Feret.....	106
Figura 4.2– Localização das empreitadas utilizadas para a obtenção de dados	113
Figura 4.3 – Pormenor da zona de Luanda com a localização das empreitadas utilizadas para a obtenção de dados.....	114
Figura 4.4 – Localização dos casos de estudo para validação do método na província de Luanda, Angola	117
Figura 4.5 – Excerto da coluna litostratigráfica das formações na província de Luanda da Carta Geológica à escala 1:25.000 da Faculdade de Ciências da Universidade Agostinho Neto (2000)	118
Figura 4.6 – Excerto da Carta Geológica de Angola folha 1 à escala 1:1.000.000, Luanda, ING (1988)	119
Figura 4.7 – Excerto da Carta Geológica de Angola, folha 4 à escala 1:1.000.000, ING (1988).....	120
Figura 4.8 – Operação de corte do “tremie” na obra Parque Tecnológico da Camama	122
Figura 4.9 – Vista geral, para noroeste da contenção do Edifício em Alvalade	122
Figura 4.10 – Vista para Sul da obra Centro de formação Benfica	124
Figura 4.11 – Vista geral para leste da obra Viaduto Deolinda Rodrigues	125
Figura 4.12 – Vista para Sul da obra Igreja de Talatona.....	127
Figura 4.13 – Vista para Oeste da construção da Ponte metálica da Boavista..	129
Figura 4.14 – Vista para Leste da construção do Viaduto da Corimba.....	130
Figura 4.15 – Vista para Norte da obra Viaduto da NAIL.....	132
Figura 4.16 – Vista para Norte da construção dos Viadutos sobre a Via Expressa	133
Figura 4.17 – MBG 12 na cravação de estacas dúcteis injetadas na obra do edifício habitacional no Zango.....	134
Figura 4.18 – Vista para Leste da obra do Hospital do Cuíto	135
Figura 4.19 – Vista para Leste da obra Empreendimento Nova Vida.....	137
Figura 5.1 – Interação dos riscos com desvios e orçamentação numa empreitada de fundações profundas	143

Figura 5.2 - Interação dos riscos versus custos nas fases de uma empreitada de construção	148
Figura 5.3 - Esquema da metodologia da gestão do risco a aplicar na construção de estacas	150
Figura 5.4 – Fluxograma do CBA por atividade ao longo da construção	152
Figura 5.5 – Rendibilidade do custo do risco na fase construtiva	153
Figura 5.6 – Processo de produção para estacas com recurso a fluído estabilizador	158
Figura 5.7 – Processo de produção para estacas com tubo moldador recuperável	160
Figura 5.8 – Riscos aceitáveis e significativos <i>versus</i> implicações económicas e ações sugeridas	172
Figura 5.9 – Fluxograma exemplificativo de seleção do método de perfuração na presença de alternâncias de areias e argilas	173
Figura 5.10 – Árvore de eventos para presença de cascalheiras ou blocos na construção de estacas moldadas com suspensões bentoníticas	175
Figura 5.11 – Árvore de eventos para a presença de argilas contaminantes na construção de estacas moldadas com suspensões bentoníticas	177
Figura 5.12 – Árvore de eventos para a presença de água salobra ou salgada na construção de estacas moldadas com suspensões bentoníticas	179
Figura 5.13 – Árvore de eventos para fraco domínio da técnica na construção de estacas moldadas com suspensões bentoníticas	180
Figura 5.14 – Árvore de eventos para a inadequação do método ou do equipamento na construção de estacas moldadas com suspensões bentoníticas	182
Figura 5.15 – Árvore de eventos para a presença de cascalheiras ou blocos na construção de estacas moldadas com suspensões poliméricas	183
Figura 5.16 – Árvore de eventos para a presença de aquíferos com variação do nível freático em areias muito permeáveis na construção de estacas moldadas com suspensões poliméricas	184
Figura 5.17 – Árvore de eventos para o fraco domínio da técnica na construção de estacas moldadas com suspensões poliméricas	186
Figura 5.18 – Árvore de eventos para a inadequação do método ou do equipamento na construção de estacas moldadas com suspensões poliméricas	187
Figura 5.19 – Árvore de eventos para a presença de cascalheiras ou blocos na construção de estacas moldadas com tubos moldadores	188

Figura 5.20 – Árvore de eventos para a presença de areias com níveis freáticos artesianos na construção de estacas moldadas com tubos moldadores	189
Figura 5.21 – Árvore de eventos para o fraco domínio da técnica na construção de estacas moldadas com tubos moldadores	190
Figura 5.22 – Árvore de eventos para a inadequação do método ou do equipamento na construção de estacas moldadas com tubos moldadores.....	191
Figura 5.23 – Árvore de eventos para a presença de nível freático na construção de estacas moldadas a seco com tubo guia	192
Figura 5.24 – Árvore de eventos para a litologia sem capacidade autoportante na construção de estacas moldadas a seco com tubo guia.....	193
Figura 5.25 – Árvore de eventos para o fraco domínio da técnica na construção de estacas moldadas a seco com tubo guia	194
Figura 5.26 – Árvore de eventos para a inadequação do método ou do equipamento na construção de estacas moldadas a seco com tubo guia	195
Figura 5.27 – Árvore de eventos para a profundidade do terreno passível de nega na construção de estacas dúcteis cravadas não injetadas	196
Figura 5.28 – Árvore de eventos para a presença de calhaus ou blocos na construção de estacas dúcteis cravadas não injetadas	197
Figura 5.29 – Árvore de eventos para o fraco domínio da técnica na construção de estacas dúcteis cravadas não injetadas.....	199
Figura 5.30 – Árvore de eventos para a inadequação do método ou do equipamento na construção de estacas dúcteis cravadas não injetadas.....	200
Figura 5.31 – Árvore de eventos para a presença de calhaus ou blocos na construção de estacas dúcteis cravadas injetadas.....	201
Figura 5.32 – Árvore de eventos para o fraco domínio da técnica na construção de estacas dúcteis cravadas injetadas	202
Figura 5.33 – Árvore de eventos para a inadequação do método ou do equipamento na construção de estacas dúcteis cravadas injetadas	204
Figura 5.34 – Diagrama de ação perante o dano perda de estacas	206
Figura 5.35 – Diagrama de ação perante o dano sobreconsumo	207
Figura 5.36 – Diagrama de ação perante o dano colapso da estaca.....	208
Figura 5.37 – Diagrama de ação perante o dano perda de rendimento.....	210
Figura 5.38 – Diagrama de ação perante o dano impedimento de execução....	211
Figura 5.39 – Diagrama de ação perante o dano impedimento ou dificuldade de bombagem	212
Figura 5.40 – Diagrama de ação perante o dano registo incompleto ou inexistente do ocorrido	213

Figura 5.41 – Diagrama de ação perante o dano paragem da perfuração.....	214
Figura 5.42 – Diagrama de ação perante o dano impedimento de execução....	215
Figura 5.43 – Diagrama de ação perante o dano perda de rendimento.....	215
Figura 5.44 – Diagrama de ação perante o dano subida da armadura	217
Figura 5.45 – Diagrama de ação perante o dano inclusões no fuste da estaca .	218
Figura 5.46 – Diagrama de ação perante o dano registo incompleto ou inexistente de ocorrência	220
Figura 5.47 – Diagrama de ação perante o dano paragem da perfuração.....	221
Figura 5.48 – Diagrama de ação perante o dano eventual de abandono da técnica	222
Figura 5.49 – Diagrama de ação perante o dano perda da estaca.....	223
Figura 5.50 – Diagrama de ação perante o dano perda de rendimento.....	224
Figura 5.51 – Diagrama de ação perante o dano registo incompleto ou inexistente de um evento.....	225
Figura 5.52 – Diagrama de ação perante o dano desvio ou encurvamento da estaca	226
Figura 5.53 – Diagrama de ação perante o dano recálculo da capacidade da estaca	227
Figura 5.54 – Diagrama de ação perante o dano paragem da cravação	228
Figura 6.1 – Quadro “Lista” do controlo do custo com a obra paralisada.....	232
Figura 6.2 – Quadro “Lista” do controlo do custo construindo estacas sem reciclar a suspensão bentonítica	233
Figura 6.3 – Evolução diária da produção em obra.....	239
Figura 6.4 - Comparação entre a produção com gestão do risco e a projeção sem gestão do risco.....	240
Figura 6.5 – Evolução diária da produção média realizada na empreitada da Igreja de Talatona	245
Figura 6.6 - Margens percentuais das obras analisadas.....	259
Figura 7.1 - Esquema resumo para a gestão do risco proposta para a construção de estacas	264
Figura A1.1 – Programa de controlo dos custos, aspeto da folha "Lista"	289
Figura A1.2 – Programa de controlo dos custos, aspeto da folha "Programa" .	290
Figura A1.3 – Programa de controlo dos custos, aspeto da folha relativa aos custos com estaleiro da empreitada	291
Figura A1.4 – Programa de controlo dos custos, aspeto da folha relativa aos custos com a construção estacas Ø800mm.....	292

Figura A1.5 – Programa de controlo dos custos, aspeto da folha relativa aos custos com a construção estacas Ø1200mm.....	293
Figura A1.6 – Programa de controlo dos custos, aspeto da folha relativa aos custos com a direção de obra	294

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 2.1 – Aspectos relevantes da construção de estacas com trado contínuo (CFA e DKS)	25
Tabela 2.2 - Tipos de trados para vara “Kelly” e sua aplicação	29
Tabela 2.3 – Tipos de baldes para vara “Kelly” e sua aplicação	30
Tabela 2.4 – Tipos de carotiers para vara “Kelly” e sua aplicação	31
Tabela 2.5 – Aspectos da construção de estacas moldadas com fluidos estabilizadores.....	36
Tabela 2.6 – Aspectos construtivos relevantes acerca de estacas dúcteis cravadas	50
Tabela 2.7 – Aspectos relevantes da construção de barretas.....	51
Tabela 2.8 – Aspectos relevantes da perfuração para microestacas.....	59
Tabela 2.9 – Equipamentos de ensaio e características da bentonite recomendadas na EN 1538: 2010 para uma obra de fundações.....	65
Tabela 2.10 – Influência das características da bentonite nas fundações profundas	69
Tabela 2.11 – Valores característicos para utilização de polímeros em obras de fundações profundas.....	70
Tabela 2.12 – Características principais das técnicas de demolição da cabeça das estacas; ((Bauer) 2017) modificada	76
Tabela 3.1 – Ferramentas básicas de gestão do risco e principais fontes bibliográficas	80
Tabela 3.2 – Análise do risco <i>versus</i> gestão do risco	83
Tabela 3.3 – Resumo de alguns trabalhos relevantes publicados relativos à gestão do risco em projetos CG3.....	85
Tabela 3.4 – Atribuição de classes do risco conforme o EC7	86

Tabela 4.1 – Barretas: principais perigos na construção	108
Tabela 4.2 – Microestacas: principais perigos na construção	109
Tabela 4.3 – Estacas com trado contínuo: principais perigos na construção	110
Tabela 4.4 – Estacas com vara “Kelly”: principais perigos na construção com utilização de polímeros.....	110
Tabela 4.5 - Estacas com tubo guia: principais perigos na construção	111
Tabela 4.6 – Empreitadas de estacas moldadas com vara “Kelly” selecionadas para determinação de dados.....	112
Tabela 4.7 – Empreitadas de estacas dúcteis cravadas selecionadas para determinação de dados.....	112
Tabela 4.8 – Empreitadas de estacas moldadas, em Angola selecionadas para a validação do modelo de gestão do risco desenvolvido	115
Tabela 4.9 – Empreitadas de estacas dúcteis cravadas, em Angola selecionadas para a validação do modelo de gestão do risco desenvolvido	116
Tabela 4.10 – Parque tecnológico da Camama: quantidades e margens das estacas construídas.....	121
Tabela 4.11 – Edifício em Alvalade: quantidades e margens das estacas construídas.....	123
Tabela 4.12 – Centro de formação de Benfica: quantidades e margens das estacas construídas.....	125
Tabela 4.13 – Viaduto na Deolinda Rodrigues: quantidades e margens das estacas construídas.....	126
Tabela 4.14 – Igreja Talatona: quantidades e margens das estacas construídas	128
Tabela 4.15 – Ponte metálica da Boavista, Luanda: quantidades e margens das estacas construídas	129
Tabela 4.16 – Viaduto da Corimba: quantidades e margens das estacas construídas.....	131
Tabela 4.17 – Viaduto do NAIL: quantidades e margens das estacas construídas	132
Tabela 4.18 – Viadutos da Via Expressa: quantidades e margens das estacas construídas.....	133
Tabela 4.19 – Edifício habitacional no Zango: quantidades e margens das estacas construídas.....	135
Tabela 4.20 – Hospital do Cuíto: quantidades e margens das estacas construídas	136
Tabela 4.21 – Empreendimento Nova Vida: quantidades e margens das estacas construídas.....	137

Tabela 5.1 – Percepção dos riscos <i>versus</i> orçamentação	145
Tabela 5.2 – Estacas com vara “Kelly”: principais perigos na construção	157
Tabela 5.3 – Estacas dúcteis cravadas: principais perigos na construção.....	157
Tabela 5.4 – Eventos ocorridos em estacas moldadas com suspensões bentoníticas em Angola.....	159
Tabela 5.5 – Eventos ocorridos em estacas moldadas com suspensões poliméricas	159
Tabela 5.6 – Eventos ocorridos em estacas moldadas com tubos moldadores em Angola	160
Tabela 5.7 – Eventos ocorridos em estacas moldadas com tubo guia em Angola	161
Tabela 5.8 – Eventos ocorridos em estacas dúcteis cravadas não injetadas em Angola	161
Tabela 5.9 – Eventos ocorridos em estacas dúcteis cravadas injetadas em Angola	162
Tabela 5.10 – Verosimilhança da ocorrência de eventos para estacas moldadas com vara “Kelly” e suspensão bentonítica em Angola	163
Tabela 5.11 - Verosimilhança da ocorrência de eventos para estacas moldadas com vara “Kelly” e tubos moldadores em Angola	163
Tabela 5.12 – Verosimilhança da ocorrência de eventos para estacas dúcteis cravadas não injetadas em Angola.....	163
Tabela 5.13 - Verosimilhança da ocorrência de eventos para estacas dúcteis cravadas injetadas em Angola	164
Tabela 5.14 – Exemplo de danos em operação de betonagem de estacas moldadas com vara “Kelly”	164
Tabela 5.15 – Verosimilhanças da ocorrência de eventos perigosos em estacas moldadas suspensões bentoníticas	165
Tabela 5.16 – Verosimilhanças da ocorrência de eventos perigosos em estacas moldadas com fluido estabilizador de polímero	165
Tabela 5.17 – Verosimilhanças da ocorrência de eventos perigosos em estacas moldadas com tubos moldadores	166
Tabela 5.18 – Verosimilhanças da ocorrência de eventos perigosos em estacas moldadas com tubo guia	166
Tabela 5.19 – Verosimilhanças da ocorrência de eventos perigosos em estacas dúcteis cravadas não injetadas	167
Tabela 5.20 – Verosimilhanças da ocorrência de eventos perigosos em estacas dúcteis cravadas injetadas.....	167

Tabela 5.21 – Classe dos danos em função da percentagem do custo construtivo associado	168
Tabela 5.22 – Danos em estacas moldadas utilizando suspensões de bentonite e respetivas classes	169
Tabela 5.23 - Danos em estacas moldadas utilizando suspensões com polímeros e respetivas classes	169
Tabela 5.24 – Danos em estacas moldadas com tubos moldadores e respetivas classes	169
Tabela 5.25 – Danos em estacas moldadas a seco com tubo guia e respetivas classes	170
Tabela 5.26 – Danos em estacas dúcteis cravadas não injetadas e respetivas classes	170
Tabela 5.27 – Danos em estacas dúcteis cravadas injetadas e respetivas classes	170
Tabela 5.28 – Magnitude dos riscos	171
Tabela 6.1 – Registo do risco para a potencial avaria no desarenador na obra da Camama	231
Tabela 6.2 – Registo do risco técnico construtivo de inadequação do equipamento para a alteração do método na empreitada Edifício em Alvalade	235
Tabela 6.3 – Análise das quantidades semanais construídas no Edifício em Alvalade, Luanda, antes da gestão do risco	236
Tabela 6.4 - Análise das quantidades semanais construídas no Edifício em Alvalade Luanda depois da gestão do risco	236
Tabela 6.5 – Registo do risco de inadequação do método de perfuração para a empreitada da Centro de formação, Benfica	238
Tabela 6.6 – Registo do risco fraco domínio da técnica no Viaduto Deolinda Rodrigues.....	242
Tabela 6.7 – Registo do risco construtivo de incapacidade do equipamento para a alteração do processo executivo, Igreja Talatona.....	244
Tabela 6.8 – Registo do risco presença de areia com níveis freáticos artesianos para a alteração do processo executivo na Ponte metálica da Boavista	246
Tabela 6.9 – Registo do risco para a presença de areias com níveis freáticos artesianos - alteração do processo executivo, Viaduto da Corimba.....	248
Tabela 6.10 – Registo do risco para fraco domínio da técnica, Viaduto da Corimba	248
Tabela 6.11 – Registo do risco para inadequação do método, Viaduto NAIL ..	250

Tabela 6.12 – Registo do risco para inadequação do método ou do equipamento, Viadutos sobre a Via Expressa.....	252
Tabela 6.13 – Registo do risco para fraco domínio da técnica, Edifício habitacional no Zango	253
Tabela 6.14 – Registo do risco para a presença de calhaus ou blocos, Hospital do Cuíto	254
Tabela 6.15 – Registo do risco para a presença de calhaus ou blocos, Empreendimento Nova Vida.....	256
Tabela 7.1 – Resumo das margens dos casos de obra.....	263

LISTA DE ABREVIATURAS

AHP – Análise Hierárquica de Processos

BDP – Bauer *Ductile Pile*; Estaca dúctil Bauer

CBA – Custeio Baseado em Atividades

CC – Riscos Conhecidos/Conhecidos

CD – Riscos Conhecidos/Desconhecidos

CI – Coeficiente Interno (custos/produção) ou custo industrial

CFA – *Continuous Flight Auger*. Trado contínuo

CTR – *Cost Time & Resource*

DD – Riscos Desconhecidos/Desconhecidos

DFI – *Deep Foundations Institute*

DKS – *Double KDK System*

DO – Diretor de obra

DTA – *Decision Tree Analyses*

EAP – Estrutura Analítica de Projeto

EAU – Estados Unidos da América

EC7 – Eurocódigo 7

ETA – *Event Tree Analysis*

FDP - *Full Displacement Piles*

FTA – *Fault Tree Analysis*

GBDP - *Grouted Bauer Ductile Pile*; Estaca dúctil Bauer injetada

HAZOP – *Hazards and Operability study*

HB – *Heavy Breaker*

HST – Higiene e Segurança no Trabalho

I – Consequência da ocorrência, ou impacto potencial do risco

ib. – *ibidem*; no mesmo lugar

ir – injeção repetitiva

irs – injeção repetitiva e seletiva

KDK – *Krafddrehkopf*; Torque, Cabeça de rotação, peça que imprime a rotação à vara ou trado

LNEC – Laboratório Nacional de Engenharia Civil

MB – *Medium breaker*

MFF – Martelo de Fundo de Furo

Mgr – Mega gramas

MHD - *Multi Hammer Drill*

MO – Método Observacional

N/A – Não Aplicável

NAIL – Novo Aeroporto Internacional de Luanda

NGBDP – *Non Grouted Bauer Ductile Pile*; Estaca dúctil Bauer não injetada

N/O – Não Orçamentado

O – Orçamentado

Op. cit. – *opus citatum*; obra citada

P – Probabilidade de ocorrência do risco

P.E.R.T – *Progress Evaluation and Review Technique*

PIT – *Pile Integrity Test*; Ensaio de dinâmico de integridade

POC – Plano Oficial de Contas

QRA – *Quantitative risk assessment*; Avaliação quantitativa de riscos

R – Risco

RIDM - *Risk Informed Decison-Making process*

S – Número da semana do ano

s.d. – Sem data

SCM – *Single Colum Mixing*

SNC – Sistema de Normalização Contabilística

TM – *Tube à Manchete*. Tubos com válvulas

TRM - *Tiroler Rhren - und Metallwerke*

USD – *United States Dolars*; Dólares dos Estados Unidos da América

UE – União Europeia

WBS – *Work Breakdown Structure*

Ø – Diâmetro

“Na realidade, nenhum projeto geotécnico é livre de risco. Esse risco pode ser gerido, minimizado, partilhado, transferido ou aceite, porém nunca ignorado”

Latham (1994)

1

INTRODUÇÃO

1.1. Considerações iniciais

Este capítulo introduz as considerações relativas à história da gestão do risco, em particular de obras geotécnicas, e de gestão associados à produção em empreitadas / subempreitadas de construção (adiante designadas de empreitadas). Seguidamente, descreve-se a motivação para a investigação a desenvolver e os seus objetivos, finalizando-se com a organização da dissertação.

1.2. Enquadramento do tema

A gestão de projetos de engenharia civil remonta à segunda metade do século XX, não sendo considerada anteriormente como uma área de estudo. Até essa altura, apenas o calendário Gant era utilizado (Mata, et al. 2016b). Os conceitos *Progress Evaluation and Review Technique* (P.E.R.T.), *Cost Time & Resource* (CTR), *Work Breakdown Structure* (WBS), ou estrutura analítica de projeto (EAP), disponibilidade, confiança, sustentabilidade, entre outros, foram conceitos gradualmente introduzidos para melhorar a gestão de projetos até aos anos 80 do século XX (Yogaranpan, 1996). Ainda assim, muitos projetos falhavam os

prazos e os orçamentos. Somente na década seguinte se iniciaram, de uma forma sistemática, estudos de gestão do risco aplicados a projetos de engenharia, na sequência de grandes acidentes em obras subterrâneas (Santos 2016).

Em 1994, um inquérito realizado em empresas no Reino Unido pelo *P.A. Consulting Group* abordou a necessidade de implementação da gestão do risco e refere que (Coppendale 1995):

- Em pelo menos 40% das empresas inquiridas, mais de metade dos seus projetos excederam o orçamento inicial ou o prazo;
- Até 55% responderam que um projeto recente da sua organização excedeu o orçamento ou o prazo em mais de 100%;
- 66% informou que um projeto recentemente adquirido teve de ser abandonado antes de concluído ou não conseguiu atingir os benefícios planeados;
- 60% classificaram a gestão do risco da respetiva empresa como “fraca”.

A procura de um desenvolvimento sustentado tem vindo a incrementar progressivamente a necessidade de construir estruturas e infraestruturas em locais considerados geotecnicamente menos adequados e, por isso, anteriormente evitados. Simultaneamente, tem-se assistido ao crescimento, em proporções significativas, das fundações indiretas, com a execução de estacas e barretas a atingirem profundidades da ordem da centena de metros (Larisch, 2021), como nos casos das estacas de ensaio do Tiajin Golden Finance 117 Tower em Tianjin na China (Wai-Ming Ho, 2017) com comprimentos superiores a 100 m; das torres Jeddah com estacas de 110 m, na Arábia Saudita em 2016 ou das torres KLLC lot L, M e N com estacas de 150 m, na Malásia em 2018 [(Bauer Spezialtiefbau GmbH) 2018].

Acresce ainda que, atualmente, a conjuntura económica mundial de retração tem também gerado a pesquisa de soluções economicamente sustentáveis e que se ajustem ao mercado em que estão inseridas. Com a globalização, muitas vezes os projetos de fundações são executados em gabinetes muito afastados do local de construção com um fraco conhecimento geológico/geotécnico dos terrenos onde se implantará a estrutura, e até da cultura local ou dos meios técnicos disponíveis na região.

Segundo Chapman e Marcetteau (2004), existem normalmente três requisitos a atender pelas entidades executantes dos projetos de fundações:

-
- As infraestruturas devem ser executadas o mais rapidamente possível, assim como o resto da estrutura que lhes está associada;
 - Devem ser o menos dispendiosas possível, mantendo o nível de qualidade e segurança aceitáveis, assim como o restante das estruturas e para as quais o adjudicatário, o dono de obra ou a fiscalização nem sempre têm uma visão crítica;
 - Devem funcionar de modo adequado para os parâmetros considerados em projeto.

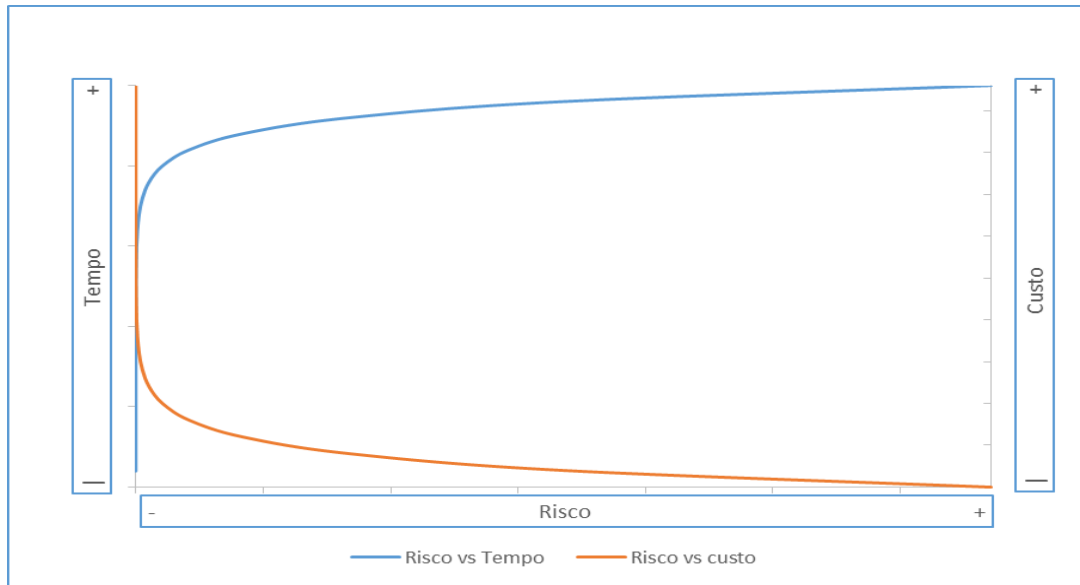
Como o tempo tem implicações nas despesas financeiras e/ou custos económicos, os dois primeiros pontos podem ser analisados como económicos/financeiros, sendo o terceiro considerado como confiança/segurança no projeto; normalmente, existe um conflito entre economia/finanças e a confiança (Chapman e Marcetteau *op. cit.*). Frequentemente, as relações entre ambas passam por uma análise da aceitabilidade, isto é, procura-se o custo aceitável para um nível de confiança/segurança também aceitável.

Contudo, considera-se que há um ponto adicional e que serve de fundamento a esta dissertação, remetendo o último item listado acima para a quarta posição. O item adicional seria que “as fundações devem ser exequíveis com os meios disponíveis localmente” com o objetivo de se garantir a viabilidade do projeto. O perigo potencial associado à construção cresce com o tempo e com a diminuição do custo; no entanto, se esse perigo se vier a concretizar (isto é, se tornar um risco), a diminuição prévia do custo será de uma maneira geral superada pelo custo da posterior intervenção.

Na Figura 1.1 verifica-se que o risco aumenta com a diminuição do custo, isto é, quanto menor for o custo investido na fase de estudos do projeto, por exemplo em prospeção geotécnica, maior será o risco inerente à intervenção. Esta ideia é concordante com a sugerida por Chapman (2008), ao que se deve encarar a geotecnia como um investimento e não como um custo. O risco também aumenta com o tempo decorrente da exposição ao perigo, isto é, quanto maior for o tempo de exposição, maior a probabilidade de um evento perigoso se efetivar.

Presentemente, os riscos associados a certos tipos de estruturas, como túneis e barragens, são analisados de uma forma sistemática em fase de projeto, mas apenas com base na informação que chega ao projetista que, devido a diversas

impossibilidades, não tem todas as informações¹ necessárias para execução de um projeto otimizado para o mercado em referência. Neste âmbito, foi constituído em Portugal um grupo de trabalho que criou um guia de boas práticas para a contratação de obras geotécnicas complexas (Oliveira Baião et al. 2019), com a finalidade de se conseguir fazer contratações ao abrigo da lei nacional considerando a possibilidade de se modificar o projeto no desenrolar da construção face ao risco e o orçamento envolvidos.



(Mata, et al. 2016b)

Figura 1.1 – Risco *versus* tempo e custo de projeto

Durante a sua vida profissional, o autor tem sido incumbido de executar, inclusivamente com adiantamentos pagos e adjudicados formalmente, projetos inadequados às condições geotécnicas e/ou geológicas e/ou técnicas disponíveis no local. Como exemplos referem-se os seguintes casos:

- Execução de estacas em terreno rochoso – mármore, em Vila Viçosa (Portugal). Já com a mobilização da equipa e equipamentos, prestes a deslocar-se para o local da empreitada, o autor dirigiu-se ao terreno, na altura como diretor de obra (DO), e sugeriu que se parasse a empreitada até à reapreciação da situação; ulteriormente, um parecer conduziu à alteração do projeto para fundações diretas, do tipo sapatas isoladas;

¹ Às vezes faltam elementos devido ao relatório geotécnico ser pouco assertivo, noutras situações até há ausência de relatório/prospecção.

- Execução de parede moldada ² em Espinho, construída pelo método convencional com balde de maxilas para um túnel ferroviário numa zona onde, a 4 m de profundidade, a litologia era um xisto rijo. A empreitada esteve parada 6 meses e, depois, optou-se pela execução da parede com recurso a hidrofresa. A Figura 1.2 (escala “assinalada” pela frente do camião) e a Figura 1.3 (escala “assinalada” pelo operário junto à traseira da máquina) permitem ter uma ordem de grandeza da dimensão da hidrofresa utilizada³ (Mata et al. 2016b).



Figura 1.2 – Enquadramento da central de bentonites para a hidrofresa de Espinho



Figura 1.3 – Aspeto geral da hidrofresa utilizada na empreitada em Espinho

² A referida parede moldada iria constituir as contenções/fundações e futuros hasteais de um túnel contruído pelo método *cut and cover*.

³ Em 2006, o custo de um equipamento tradicional completo para executar uma parede moldada era cerca de 130 €/h, enquanto o custo da hidrofresa era de 1350 €/h.

- Execução de “jet-grouting” (Figura 1.4a) para diminuir o potencial de liquefação das aluviões no Terreiro do Paço em Lisboa com a finalidade de proteção ao túnel do metropolitano. Durante a execução das colunas de ensaio não se conseguiu obter o correspondente refluxo. Optou-se pela execução de estacas convencionais - Figura 1.4b, para garantir a formação de colunas verticais (Mata et al. *op. cit.*).

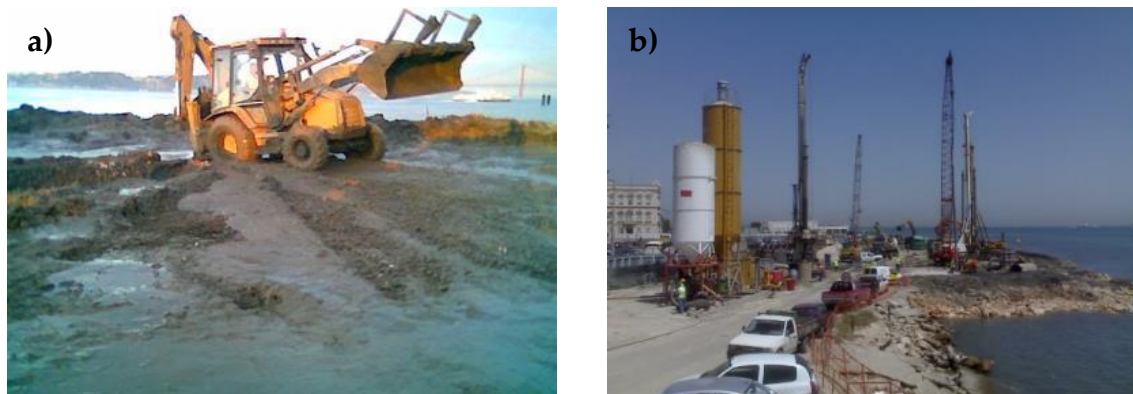


Figura 1.4 – Intervenção no Terreiro do Paço, Lisboa: a) aspeto dos terrenos; b) enquadramento geral da obra

- Execução de estacas/microestacas dúcteis⁴ em Luanda (Figura 1.5): o projeto inicial foi executado sem problemas, sendo adequado às condições geológicas/geotécnicas; contudo, a cerca de 100 m desse local, encontrou-se um cenário litológico completamente diverso, com ocorrência de blocos a cerca de 1,5 m de profundidade. A Figura 1.5 apresenta a cravação das estacas nessa zona e o aspeto danificado com que ficaram as estacas que se tentavam cravar (Mata et al. *op. cit.*).



Figura 1.5 – a) Empreitada de cravação de estacas dúcteis em Luanda: vista geral; b) aspeto de uma estaca após encurvadura

⁴ Estacas dúcteis são estacas metálicas cravadas (segundo o processo descrito no ponto 2.2.2).

Os exemplos descritos ilustram o que, com frequência, acontece na realidade e que acarreta custos adicionais significativos, para todos os *stakeholders*⁵.

Acresce ainda que, muitas vezes, é subentendido pela maioria dos projetistas que o nível de incertezas na geotecnia, embora possa ser significativo, é tolerado, ficando frequentemente a respetiva resolução, isto é, a adaptação do projeto às condições reais, do lado da entidade executante o que as torna potenciais fontes dos eventos associados a danos. Uma parte significativa deste problema é verificada apenas em fase de construção e tratado como algo de imprevisível, sendo normalmente arquivado e a que nem sempre se dá a importância adequada.

Tendo em conta o referido, é necessário que a direção da empreitada, através do respetivo DO, esteja munida das ferramentas necessárias à análise e intervenção no âmbito da tomada de decisões eficazes e do alertar para situações que afetem a segurança e a economia da construção, quer a nível da execução, quer a nível da funcionalidade.

De facto, se em tempos anteriores as decisões eram simples, baseadas em poucos fatores e com impacto imediato, atualmente e sobre o efeito da globalização, torna-se imperativo decidir bem do ponto de vista económico, social e ambiental (Mata et al. 2011; 2021).

Uma forma efetiva de se lidar com as imponderabilidades das obras geotécnicas é recorrer ao método observacional, MO (Peck 1969; Powderham e Nicholson 1996; Powderham e Anthony 2021), já frequentemente utilizado em barragens e túneis, mas que em fundações profundas não é muito aplicado, devido principalmente às seguintes limitações:

- Condições contractuais (raramente o MO é considerado no contrato e como tal não é utilizado);
- Desconhecimento de casos anteriores;
- Verificação das condições para a aplicação das etapas definidas por Peck (*op. cit.*);
- Compreensão das condições para a aplicação do MO;

⁵ Nesta dissertação utiliza-se a definição de *stakeholders* conforme o sugerido por Xia et al. (2017), como o conjunto de intervenientes num projeto, contudo não se abordam os riscos associados aqueles, como naquele estudo.

- Identificação das características essenciais do meio envolvente;
- O rigor exigido na sua aplicação é oneroso (Cabral e Santos Ferreira, 2014), no entanto, esse mesmo aumento de custo poderá ser visto como um investimento pois poderá evitar atrasos na empreitada e mitigar custos advindos de litígios entre os intervenientes;

A estas limitações acrescentam-se duas, que se consideram fundamentais no âmbito das fundações profundas:

- A duração das empreitadas de fundações profundas é geralmente reduzida em comparação com a da realização das construções de túneis ou de barragens;
- O empresário português, nomeadamente na área da construção, está geralmente focado na realização do que está contratualmente obrigado, com o menor custo possível e no menor espaço de tempo, confiando muitas vezes na sorte.

1.3. Motivação

O crescimento demográfico a nível mundial, as necessidades intrínsecas ao modo de vida das sociedades contemporâneas e o crescente aumento da migração das populações das zonas rurais para as cidades, onde se prevê que no ano de 2050 existam 25.000 milhões de habitantes (Konaev, 2019), potenciam a necessidade de se construir em zonas menos propícias o que, aliado a estudos geotécnicos de fraca qualidade, têm produzido frequentes alterações, já na fase construtiva, do projeto de fundações. Esta necessidade, aliada a planos, ineficazes ou inexistentes, de gestão do risco e de custos na fase construtiva de fundações profundas, nomeadamente de estacas moldadas e dúcteis cravadas, contribuíram para a constatação da necessidade de um sistema de gestão do risco associado a um controlo de custos em tempo real que viabilizem a rápida tomada de decisões na construção face à previsão ou potencial efetivação de eventos perigosos.

O conseqüente aparecimento de diversas técnicas de construção, criadas com base na sua aplicação e aplicabilidade, são muitas vezes desconhecidas pelos adjudicatários, e como tal, não são aplicadas nem executadas da melhor forma, aliadas a um controlo do risco e de custos precários ou inexistentes, traduzindo-se em avultados prejuízos financeiros para os *stackeholders*.

Existem diversos estudos (Hoek e Palmeiri 1998; Chapman e Marcetteau 2004; Donnelly 2004; van Staveren 2006; W. et al., 2006; Chapman 2008; Spross et al., 2015; Latapie et al., 2019; Powderham e Anthony, 2021) que comprovam a afirmação de que uma parte significativa dos atrasos nas obras e derrapagens nos orçamentos se deve a problemas geológicos e/ou geotécnicos. Chapman e Marcetteau (*op. cit.*) verificaram que, em obras com fundações profundas na área de Londres, cerca de 17 a 20% dos atrasos se deveram a problemas com os terrenos, sendo que destes, 41% ocorreram na fase de construção e 57% na fase de operação. Considerando que parte dos atrasos verificados se deveram a soluções inadequadas e/ou a uma execução deficiente, a análise dos riscos na fase construtiva poderá minimizar significativamente os potenciais problemas na fase de operação.

Van Staveren (2006) verificou que, em todo o mundo, os terrenos são os principais fatores de risco na construção. Esta situação, na indústria da construção, reflete-se nos constantes desvios aos orçamentos iniciais. Muitos projetos são concluídos com um custo superior ao estimado e, muitas vezes, ainda fora do prazo adjudicado. Os desvios orçamentais devido a falhas relacionadas com causas geotécnicas rondavam 60 a 70 mil milhões de euros na Europa (Chapman, 2007). Contudo e apesar dos engenheiros reconhecerem que se deparam com inúmeras incertezas na fase construtiva (Juang et al. 2019), uma gestão do risco sistemática ainda não é utilizada como uma ferramenta diária na construção de fundações profundas (Spross et al., 2015).

A conceção de um sistema de gestão do risco em projetos de fundações profundas apenas na fase construtiva, baseia-se nos seguintes factos:

- Este tipo de infraestruturas, estacas, barretas e paredes moldadas, são frequentemente pouco interessantes a nível financeiro para serem objeto de um plano elaborado de gestão do risco. As limitações práticas dos dados e dos fundos alocados tendem a ditar que uma avaliação do risco seja definida de maneira restrita (Jasanoff 2016);
- O valor relativo dessa gestão face ao custo da empreitada é demasiado elevado, pois grande parte dos técnicos de obra não estão aptos para a realizar, sendo necessário a contratação de especialistas para o efeito;
- A experiência do autor neste tipo de empreitadas permite inferir que a gestão do risco se encontra muito desenvolvida em fase de projeto, mas fica suspensa durante a parte da sua execução, voltando a ficar ativa

durante a operação, o que pode ter impactos negativos significativos para o orçamento da empreitada.

Nesta dissertação pretende-se abranger casos onde possam existir/surgir ocorrências devidas às características geológicas, humanas ou técnicas na empreitada de construção das fundações que potenciem os riscos económicos para a intervenção. Neste contexto é necessária uma gestão do risco que possa ser implementada de imediato na construção e que seja facilmente executada pelo DO.

Presentemente, as ferramentas para controlo de gestão fornecidas pelas empresas que executam fundações aos seus diretores de obra, são encaradas como uma obrigação descontextualizada, não acarretando nenhuma correspondência significativa no ulterior desenvolvimento dos trabalhos em curso, pois não implicam a implementação de uma metodologia testada e padronizada que permita um controlo eficiente, da segurança e custos das alterações necessárias no contexto da empreitada.

Os potenciais modos de atuação existentes na maioria das empresas ou dos respetivos departamentos da especialidade, e que os DO são obrigados a adotar para lidar com estes custos inesperados não são “amigáveis” e não lhes permitem avaliar, de uma forma coerente e rápida, as implicações económicas reais de qualquer solução nova, de contingência, a adotar e que funcionará numa ótica de *best way out*.

Considera-se que é lógico e necessário aplicar uma gestão do risco na fase construtiva de um projeto de fundações profundas, como pode ser comprovado matematicamente com base no estudo de Van Baars e Vrijling (2005) e se demonstra em seguida. O custo de executar uma obra de fundações profundas sem se gerir o risco de uma ocorrência poderá ser obtido por:

$$C_n = C_c + (P_o \times O) \quad (1.1)$$

Sendo: C_n – custo normal da empreitada; C_c – custo de construção; P_o – probabilidade da ocorrência; O – custo de uma ocorrência.

O custo de executar uma obra de fundações profundas gerindo o risco de uma ocorrência poderá ser calculado por:

$$C_{Go} = C_c + (P_{Go} \times O) + C_G \quad (1.2)$$

Sendo: O – custo da ocorrência; C_{GO} – custo da empreitada com gestão do risco de uma determinada ocorrência; P_{GO} – probabilidade da ocorrência havendo uma gestão do risco; C_G – custo da gestão do risco.

Donde se conclui que:

$$P_{GO} \times O < P_O \times O \quad (1.3)$$

Onde:

$$P_{GO} < P_O \quad (1.4)$$

Para se comprovar que a gestão do risco é sempre benéfica basta determinar:

$$C_G + (P_{GO} \times O) < P_O \times O \quad (1.5)$$

O que se pode afirmar é que esta inequação é sempre verdadeira se aquela gestão se basear em observações que se realizem, quer a obra tenha gestão do risco, quer a não tenha. Assim sendo:

$$C_G \rightarrow 0 \quad (1.6)$$

Logo o valor da Equação (1.1) será sempre superior ao valor da Equação (1.2).

1.4. Objetivos e metodologias

A presente investigação pretende estabelecer uma correspondência entre os fatores do risco em obras de construção de estacas moldadas com vara *Kelly*⁶ e estacas dúcteis, e o controlo de custos, constituindo um suporte ao processo de decisão, como referem Lacasse e Nadim (1998) e não uma obrigação inócua.

Uma vez que existem numerosos trabalhos de gestão do risco e sua prevenção aplicados a obras de grandes dimensões, nomeadamente de estruturas como barragens e túneis (Li et al. 2007; Espósito et al. 2010; Jafarimoghaddam et al. 2013; Knight. 2019), pretende-se desenvolver um método de gestão do risco a aplicar na fase construtiva de estacas, baseado nos desvios aos custos orçamentados em fase comercial e no conhecimento prático de diversas situações de obra.

⁶ Técnica descrita e desenvolvida no ponto 2.2.1.2

Devido a limitações dos processos quantitativos de avaliação de risco (QRA), tal como: não incluir a influência da cultura local no comportamento da equipa de construção ou a dificuldade em quantificar o valor que um problema em fase executiva como os atrasos de obra podem denegrir a imagem corporativa, torna-se necessário que todos os cenários e potenciais eventos sejam usados na determinação dos modos de falha. Contudo e para conseguir isso, seriam necessárias bases de dados extensas para se obterem valores quantitativos fidedignos (Apostolakis, 2004). Deste modo, a metodologia a desenvolver é semi-quantitativa, ou seja, baseia-se num conjunto de ocorrências identificadas em diversas obras, para as quais se obterão as verosimilhanças associadas.

Pretende-se neste contexto:

- Desenvolver um modelo, que acompanhe a implementação de um projeto de fundações profundas, desde a conclusão do projeto de gabinete, até à respetiva exploração, isto é, dando relevância à intervenção na fase construtiva e na perspectiva do executante;
- Definir os tipos de custos envolvidos, e de que modos são influenciados pela geologia/geotecnia, pelos meios técnicos e humanos mobilizáveis e como podem ser controlados - eliminados ou mitigados, os riscos associados, quantificando-os economicamente em tempo real.

Assim, o objetivo final é desenvolver uma metodologia prática, simples e semi-quantitativa que promova procedimentos e boas práticas que poderão ser utilizados para mitigar eventuais situações, mantendo um controlo orçamental viável.

Para o efeito propõe-se o seguinte faseamento:

- A primeira etapa tem por base organizar, sistematizar e discutir as ideias e experiências do autor e da pesquisa bibliográfica para sintetizar e correlacionar os conceitos adquiridos empiricamente com os estudos técnico-científicos já publicados.
- A segunda etapa corresponde ao desenrolar da investigação. As ideias e experiências são conjugadas, aplicadas e justificadas no desenvolvimento de um modelo de gestão do risco com base num conjunto selecionado de casos de estudo de estacas moldadas e dúcteis cravadas.

- Na última etapa desenvolve-se o modelo de gestão do risco com base nos estudos de Palmeiri (2015) e nos conceitos apresentados por Rumsfeld (2002 apud Chapman 2008), concretizando a inclusão de aspetos da análise de risco *versus* custos diretos associados *versus* prováveis soluções adotáveis, baseados na orçamentação, o que acarretará um controlo de custos aplicado e desenvolvido com base no Custeio Baseado em Atividades (CBA)⁷.

Para o efeito implementam-se soluções técnicas *versus* riscos envolvidos em função dos custos, recorrendo a árvores de eventos semi-quantitativas desenvolvidas com base em casos selecionados de empreitadas angolanas de estacas, correlacionando os métodos construtivos com os problemas geotécnicos reais, na fase construtiva. Tal permitirá ao DO tomar decisões técnicas para a resolução dos problemas tendo logo a noção das respetivas implicações económicas das soluções a adotar face à magnitude do risco nas margens de produção, sendo que o registo sistemático das situações detetadas irá contribuir para fundamentar ulteriores tomadas de decisão na presença de situações semelhantes.

1.5. Organização da dissertação

Esta dissertação está organizada em sete capítulos e quatro apêndices conforme indicado seguidamente

No **Capítulo 1 - Introdução**, tecem-se as considerações necessárias ao desenvolvimento e compreensão da investigação realizada, abordando alguns conceitos elementares de gestão aplicados às obras e aos riscos, em particular geotécnicos. Abordam-se as razões que levaram a enveredar pelo tema desta dissertação assim como os objetivos pretendidos e de que forma se pretende atingi-los. Finalmente descreve-se a organização do documento.

O **Capítulo 2 – Fundações profundas e aspetos construtivos correntes – Revisão da literatura**, descreve os tipos de fundações mais comuns, assim como os processos, materiais e equipamentos utilizados na sua construção. Dá-se maior ênfase aos que se relacionam diretamente com as fundações profundas

⁷ Definido na secção 3.3

analisadas na dissertação: estacas moldadas com tubos moldadores, estacas moldadas com suspensão bentonítica e estacas dúcteis cravadas.

No **Capítulo 3 – Gestão do risco e gestão económica**, desenvolve-se o tema de gestão do risco em fundações profundas com base na experiência adquirida pelo autor em contexto de obra e em referências bibliográficas. Analisa-se o modo como se aplica a gestão económica de empreitadas e como está desenvolvida, cientificamente e a nível empresarial.

O **Capítulo 4 – Empreitadas analisadas e casos de estudo**, caracteriza as empreitadas que serviram de base à obtenção de elementos para identificar as principais ocorrências de danos detetadas na construção de estacas em solos grosseiros, bem como as empreitadas utilizadas para testar e validar a metodologia proposta.

No **Capítulo 5 – Modelo proposto para a gestão do risco**, apresenta-se o procedimento a utilizar na gestão do risco na fase de construção com base nos custos económicos e de que forma a mesma pode ser aplicada em estacas moldadas com tubos moldadores ou com suspensão bentonítica e estacas dúcteis cravadas.

O **Capítulo 6 – Validação do método proposto na construção de estacas em Angola**, descreve a aplicação da gestão do risco a 12 casos de obras em construção em Angola e apresenta os respetivos resultados bem como compara as consequências económicas da aplicação da gestão do risco com o prosseguimento das empreitadas sem a sua utilização.

No **Capítulo 7 – Considerações finais e perspetivas futuras**, sintetizam-se as principais conclusões e sugerem-se trabalhos de investigação futuros a desenvolver no âmbito da melhoria científica e empresarial desenvolvida.

No **Apêndice 1** inclui-se o exemplo de uma folha de cálculo desenvolvida para o controlo de custos de obras de estacas por atividades, sendo estas quantificadas monetariamente por natureza contabilística (conceitos desenvolvidos na secção 3.3).

No **Apêndice 2** transcrevem-se os dados de produção das obras analisadas nos casos de estudo do Capítulo 6.

No **Apêndice 3** apresentam-se os exemplos de listas de verificação de perigos potenciais para estacas moldadas e dúcteis cravadas.

O **Apêndice 4** inclui as publicações realizadas pelo autor e seus orientadores, no âmbito desta investigação.

Todas as figuras e tabelas que não possuam a respetiva fonte, são da responsabilidade do autor.

“A realidade é meramente uma ilusão, embora muito persistente”

Einstein, sem data

| 2

FUNDAÇÕES PROFUNDAS E ASPETOS CONSTRUTIVOS CORRENTES – REVISÃO DA LITERATURA

2.1. Considerações iniciais

Neste capítulo aborda-se a construção de fundações profundas em empreitadas, incidindo particularmente nas estacas moldadas perfuradas com vara “Kelly”⁸ e microestacas dúcteis cravadas⁹. Inicia-se pela explicação das técnicas construtivas de fundações profundas mais comuns, baseando-se na bibliografia dos principais aspetos relativos a esta temática.

Nesta dissertação abordam-se riscos na fase construtiva, não se considerando os relativos aos cálculos de projecto nem os respetivos a erros ou omissões.

⁸ A vara “Kelly” é o elemento mecânico, telescópico que transmite a força de rotação (binário) da máquina à ferramenta de perfuração.

⁹ As microestacas dúcteis cravadas, são também denominadas de estacas dúcteis cravadas, pelo que neste documento será utilizada a denominação “estacas dúcteis cravadas”.

2.2. Tipos de fundações profundas

Define-se “fundações” como os elementos que transmitem as forças exercidas na edificação/construção ao terreno, seja ele solo ou rocha (Silva, 2015).

As fundações podem ser diretas ou superficiais, semi-profundas e indiretas ou profundas em função das condicionantes construtivas e respetivos custos, Figura 2.1, sendo P a profundidade e D a largura ou diâmetro da perfuração (Coelho, 1996).

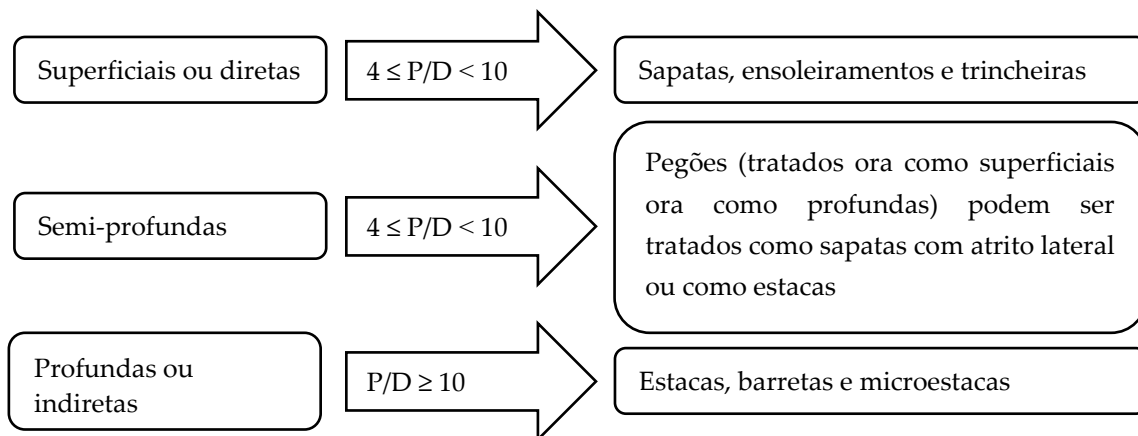


Figura 2.1 - Tipos de fundações com base na relação profundidade / largura

(Coelho 1996)

Na Figura 2.2 apresentam-se as designações usuais de fundações profundas em obra.

Por vezes as fundações profundas ou indiretas podem ser referidas como especiais. No entanto, no presente estudo utiliza-se o termo “profundas”. As fundações profundas referidas na Figura 2.2, são as mais utilizadas, encontrando-se detalhadamente descritas por: Coelho (1996), Mascarenhas (2007), Tomlinson, (2015), (Federation of Pilling Specialists), (2020), entre outros.

Como referido, as fundações profundas em que o presente estudo incide, são as estacas - estruturas cilíndricas ou paralelepipedicas constituídas de betão ou aço ou betão e aço¹⁰, que transmitem as cargas das superestruturas ao terreno. Nesta

¹⁰ Também podem ser de madeira que contemporaneamente é pouco usual pelo que não serão abordadas neste estudo

dissertação e de acordo com a Figura 2.2, a denominação utilizada das estacas consideradas, é baseada no seu processo construtivo. Neste estudo dá-se ênfase especial às estacas dúcteis cravadas que se descrevem no ponto 2.2.2, e estacas perfuradas moldadas com recurso a vara “Kelly”, descritas no ponto 2.2.1.2, correspondendo ao tipo de estacas utilizadas nos casos de estudo desta dissertação. Posteriormente, descrevem-se os processos construtivos dos vários tipos de fundações profundas referindo os perigos potenciais mais comuns associados à sua construção definindo os riscos nas estacas dúcteis e estacas moldadas com vara “Kelly”.

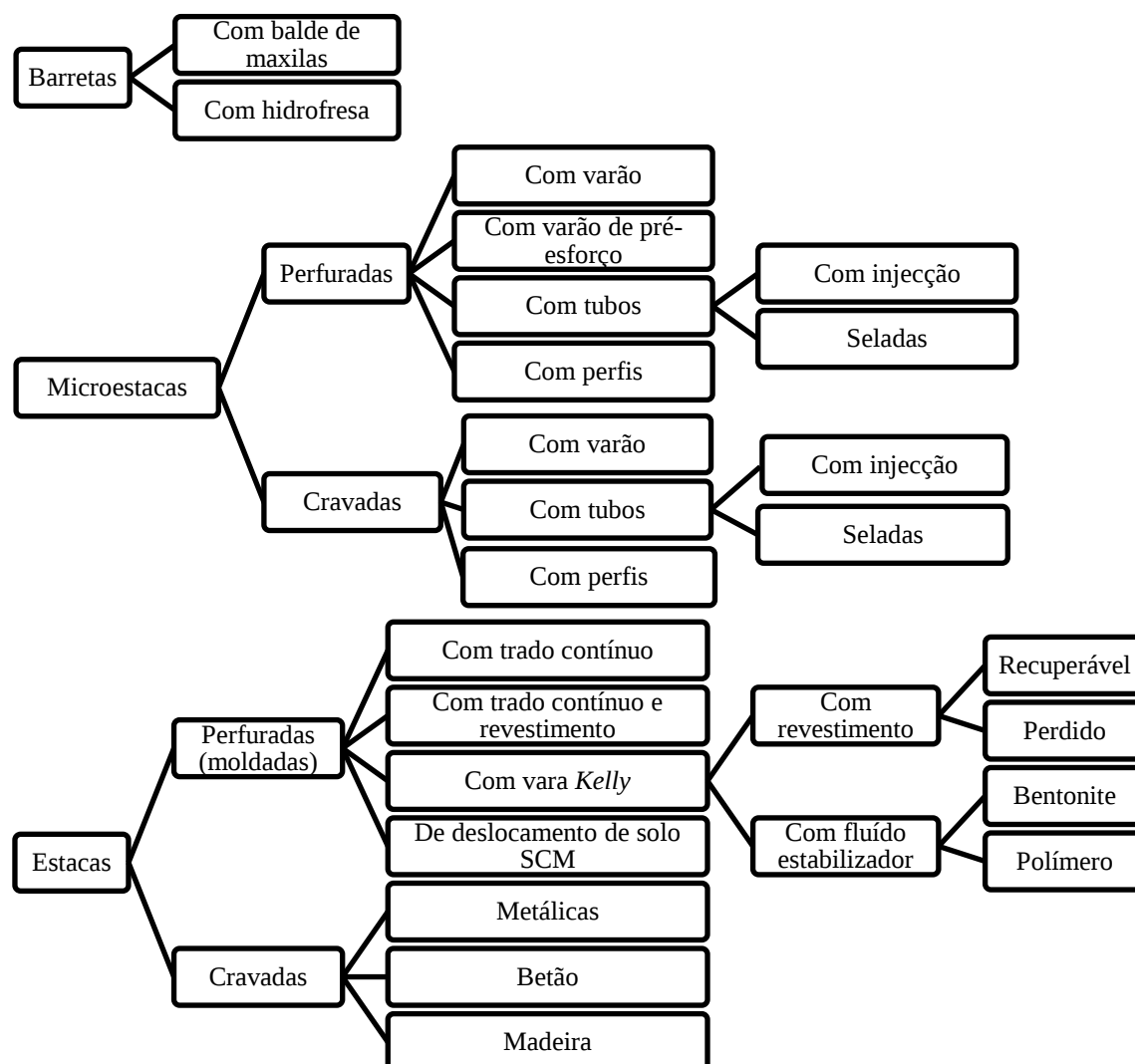


Figura 2.2 – Designação corrente de fundações em fase de construção e respetivas técnicas construtivas

As fundações profundas são utilizadas para transmitir as acções ao terreno de características geotécnicas adequadas, em profundidade podendo suportar forças de compressão, de tração e de corte. As forças de compressão resultam de uma solicitação vertical de cima para baixo como é o caso do peso próprio da estrutura e dos sismos. As forças à tração resultam de uma solicitação vertical de baixo para cima como é o caso do empolamento de terrenos argilosos, a percolação ascendente de fluidos ou os sismos. As forças ao corte são solicitações horizontais como as devidas a deslizamentos de terreno e sismos.

A escolha do tipo de estaca é indicada em fase de projeto, em particular a forma da transmissão das cargas ao terreno: por ponta, atrito lateral ou ambos (Brito, 1999). Assim, em obra antes de se determinar o processo construtivo deve-se reunir com a equipa de projeto para, em conjunto, se determinar o método mais apropriado à sua execução. Neste processo é importante o diretor de obra e/ou de projeto estarem cientes da disponibilidade local de recursos humanos, materiais e mecânicos e respetiva operacionalidade. A adequação das técnicas aos locais, é por vezes impeditiva da execução das empreitadas por determinadas empresas. A título de exemplo, refere-se uma obra de arte viária no Uganda, onde o Dono de obra exigia que as estacas fossem do tipo NS Eco-Piles (processo Japonês de execução de estacas) com camisa metálica perdida colocada à rotação, tendo a camisa metálica na ponta, uma aba que funciona como trado ((Nippon Steell e Sumkin Engineering Co. Ltd.), 2013). Este método era exigido por o Dono de obra ser japonês e pretender que os trabalhos fossem atribuídos a empresas japonesas. Uma vez que a empresa consultada não tinha equipamentos localmente para executar a empreitada, foram sugeridas estacas moldadas convencionais, as quais não foram aceites pelo Dono de obra.

2.2.1 Estacas moldadas: aplicação e processos construtivos

Existem diversas classificações relativas a estas estacas, referentes aos processos de execução; ao comportamento e modo de funcionamento e ao efeito que provocam na envolvente (Brito, 2015). No presente estudo, devido a ser a classificação mais utilizada em obra, será utilizada a classificação relativa aos processos de execução incidindo sobre os mais comuns.

Segundo o *Buildings Department of Hong Kong Technical Committee*, (2017) as fundações de estacas devem ser duráveis, resistindo ao desgaste e a deterioração esperados ao longo da vida útil projetada da superestrutura, com capacidade de

carga adequada e construídas com uma técnica reconhecida para as condições do solo que as suportam.

Stötzer e Schöpf, (2010) referem os diversos processos construtivos de estacas moldadas, de deslocamento de terreno e a sua utilização com uma mesma máquina de perfuração à qual se podem adaptar os diversos acessórios para as diferentes técnicas. Basu et al. (2010) descreveram as vantagens e limitações da utilização de estacas com deslocamento de terreno e apresentam as diferenças existentes nas diversas designações linguísticas das perfurações a trado contínuo entre a Europa e a América do Norte.

No que se segue é utilizado o termo “estacas” para definir estacas perfuradas moldadas.

A opção de escolha do tipo de estacas a construir baseia-se nas características das solicitações a transmitir pela estrutura, nas características do local, nomeadamente geotécnicas, geológicas e espaciais, e nos meios técnicos, humanos e económicos disponíveis para a respetiva construção (Penteado e Brito, 2009; 2012).

As estacas moldadas são perfuradas à rotação sendo que, em casos muitos especiais de atravessamento de maciços rochosos são, pode-se utilizar uma ferramenta constituída por uma conjunção de martelos fundo de furo MHD¹¹, passando assim a perfuração a ser executada à roto-percussão.

2.2.1.1 Com trado contínuo

Designadas muitas vezes por *Continuous Flight Auger* - CFA, (Figura 2.3) estas estacas são executadas à rotação, recorrendo a um trado contínuo. Têm como limitações principais o comprimento máximo de 30 m, devido ao comprimento do trado (Bauer Maschinen GmbH, 2012), e não atravessam camadas rochosas, com blocos, calhaus ou cascalheiras, devido ao facto de a ferramenta de corte (trado) não ser projetado para esse fim. Em solos, é um processo mais rápido que as estacas moldadas com vara “Kelly”, abordadas no ponto 2.2.1.2, considerando os mesmos diâmetros e profundidades, chegando os rendimentos do CFA a ser

¹¹ MHD, imagem na Tabela 2.4

três vezes superiores aos da perfuração convencional com vara “Kelly” (Tavares, 2016).

Na Figura 2.3 representa-se esquematicamente o processo construtivo de estacas a trado contínuo, de acordo com a numeração indicada na própria figura.

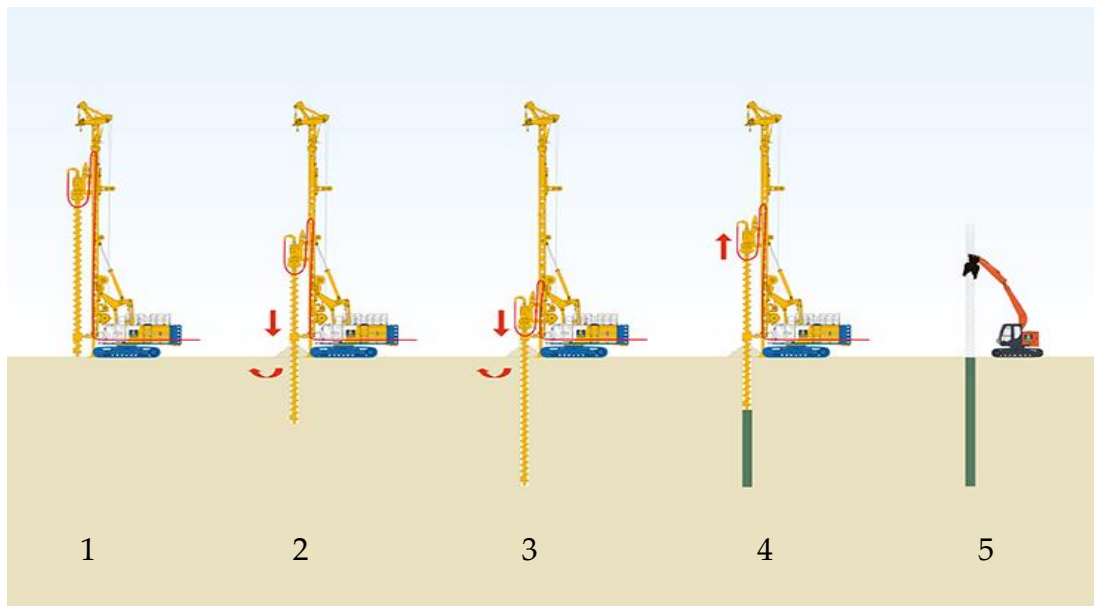


Figura 2.3 –Representação esquemática do processo construtivo de estacas a trado contínuo.

@ BAUER Spezialtiefbau GmbH

- 1 - A máquina de perfuração é posicionada no local de construção da estaca;
- 2 e 3 - O trado contínuo é levado até à profundidade pretendida, por rotação e penetração, removendo os detritos da perfuração através da sua folha helicoidal;
- 4 - Atingida a profundidade final, em simultâneo com a subida do trado é bombado betão pelo interior do mesmo preenchendo a perfuração;
- 5 – Após a betonagem, é colocada a armadura no furo com uma giratória ou uma grua. Para facilitar a sua descida estes equipamentos podem estar munidos de um vibrador. Para se poder vibrar as armaduras estas não devem estar empalmadas.

De acordo com a norma EN 1536: 2010, estas estacas só podem ser executadas em terrenos com camadas instáveis inferiores ao seu diâmetro se a viabilidade tiver sido comprovada através de ensaios *in situ*, sendo sempre utilizadas em solos ou rocha muito alterada. Podem ser utilizadas em praticamente todo o tipo de estruturas, desde que tenham a capacidade de superar e transmitir em segurança aos terrenos as solicitações que lhe são transmitidas (Brown et al., 2007). As limitações construtivas mais importantes são a garantia de verticalidade, do

recobrimento da armadura, a profundidade que podem atingir e a incapacidade de atravessar obstáculos, como blocos de rocha ou madeira (Heinzelmann, 2013).

Mure et al. (2002) desenvolveram o método de perfuração com CFA recorrendo à automatização do processo de perfuração com a finalidade de eliminar a influência do operador na construção da estaca. O *Boletim de Manfred* (2009) aborda o assunto de forma concisa e, apesar de tecer conclusões numa obra de estacas em cortina secante, pode-se tirar ilações para estacas individuais. Nesse trabalho a execução também teve conta as normas DIN-CEN 1536: 2010 e a EN 1997-1: 2010.

2.2.1.1.1 Com trado contínuo e revestimento

Esta técnica de execução, designada por *Processo DKS (Double KDK¹² System)* é muito semelhante ao CFA, mas, neste caso, a estaca é revestida por um tubo metálico. Para poder utilizar este sistema, a máquina de perfuração tem de estar equipada com uma cabeça de rotação dupla.

Esta técnica pode ser utilizada em terrenos com resistência¹³ até 80 MPa ((Soilmec), 2016). É o processo de perfuração de estacas que menos interfere com a envolvente, quer a nível de ruído quer de vibrações ((Cimentation Skanska), 2013) e que permite maior controlo da verticalidade do elemento, em comparação com o CFA, nomeadamente em terrenos que possam apresentar blocos que tendencialmente desviam o trado contínuo. A sua principal limitação é a profundidade, que não ultrapassa 22,8 m ((Soilmec), 2016).

Na Figura 2.4 representa-se o processo construtivo de estacas a trado contínuo com revestimento, sendo de acordo com a numeração apresentada.

¹² KDK – Torque, Cabeça de rotação, peça que imprime a rotação à vara ou trado.

¹³ UCS – *Unconfined compressive strenght*, ou seja, resistência à compressão uniaxial.

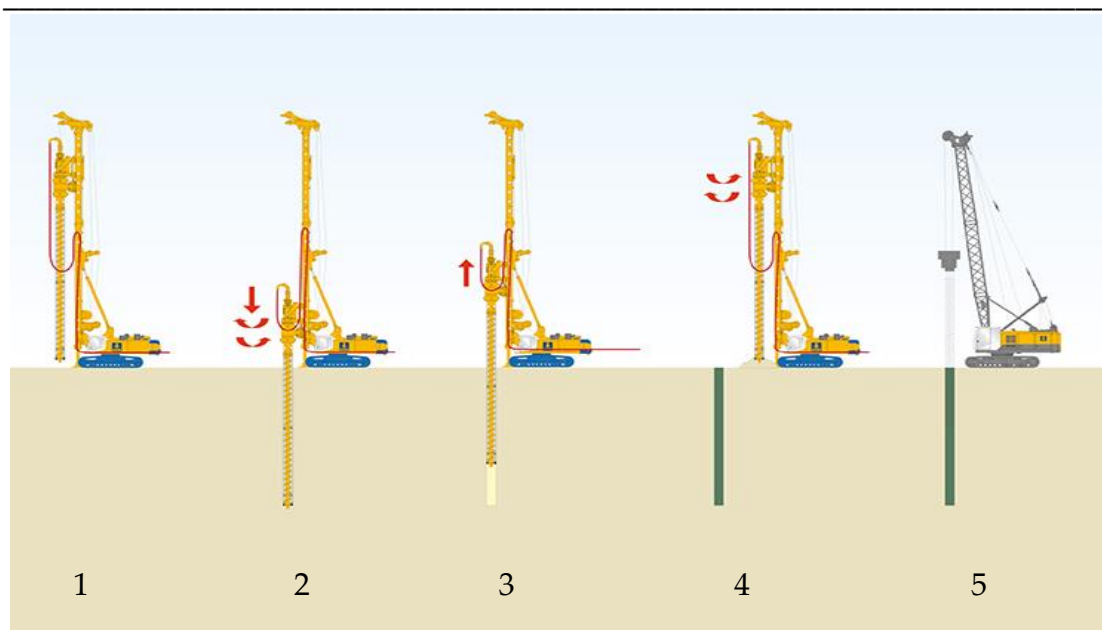


Figura 2.4 – Representação esquemática do processo construtivo de estacas a trado contínuo

@ BAUER Spezialtiefbau GmbH

- 1 – Posicionamento da máquina de perfuração no local da construção da estaca;
- 2 - O trado contínuo é levado até à profundidade pretendida através da sua rotação e penetração. Paralelamente, e acompanhando o trado, o tubo de revestimento, moldador é rodado em sentido contrário. Os detritos da perfuração vão subindo dentro do tubo moldador através da helicoidal do trado;
- 3 – Atingida a cota do fundo, o betão é bombado pelo interior do trado preenchendo a perfuração à medida em que se faz subir o trado e o tubo moldador (em simultâneo) limpando o furo;
- 4 – A ferramenta de perfuração é retirada, através da rotação inversa entre o trado e o tubo moldador;
- 5 – Com a betonagem concluída é colocada a armadura no furo, com uma giratória ou uma grua. Tal como no CFA, para facilitar a sua descida, pode estar munida de um vibrador.

A técnica de trado contínuo entubado é rara, não havendo conhecimento da mesma ter sido utilizada alguma vez em Portugal, Angola ou Moçambique¹⁴. No

¹⁴ Países referidos devido à experiência do autor ser efetiva nesses territórios.

entanto, é comum em países como a Alemanha e Áustria (Manfred 2009). No Reino Unido também já é utilizada desde 2013 ((Cimentation Skanska), 2013).

Na Tabela 2.1 sintetizam-se os aspetos mais relevantes na construção de estacas com trado contínuo.

Tabela 2.1 – Aspetos relevantes da construção de estacas com trado contínuo (CFA e DKS)

Estacas a trado contínuo							
Características da utilização		Técnicas de perfuração					
		CFA				DKS	
Utilização		Solos				Solos	
Ø (mm)		400	600	800	1000	620	880 1080
Profundidades máximas (m) ¹⁵		17,5				11,5	
Pontos fortes		● Rapidez ● Custo				● Rapidez ● Custo comparativo com “Kelly” ● Verticalidade ● Perturbação da envolvente	
Pontos fracos		● Verticalidade ● Garantida de recobrimento ● Utilização em solos heterogéneos				● Garantida de recobrimento ● Profundidade limitada	
Equipamento (mínimo)	Pesado	● Máquina perfuradora equipada com trado contínuo ● Bomba de betão ● Grua auxiliar /Giratória				● Máquina perfuradora equipada com cabeça de rotação dupla ● Bomba de betão ● Grua auxiliar /Giratória	
	Ligeiro	Vibrador para armaduras				Vibrador para armaduras	
Equipas (mínimas)		● Encarregado ● Manobrador ● 3 Ajudantes				● Encarregado ● Manobrador ● 3 Ajudantes	

Ø – diâmetro; CFA – Continuous Flight Auger; DKS – Double KDK System

As “Single Colum Mixing” (SCM) são semelhantes às CFA, mas, à medida que a ferramenta sobe, não vai retirando o solo, mas mistura-o com o betão. No final, a armadura é colocada como numa estaca de CFA.

¹⁵ Estas são as profundidades mais comuns, podem-se executar mais profundas em condições especiais até 50 m com CFA e 22,8 m com DKS (Martin D Larisch 2018)

2.2.1.2 Estacas moldadas utilizando vara “Kelly”

A construção de estacas moldadas com vara “Kelly”¹⁶, tem um tratamento mais aprofundado por ser uma das técnicas utilizadas nos casos estudados nesta dissertação. Estas estacas perfuradas são as mais frequentemente realizadas. Contudo, são mais onerosas que as de CFA (Brito, 1999), considerando diâmetros até 800 mm em solos. São elementos cilíndricos perfurados à rotação por máquinas com 35 Mg a 300 Mg podendo atingir profundidades de 125 m e com diâmetros de 4,6 m ((Bauer Maschinen GmbH), 2017). Na Figura 2.5 apresenta-se a vista de uma obra executada no Soyo, Angola com perfuradoras munidas de varas “Kelly”.



Figura 2.5 – Vista geral da empreitada de estacas moldadas com vara “Kelly”

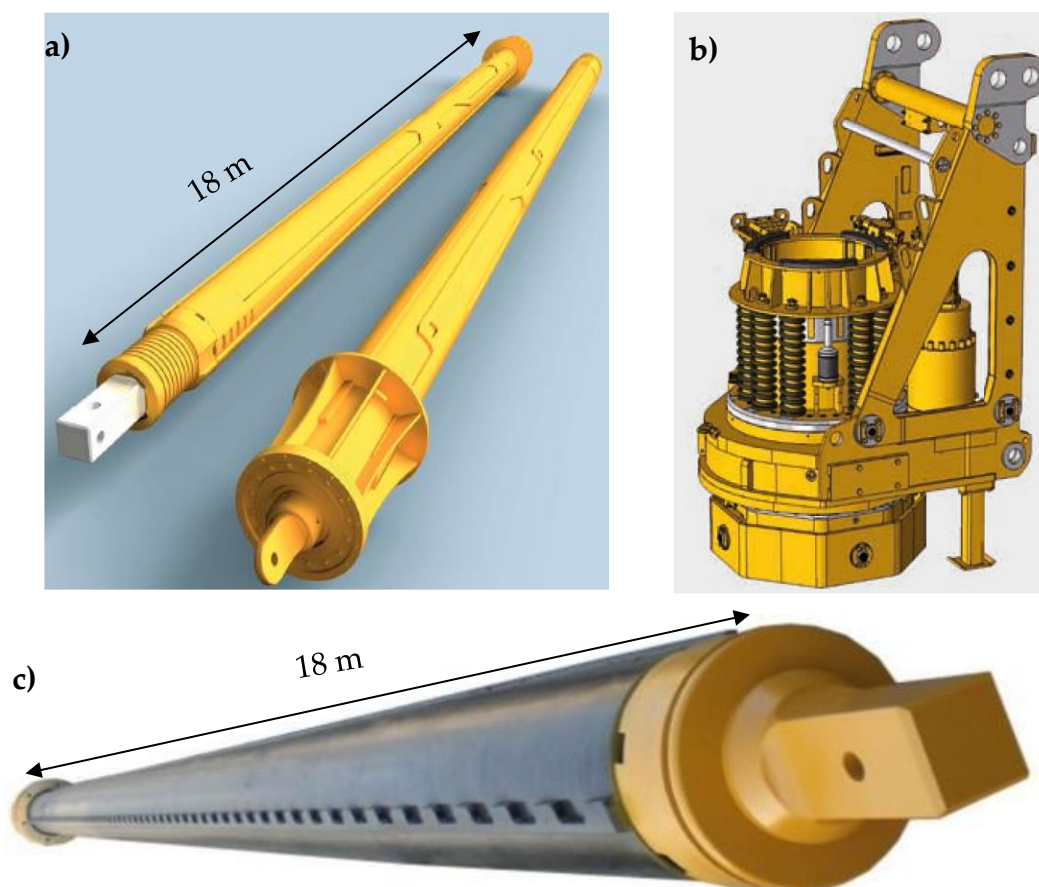
A vara “Kelly” é o elemento mecânico que transmite a força de rotação (binário) do torque (KDK) à ferramenta de perfuração ((Bauer Maschinen GmbH), 2013). É um elemento telescópico que pode ser constituída por dois a seis elementos, consoante a profundidade a atingir¹⁷, a capacidade da máquina¹⁸ e a resistência

¹⁶ Doravante designadas de *estacas com Kelly*

¹⁷ As varas podem atingir os 100m de profundidade, quando é necessário perfurar mais é comum recorrer-se a prolongas que são elementos rígidos que se encaixam na ponta da “Kelly”.

¹⁸ Normalmente a capacidade designada em kN·m é um binário ou torque. Na atualidade este valor pode chegar a 721 kN·m como no caso da máquina Bauer BG 72. ((Bauer Maschinen GmbH), 2012)

do terreno. As varas “Kelly” podem ser de dois tipos: as de fricção¹⁹ e as de bloqueio, Figura 2.6, podendo ser utilizadas em solos ou em maciços rochosos.



a) Varas “Kelly” de bloqueio, à esquerda de bloqueio por fricção e à direita de bloqueio convencional; b) KDK, Torque de uma BG 72); c) Vara “Kelly” de fricção.
@ Bauer Maschinen GmbH

Figura 2.6 – Tipos de varas “Kelly”

A escolha feita pelos fabricantes dos equipamentos baseia-se nas patentes que detêm. As de fricção são uns segundos mais rápidas a bloquear, no entanto, têm tendência a encravar e ficar presas na presença de areias finas saturadas. As de bloqueio são mais resistentes suportando torques até 72 Mg, mas são mais dispendiosas cerca de 50% para a mesma capacidade, e menos suscetíveis a avarias.

Na Figura 2.7 representa-se a terminologia utilizada em obras de estacas relativamente às dimensões da perfuração.

¹⁹ Releva-se o facto da tradução advinda do inglês, pois a mesma pode induzir em erro devido à existência de varas de fricção e de bloqueio, sendo que as de bloqueio podem ser de dois tipos, o de bloqueio convencional e de fricção.

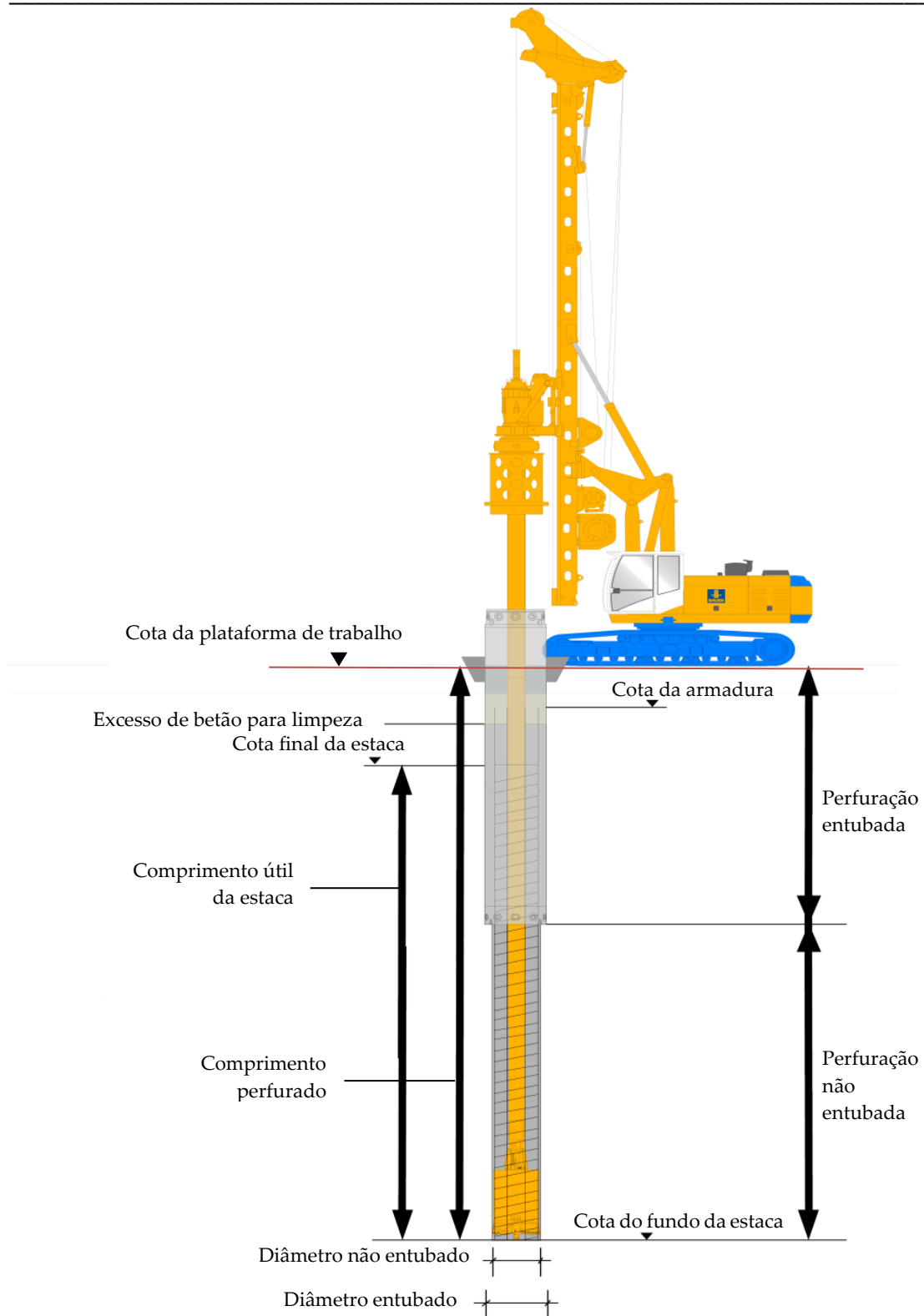
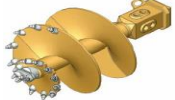


Figura 2.7 – Terminologia utilizada na construção de estacas

A ferramenta de perfuração pode ser escolhida de acordo com a Tabela 2.2 ou a Tabela 2.4 e a de limpeza de acordo com Tabela 2.3 para diâmetros de 300 mm a 3600 mm.

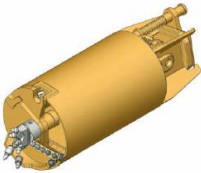
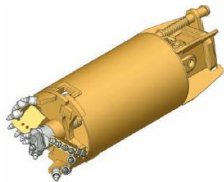
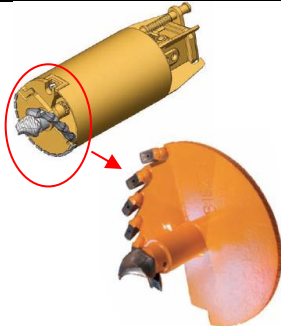
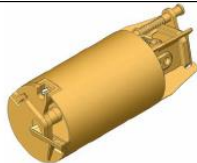
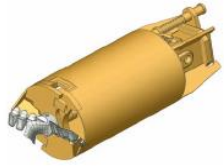
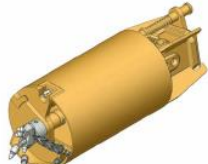
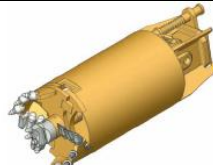
Tabela 2.2 - Tipos de trados para vara “Kelly” e sua aplicação

Tipo	Aplicações	Imagem
Piões	Areia muito compactas e cascalho; maciço W _{4-5,3} ²⁰ até 20 MPa	
Piões duplo	Semelhantes ao trado de piões, no entanto mais eficaz para perfuração não entubada e/ou grandes diâmetros, devido ao seu maior poder direcional	
Progressivo	Maciço W ₃ entre 10 e 100 MPa	
Progressivo duplo	Semelhante ao anterior, mas mais eficaz para perfuração não entubada e/ou grandes diâmetros, devido ao seu maior poder direcional	
Capas	Argilas e siltes brandos. Areias pouco compactas a compactas	
Capas duplo	Semelhante ao trado de capas, mas mais eficaz para perfuração não entubada e/ou grandes diâmetros, devido ao seu maior poder direcional	
Misto	Siltes e argilas moles a rijos; areias mediantemente compactas a compactas	
Misto duplo	Semelhante ao trado misto, contudo mais adaptado para perfuração não entubada e/ou grandes diâmetros, devido ao seu maior poder direcional	

Ilustrações de BAUER Maschinen GmbH

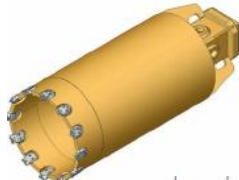
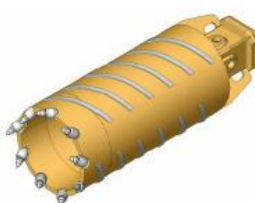
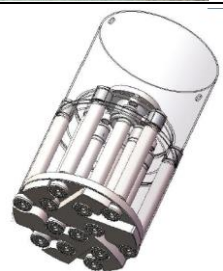
²⁰ Classes de alteração de maciço rochoso de acordo ISRM

Tabela 2.3 – Tipos de baldes para vara “Kelly” e sua aplicação

Tipo	Aplicação	Imagem
Piões	Areias muito compactas e cascalhos; maciço $W_{3,2}$; resistência <50 MPa	
Piões duplo	Semelhante ao anterior, no entanto, mais indicado para perfuração não entubada e/ou grandes diâmetros devido ao seu maior poder direcional	
Progressivo	Areia compacta, argila e silte, muito utilizado para perfuração com fluidos estabilizadores	
Limpeza	Limpeza do fundo dos furos	
Capas	Argilas e siltes moles; areias soltas a mediamente compactas	
Capas duplo	Semelhante ao anterior, mas mais apto para perfuração não entubada e/ou grandes diâmetros devido ao seu poder direcional.	
Misto	Siltes e argilas moles a rijos; areias mediamente compactas a compactas. Cascalheiras	
Misto duplo	Semelhante ao anterior, mas mais adaptado para perfuração não entubada e/ou grandes diâmetros devido ao seu poder direcional	

Ilustrações de BAUER Maschinen GmbH

Tabela 2.4 – Tipos de carotiers para vara “Kelly” e sua aplicação

Tipo	Aplicação	Imagem
Pitons tungsténio	Betão e estacas secantes	
Pitons substituíveis	Maciço W ₁ , resistência 100 MPa e blocos e calhaus	
Com piões	Maciço com resistência 100 MPa fissurado	
Com roller bits	Maciço com resistência >100 MPa	
MHD	Maciço são com resistência >100 MPa Grande velocidade de perfuração. Pouco utilizado devido ao consumo de ar comprimido necessário: a título de exemplo e para um diâmetro 1000 mm, são necessários entre 64 e 80 m ³ /min	

Ilustrações de BAUER Maschinen GmbH

Na fase de construção é importante conhecer adequadamente a ferramenta a utilizar, em conformidade com a litologia a intersetar, pois os rendimentos podem ser muito diferentes. A título de exemplo, no qual o autor teve intervenção, numa construção em solo argiloso seco e rijo e na época seca, utilizaram-se para perfuração, com excelente rendimento, ferramentas com piões. Quando a época das chuvas se iniciou, os rendimentos começaram a diminuir, apesar da zona da obra não ser atingida pelas intempéries. Após a

verificação dos valores de produção da obra, em queda constante, decidiu-se acompanhar *in situ* a execução da perfuração de uma estaca de início ao fim.

Assim que atingiram as argilas, a cerca de 0,5 m da cota da plataforma, a progressão tornava-se lenta e a ferramenta ficava com a argila colada aos piões, dificultando o avanço e aumentando o tempo de limpeza. As argilas estavam agora saturadas e moles e, apesar de se conseguir perfurar, a limpeza das ferramentas era muito morosa. Optou-se por trocá-las por ferramentas de capas. A produção aumentou imediatamente.

Não podendo, na grande maioria das obras de fundações, os diretores técnicos e de obra estarem permanentemente no terreno, a análise dos desvios ao orçamento baseados no conhecimento das operações, técnicas e ferramentas disponíveis podem, como neste exemplo, ser essenciais para a modificação progressiva de planos com vista ao cumprimento do orçamento.

O conhecimento do equipamento é também muito importante pois, de uma forma geral, quanto maior a potência do equipamento maior será o seu consumo, pelo que se deve optar por uma solução de compromisso entre o trabalho a executar e o equipamento, tendo em conta a sustentabilidade da obra e as emissões poluentes.

As estacas moldadas são utilizadas em inúmeras estruturas (pontes, edifícios, portos, silos, etc.) devido à sua grande resistência à tração, compressão e à resistência ao corte por comparação a outro tipo de fundações indiretas podem ser executadas em meios terrestres, fluviais ou marinhos e até profundidade de 125 m pelo processo de vara “Kelly”. Sendo necessário, podem-se atingir profundidades maiores da ordem de 200 m recorrendo à cravação de tubos e escavação com baldes de maxilas em gruas. Estas estacas também são utilizadas na execução de cortinas de estacas, as quais podem ser de três tipos: espaçadas, contínuas e secantes Figura 2.8.

Na cortina espaçada as estacas têm o espaçamento preenchido por betão projetado; na contínua, as estacas são dispostas com as faces em contato e nas secantes as estacas sobrepõem-se em uma percentagem da sua secção determinada em projeto. Nas cortinas secantes, as estacas dividem-se em primárias e secundárias, consoante se constroem, em primeiro lugar e desprovidas de armadura, enquanto as secundárias cortam parte das primárias, devendo ser executadas cerca de 24 h após as primárias uma vez que desta forma já possuem presa suficiente para não se deformarem, contudo não estão ainda

100% curadas permitindo o seu corte com mais facilidade do que aquando da presa total.

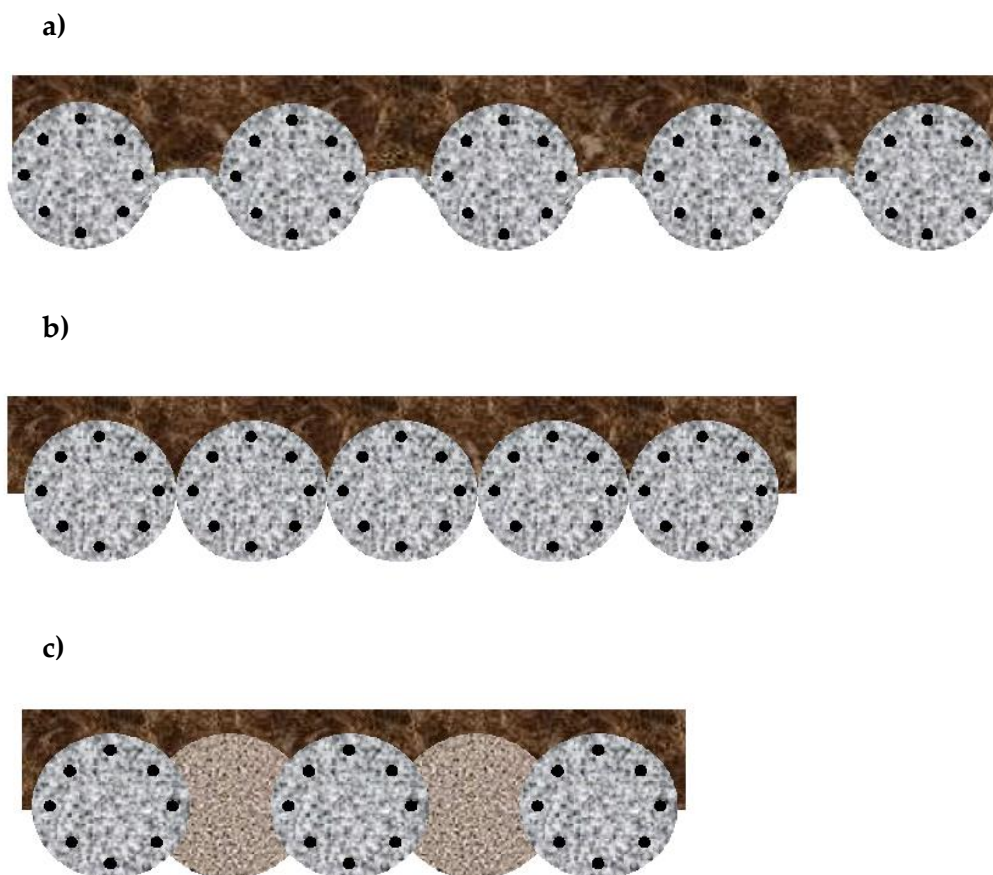


Figura 2.8 – Tipos de cortina de estacas – a) Espaçada; b) Tangente; c) Secante

As estacas perfuradas (moldadas) executadas com recurso a vara “Kelly” podem ser divididas em:

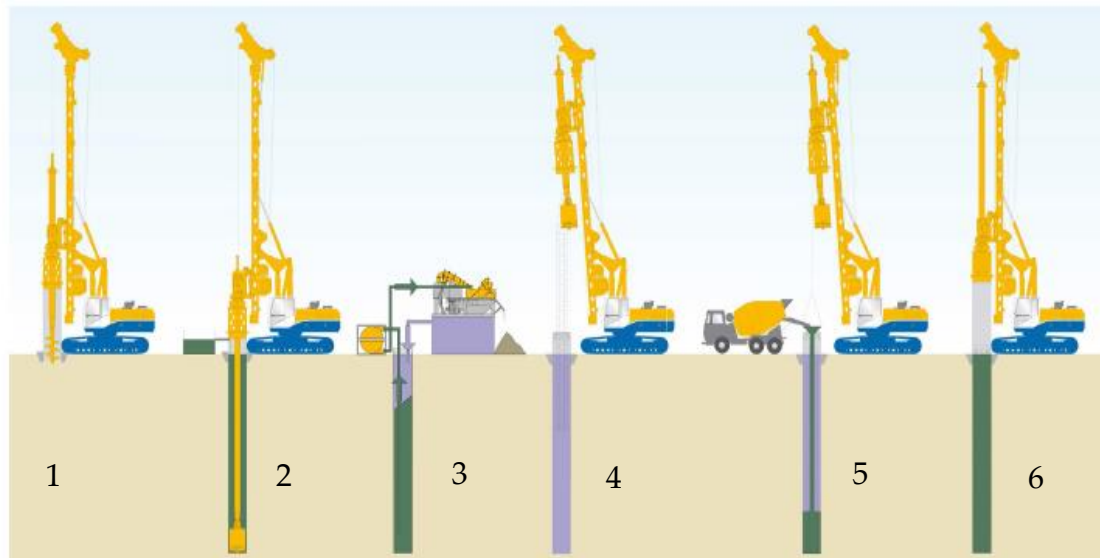
- Estacas perfuradas, com recurso a fluído estabilizador;
- Estacas revestidas com camisa metálica;
- Estacas executadas apenas com tubo guia a seco, perfuradas sem qualquer suporte;
- Estacas com deslocamento de terreno.

2.2.1.2.1 Recorrendo a fluído estabilizador

No processo construtivo destas estacas recorre-se a um fluído para estabilizar as paredes da perfuração que pode ser água, bentonite ou polímero. As estacas perfuradas apenas com água são pouco usuais e não são objeto de análise nesta

dissertação, focando-se nas que utilizam bentonite ou polímero como fluidos estabilizadores. Estes materiais serão tratados na secção 2.4

Na Figura 2.9 apresenta-se um esquema das operações envolvidas neste processo.



@ BAUER Spezialtiefbau GmbH

Figura 2.9 – Representação esquemática do processo construtivo de estacas com bentonite

Conforme a numeração da Figura 2.9 este método envolve as seguintes operações:

1 – Colocação da máquina e posicionamento do eixo da ferramenta de perfuração no ponto previamente marcado pela topografia. Na frente da máquina colocam-se dois pontos (estacas) ortogonais, exteriormente à ferramenta de corte para ir verificando se existem desvios após a remoção do ponto topograficamente marcado para a perfuração. Em situações de “estacas-pilar,”²¹ ou com tolerâncias muito baixas (podendo chegar a 1% do diâmetro) o acompanhamento topográfico pode ser exigido ou executado por máquinas com posicionamento digital e devidamente calibradas;

2 – Perfuração através de movimento de rotação e de pressão no terreno com o enchimento da ferramenta adequada, paralelamente, vai-se cravando o tubo

²¹ Estacas-pilar são aquelas que não têm maciços de encabeçamento, a armadura do pilar da estrutura empalma diretamente na armadura da estaca o que implica a diminuição das tolerâncias de implantação em relação às estacas que vão ter maciços de encabeçamento.

guia. Assim que esta ferramenta se encontra cheia, a vara é subida para limpeza da ferramenta e, novamente, colocada a perfurar. Estas ações são executadas até se atingir a profundidade pretendida. Em simultâneo com a perfuração, enche-se o furo de bentonite ou polímero, mantendo-se sempre o nível deste fluído no topo da perfuração. Como se pode ver no esquema da Figura 2.9 (2), deve existir uma bacia de retenção do fluído que funciona como um vazo de expansão. Quando se introduz a ferramenta no furo, absorve o volume de bentonite ou de polímero equivalente ao volume da vara e da ferramenta. Caso contrário, sempre que a ferramenta fosse introduzida na perfuração, o fluído transbordava do furo e, aquando da retirada da ferramenta para limpeza, ou se adicionava mais fluído ou a cota do mesmo descia, pondo em risco a estabilidade da parede da perfuração e aumentando o consumo de fluído estabilizador com influência direta no custo da empreitada. No final da perfuração deve-se proceder à limpeza do fundo de estaca conforme constante da norma EN 1536:2010. Esta limpeza pode ser feita por via mecânica, com um balde de limpeza, ou através de aspiração, Heinzelmann (2011a);

3 – Uma vez atingida a cota do fundo da estaca, é necessário reciclar o fluído. Na Figura 2.9 (3) “exemplifica-se” o processo com a bentonite: colhe-se uma amostra, do fundo da estaca, com um amostrador (acessório representado na Figura 2.30f do ponto 2.4) e analisam-se as suas propriedades, procedendo-se ao desarenamento da mesma, se necessário. A bentonite e o polímero serão tratados nos pontos 2.4.1 e 2.4.2 respetivamente;

4 – Estando o fluído estabilizador desarenado procede-se à colocação da armadura e da coluna de betonagem. As armaduras serão tratadas no ponto 2.5.2;

5 – Betonagem (tratada em detalhe na secção 2.5);

6 – Retirada do tubo guia²².

²² No esquema apresentado a betonagem é efetuada com auxílio da perfuradora. Contudo, esta situação pode ser rentabilizada, em obras em que não existam condicionamentos de espaço e cujo volume de trabalho o justifique, utilizando uma grua auxiliar para as betonagens. Desta forma a perfuradora estará sempre a perfurar e a grua a colocar as armaduras e a betonar permitindo um aumento do rendimento. É possível verificar através de simulações de controlo de custos se é rentável colocar uma grua auxiliar em obra, não existe uma regra fixa, depende das condicionantes consoante a empreitada.

Na Tabela 2.5 apresentam-se os aspetos mais relevantes na construção de estacas com fluidos estabilizadores.

Tabela 2.5 – Aspetos da construção de estacas moldadas com fluidos estabilizadores

Estacas com fluidos estabilizadores		
Características de utilização	Fluido estabilizador	
	Bentonite	Polímero
Utilização	Solos	Solos (SPT > 3)
Ø (mm)	De 400 a 4600	De 400 a 4600
Profundidades máximas (m)	125	125
Pontos fortes	•Custo •Facilidade técnica •Densidade	•Rapidez a desarenar •Poder ser utilizado em locais com sais •Menos detritos para remover
Pontos fracos	•Necessidade de mais equipamento •Contaminável na presença de algumas argilas	•Perda quase imediata das propriedades em casos específicos •Difícil de controlar
Equipamentos (mínimo)	• Máquina perfuradora •Bomba de lamas •Desarenador •Misturador •Tanques	• Máquina perfuradora •Bomba de lamas •Tanques
	Mangueiras e acessórios	
Equipas	• Encarregado • Manobrador • 4 Ajudantes	• Encarregado • Manobrador • 3 Ajudantes

Após a retirada do tubo guia, a construção da estaca propriamente dita está concluída, seguindo-se a demolição da cabeça da estaca (excesso de betão para limpeza da estaca Figura 2.7). A demolição pode ser executada com recurso a uma das seguintes técnicas: demolição convencional, com martelos pneumáticos (ligeiros ou pesados); recorrendo à fracturação hidráulica com uma *Darda* ou um divisor da cabeça de estacas; por fresagem; ou por rutura química. O processo de demolição das cabeças das estacas e as técnicas referidas serão abordados no ponto 2.5.

2.2.1.2.2 Recorrendo a tubos moldadores

Neste processo não existe, normalmente²³ a adição de fluidos estabilizadores, sendo o furo mantido estável pela colocação de um tubo metálico²⁴. Existem duas formas de execução de estacas com tubos moldadores:

- Com tubos recuperáveis;
- Com tubos perdidos.

Os tubos recuperáveis são reutilizados e os perdidos ficam no terreno. Ambos os tubos podem ser, dentro de certos parâmetros, colocados à rotação ou à vibro-cravação. Depende sempre da capacidade do equipamento disponível, do tipo de solo, do orçamento e da forma como as estacas vão trabalhar. Se as estacas funcionarem por atrito não deverão ser executadas com tubo perdido. O processo descrito refere-se a tubos recuperáveis cravados por rotação, semelhantes aos da Figura 2.10. Os outros processos, como se referiu anteriormente, diferem pela técnica da cravação ou pela não retirada do referido tubo. Os tubos moldadores para rotação são normalmente de parede dupla²⁵ para resistirem aos esforços que a máquina lhes imprime para os cravar e também para, se necessário, resistirem às mandíbulas das mesas de bambeamento. Estes tubos estão providos de encaixes que são bloqueados por porcas cónicas. O trabalho de colocação e aperto manual das porcas nos tubos é lento, pelo que a utilização de pistolas de aperto de impacto a ar comprimido, aumentam o rendimento conseguindo assim melhor desempenho ganhando-se cerca de 40 s no aperto de cada porca.

Nesta dissertação, os casos de estudo recorrendo ao processo construtivo de estacas moldadas com tubos moldadores referem-se a tubos recuperáveis colocados à rotação. Assim, doravante, sempre que forem referidos tubos moldadores consideram-se os recuperáveis à rotação até indicação contrária.

²³ Pode existir a adição de bentonite quando se está na presença de areias finas em aquíferos artesianos para evitar a ascensão das areias no interior dos tubos moldadores

²⁴ Muitas vezes os tubos moldadores são denominados de tubos de revestimento, camisas de revestimento ou tubos de bambeamento.

²⁵ Também denominados de tubos de bambeamento



Figura 2.10 – Tubos moldadores de parede dupla

As mesas de bambeamento, Figura 2.11a, são equipamentos que permitem bambear hidráulicamente os tubos moldadores, rodando meia-volta e cravando ou rodando meia-volta e puxando. Estes movimentos são impulsionados por macacos hidráulicos que podem imprimir um torque de 1200 kN.m. As mesas de bambeamento podem ser acopladas às máquinas de estacas ou gruas auxiliares, ou funcionarem autónomas com uma central hidráulica. Quando este equipamento não está disponível, para pequenos diâmetros (até cerca de 800 mm), pode-se recorrer a um extrator Figura 2.11b.

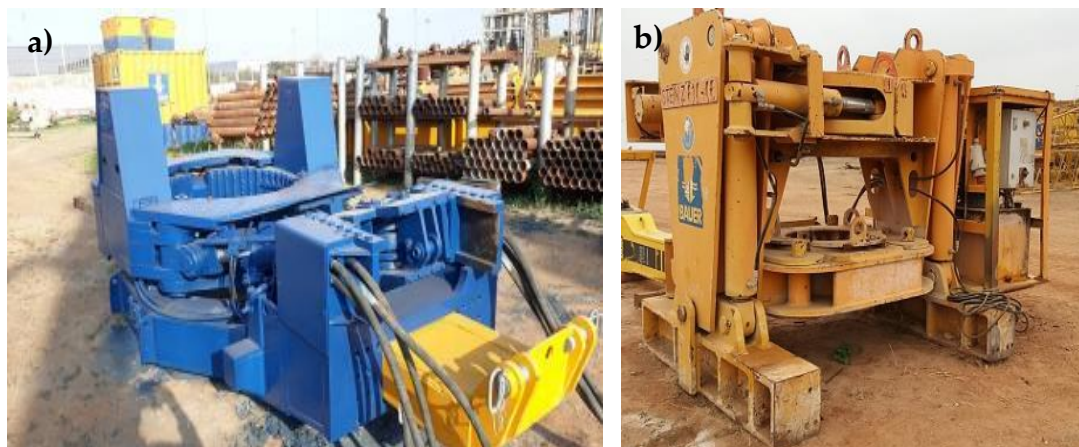
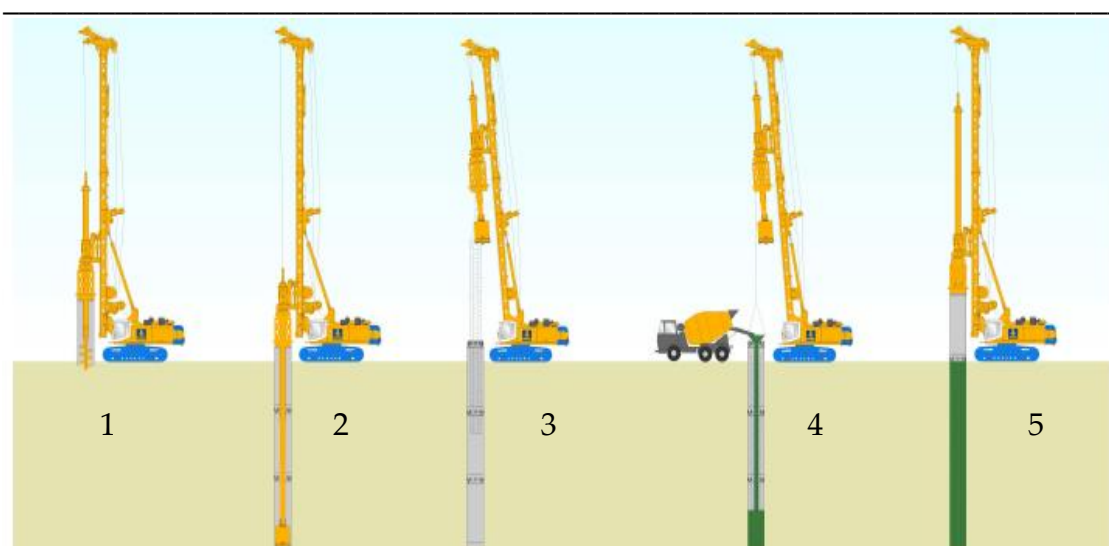


Figura 2.11 – a) Mesa de bambeamento; b) Extrator

Na Figura 2.12 apresenta-se um esquema das operações envolvidas neste processo.



@ Spezialtiefbau GmbH

Figura 2.12 – Representação esquemática do processo construtivo de estacas moldadas com tudo recuperável

Em seguida descreve-se processo de execução de estacas com tubos moldadores cravados por rotação tendo por base a numeração da Figura 2.12.

1 – Colocação do equipamento no local da perfuração, conforme o anteriormente descrito e cravação do tubo sapata²⁶;

2 – Perfuração. Cravação dos tubos à rotação com perfuração no interior do tubo e remoção dos detritos. Os tubos vão sendo acrescentados em troços de 1, 2, 3, 4, 5 ou 6 m, conforme o necessário para uma betonagem adequada e compatível com o corte da coluna de betonagem (secção 2.5). A perfuração com a ferramenta de corte pode ser avançada ou atrasada relativamente ao revestimento, isto é: a ferramenta pode perfurar à frente do revestimento ou somente no interior. É normal, em terrenos coesivos, perfurar avançada e em terrenos não coesivos atrasada. De referir que, na perfuração atrasada, na operação de colocação de armadura, tem de se precaver a betonagem com uma técnica que evite a respetiva subida da mesma, nomeadamente a colocação de uma carapuça de geotêxtil no pé da armadura (Schwab, 2010). Tal como referido a propósito das estacas executadas com fluido estabilizador, no final da perfuração deve proceder-se à limpeza do fundo de estaca conforme o indicado na EN 1536: 2010. Esta limpeza

²⁶ Tubo sapata é o que vai na frente de ataque da perfuração

pode ser feita por via mecânica (com um balde de limpeza) ou através de aspiração, Heinzelmann (2011a);

3 – Atingida a cota de fundo, coloca-se a armadura e coluna de betonagem;

4 – Betonagem. O betão deve ser colocado do fundo até à boca da perfuração para arrastar os detritos provenientes da perfuração (melhorando a limpeza da perfuração);

5 – Retirada dos tubos moldadores. À medida que o betão vai subindo, os tubos vão sendo removidos assim como a coluna de betonagem. Para a retirada dos tubos, a coluna de betonagem tem de continuar submersa no betão pelo menos 2 m. A forma utilizada para a mesma não se afundar é pendurá-la na vara “Kelly” e fazer o torque subir, elevando os tubos, sem a movimentação da coluna de betonagem. Procede-se desta forma até à retirada total dos tubos moldadores.

Durante este processo os tubos moldadores também têm de estar suspensos, neste caso usando uma ferramenta que se denomina de “quadra” e os prende na superfície do terreno. No caso de se estar a utilizar uma mesa de bambeamento, não é necessário o uso da quadra, pois a mesa fixa os tubos moldadores em todas as situações.

Com a retirada do tubo de sapata, os trabalhos estão praticamente concluídos, faltando apenas a demolição da cabeça da estaca para remoção do betão contaminado, e acerto à cota final.

2.2.1.2.3 Recorrendo a tubo guia, a seco

Este processo é o mais simples de execução de estacas moldadas, Figura 2.13, sendo semelhante a qualquer um dos anteriores: com tubos moldadores, ou com fluído estabilizador, à exceção dos pontos referentes à colocação dos tubos moldadores ou do fluído estabilizador. O processo diz-se a “seco” devido ao facto de não utilizar fluído estabilizador, contudo no presente estudo quando houver referencia à perfuração com tubo guia, subentenda-se, com tubo guia a seco.

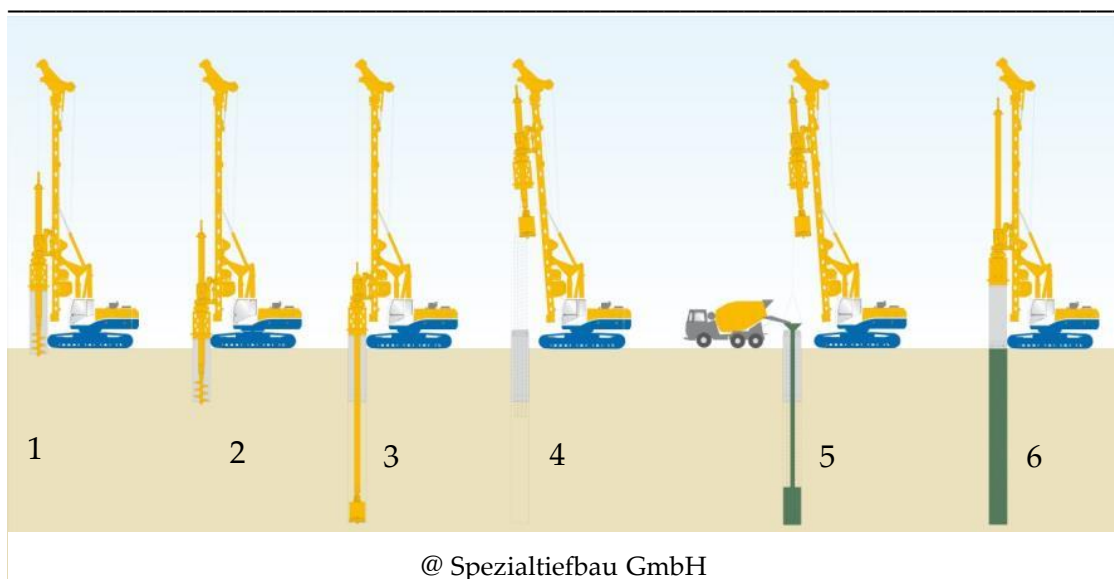


Figura 2.13 – Representação esquemática do processo construtivo de estacas moldadas a seco

Tem-se assim as seguintes operações de acordo com a numeração da Figura 2.13:

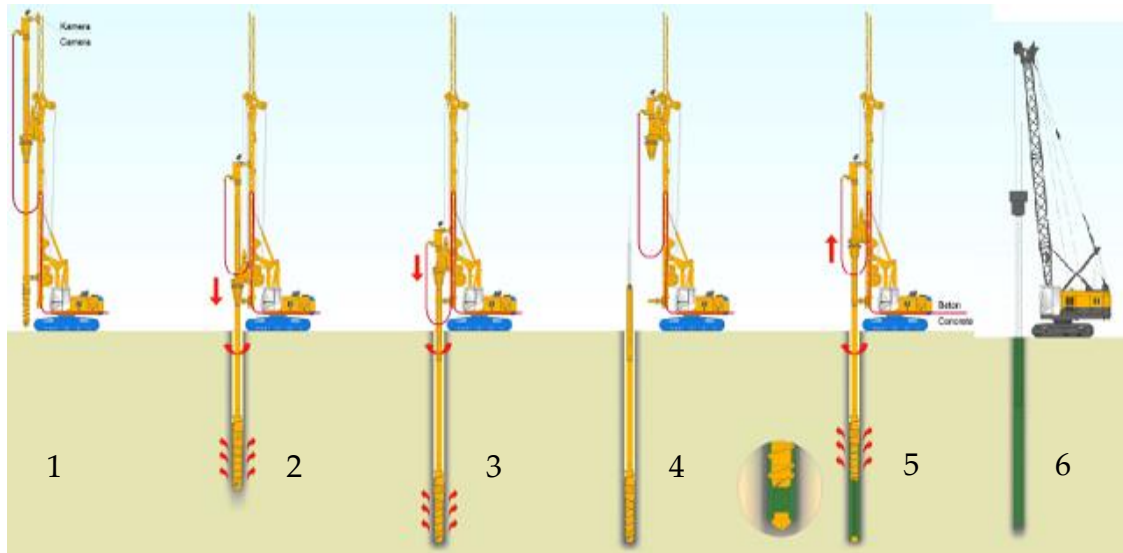
- 1 – Posicionamento do equipamento de perfuração;
- 2 – Início da perfuração com cravação do tubo guia;
- 3 – Perfuração da estaca até à cota de pé;
- 4 – Colocação da armadura e da coluna de betonagem;
- 5 – Betonagem;
- 6 – Remoção do tubo guia.

2.2.1.2.4 Recorrendo a deslocamento de solo

Este processo (Figura 2.14) é pouco utilizado; no entanto existem algumas variações ao método construtivo, umas usando um trado na ponta, que não faz deslocamento do terreno na ponta da estaca, e outras em que o deslocamento é desenvolvido em todo o fuste da estaca. Este processo é comunmente designado de *Full displacement Piles FDP*.

Este método é pouco utilizado, devido ao facto de ser desconhecido pela maioria dos empreiteiros e devido à escassez de equipamentos para o executar. No entanto, existem boletins acerca do tema ((Bauer Spezialtiefbau GmbH), 2013) assim como o relatório acerca do sistema FDP, Grabe (2009). Existe também uma publicação que relata as ocorrências de dos empolamentos do terreno à superfície com a utilização deste processo (Larisch et al., 2015).

Este tipo de estacas é utilizado apenas em solos e sempre que se pretende um adensamento do terreno nas imediações do elemento estrutural. Utiliza-se para melhorar as características resistentes do terreno, devido ao seu processo de adensação.



@ Spezialtiefbau GmbH

Figura 2.14 – Representação esquemática do processo construtivo de estacas de deslocamento de solo

Na Figura 2.14 representa-se esquematicamente o processo construtivo destas estacas, em que, de acordo com a numeração indicada se tem:

- 1 – Posicionamento do equipamento; de modo identico aos metodos já abordados;
- 2 – Início da perfuração por rotação e consequente descida da vara;
- 3 – Descida e compressão lateral do solo com a ferramenta até atingir a profundidade pretendida;
- 4 – Chegando à cota de fundo; colocação uma ferramenta (vara) pelo interior da “Kelly” que vai fazer com que se separe o corpo da ferramenta de perfuração da ponteira;
- 5 – Acoplação da máquina à vara e início da bombagem de betão pelo interior da vara e da ferramenta, à mesma velocidade com que se extrai a ferramenta de perfuração. Esta vai comprimindo o betão contra o solo, adensando-o;
- 6 – Com o betão fresco, colocação da armadura com recurso a uma grua auxiliar à qual, por vezes, se adapta um vibrador, semelhante ao utilizado na colocação de armaduras no CFA.

2.2.2 Estacas dúcteis cravadas: aplicação e processo construtivo

Esta técnica de execução de estacas tem um tratamento mais aprofundado devido a ser a técnica utilizada nos casos estudados nesta dissertação. Na realidade são consideradas “microestacas” e regem-se pela norma EN 14199. Contudo, por uma questão de terminologia no presente estudo utiliza-se a designação de “estaca dúctil cravada” visto ser a mais comum.²⁷

As estacas ou microestacas dúcteis cravadas são designadas de *Driven Ductile Piles* (Schrattenthaler, 2008), de *Bauer Ductile Piles* (BDP), (Bauer Spezialtiefbau GmbH, 2015), de *Ductile Iron Piles* (DIP), (Veitas et al., 2016) de *Tiroler Rhren - und Metallwerke-TRM* (Steinlechner, 2017), ou Estacas Dúcteis Cravadas-EDC (Oliveira 2019). Estas são constituídas por tubos de aço dúctil normalmente com 6 m²⁸ de comprimento, que são cravados no solo à percussão.

A junção entre tubos é conferida por uniões macho, fêmea, Figura 2.15.



Figura 2.15 – Pormenor do encaixe das estacas dúcteis

Os diâmetros exteriores variam entre 118mm e 170mm e em espessura entre 7,5 e 10,6mm, ((Saint-Gobain), 2015) sendo escolhidos de acordo com as cargas a que vão estar sujeitos.

A designação de dúctil advém do material que constitui a sua armadura que é colocada no terreno por cravação. Este material é um aço fundido, designado por ferro fundido cinzento, submetido a tratamento especial. O ferro fundido caracteriza-se por ser muito quebradiço, com resistência baixa ao impacto; contudo, tem resistência elevada aos ataques químicos. Neste material, foram melhoradas ainda as propriedades da resistência à tração, impacto e flexão através da transformação dos flóculos de grafite irregulares e angulosos em

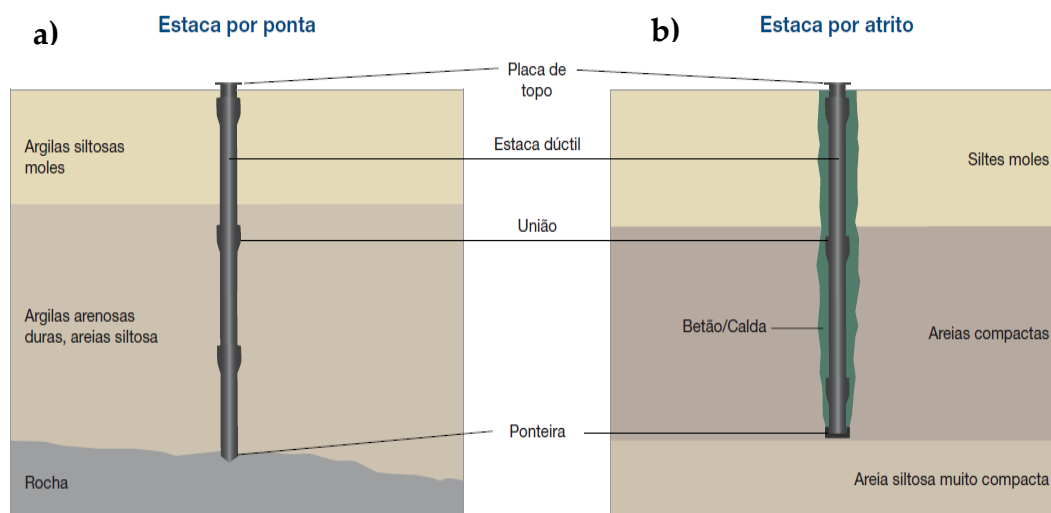
²⁷ Neste trabalho considera-se que as questões relativas ao “Set up” (ganho da resistência das estacas ao longo do tempo) foi averiguado aquando do dimensionamento do projeto.

²⁸ Existem tubos fabricados com 5 m de comprimento ((Sarl Coulon Piex battus), 2014); contudo, são preferíveis os de 6 m de comprimento para uma rentabilização de transporte.

flóculos esferoidais. Este processo é um tratamento térmico do ferro fundido em forno ao qual se adiciona grafite de magnésio (Schrattenthaler, 2008). Torna-se assim o ferro fundido dúctil, aumentado a sua resistência de acordo com o especificado na ONR 22567: 2001 e na BS-EN 545: 2006.

Existem duas variantes do processo de cravação: uma em que as estacas são simplesmente cravadas, denominada de “via seca”, e outro em que a cravação é acompanhada por injeção de micro-betão, designada de “via húmida” (Caetano, 2014) representadas na Figura 2.16 a) e b) respetivamente.

Estas duas variantes (estacas dúcteis cravadas e estacas dúcteis cravadas injetadas), definem a forma como as solicitações serão transmitidas ao terreno. As cravadas transmitem as cargas por ponta e as cravadas e injetadas por atrito lateral ou por atrito lateral e ponta (Figura 2.16). Devido a estas características, e em obra, é comum serem designadas genericamente por estacas dúcteis por ponta ou por estacas dúcteis por atrito, respetivamente.



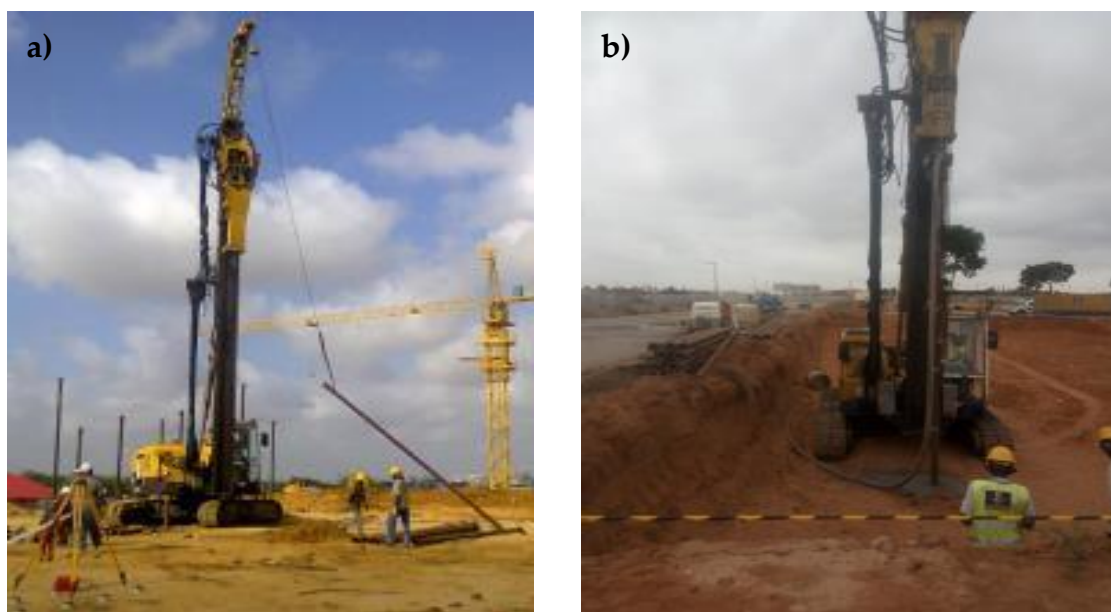
@ BAUER Spezialtiefbau GmbH

Figura 2.16 – Representação esquemática de estacas dúcteis cravadas: a) não injetadas; b) injetadas

Para cravação das estacas a responder por ponta é definido um critério de paragem denominado de “nega”, que consiste na paragem da cravação considerando um certo número de impactos máximo, para um deslocamento determinado (Schrattenthaler, 2008). Este critério é definido pelo projetista com base nos valores das cargas e da compacidade dos terrenos a atravessar. Para a cravação das estacas a responder por atrito, também pode haver um critério de “nega”, contudo é comum haver uma profundidade fixa estipulada em projeto.

As vantagens na utilização de estacas dúcteis cravadas relativamente às moldadas (ponto 2.2.1), é que a colocação de estacas dúcteis é normalmente mais rápida que moldadas para as mesmas ações e em situações em que é possível a substituição diminuindo o tempo de execução em cerca de 50% ((Saint-Gobain), 2015; (Bauer Spezialtiefbau GmbH), 2017), têm ainda a vantagem de, devido à natureza da armadura (tubo de aço dúctil), garantir-se, em todo o processo de cravação, a estabilidade da perfuração. O valor do equipamento, de mão-de-obra e do nível de conhecimento técnico, também é inferior ao necessário na construção de estacas moldadas, não sendo requerida a remoção de materiais provenientes da perfuração ((Saint-Gobain), *op. cit.*).

A Figura 2.17 apresenta imagens da execução das duas técnicas em obra: imagem a) estacas dúcteis cravadas com enchimento e b) injetadas. Na imagem b) pode-se ver ainda o tubo de injeção que encaminha o micro-betão para o adaptador na ponteira do martelo de cravação.



a) Projeto Nova Vida, Luanda, estacas dúcteis; b) Edifício no Zango, Luanda, estacas dúcteis injetadas

Figura 2.17 – Cravação de estacas dúcteis

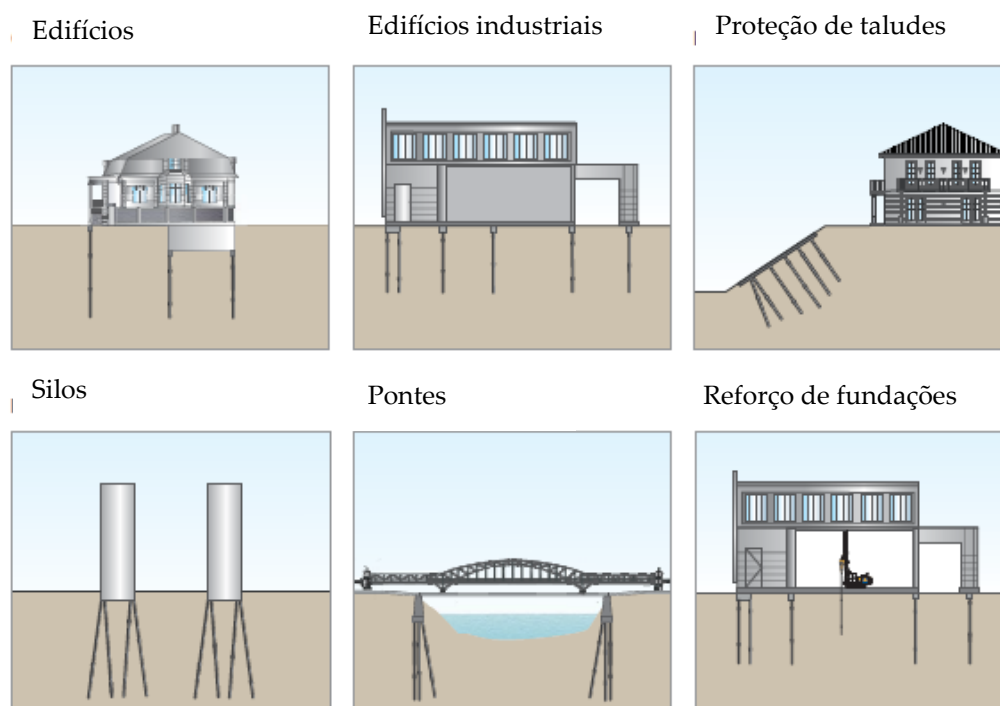
As estacas dúcteis podem ser cravadas verticalmente ou inclinadas, como na Figura 2.18, consoante as solicitações da superestrutura.



Figura 2.18 – Cravação de estacas dúcteis inclinadas, não injetadas

Existem vários documentos acerca das estacas dúcteis (Steinlechner, 2017; (Bauer Spezialtiefbau GmbH), 2015; (Dywidag), 2009 e Schrattenthaler, 2008). Estas regem-se pelas normas, ONR 22567: 2001 e pela EN 14199: 2017, referente a microestacas cravadas. O caso de estudo de Caetano (2014) detalham o processo construtivo e apresentam o estudo exaustivo de um caso de obra em Portugal (a Igreja dos Navegantes). Veitas et al. (2016) apresentam um documento na 41^a Conferencia DFI sobre estacas dúcteis cravadas, onde descrevem informação relativa à capacidade de carga para quatro casos de obra, concluindo que estas estacas podem ser uma alternativa a microestacas e outros tipos de estacas moldadas. Oliveira (2019) também detalha o processo construtivo e ensaios de carga realizados nestes elementos em obra.

As estacas dúcteis podem ser utilizadas para os mais variados fins. A sua aplicação está documentada em: Schrattenthaler, (2008); (Dywidag), (2009); Veitas et al. (2016); (Bauer Spezialtiefbau GmbH), (2017); Steinlechner, (2017); (Tiroler Rohne gmbH), (2019); (Geosolv Design-Built), (2020); entre outros e esquematizada na Figura 2.19.



@ BAUER Spezialtiefbau GmbH

Figura 2.19 – Representação esquemática da aplicabilidade de estacas dúcteis cravadas

A construção de estacas dúcteis cravadas é limitada pelo processo de cravação, motivo pelo qual, a sua aplicação está restringida a solos, desprovidos de blocos ou entraves que possam impedir a cravação, ou desvirtuar o critério estabelecido como nega.

O processo construtivo tem como principais equipamentos: um dispositivo para cravar, que pode ser uma escavadora giratória ou uma máquina de perfuração de estacas à qual se acopla um martelo pneumático de alta vibração, do tipo MB²⁹ Series ou HB³⁰ Series (Schrattenthaler, 2008). No caso das estacas dúcteis cravadas injetadas, acresce uma bomba de micro-betão. Em seguida descreve-se o procedimento construtivo

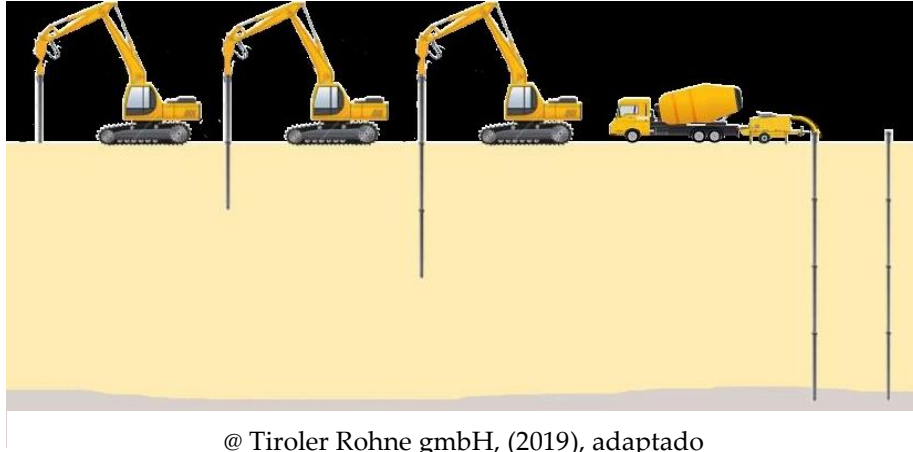
2.2.2.1 Cravação, com ou sem injeção

O processo inicia-se pela marcação topográfica do local da estaca. O tubo dúctil é colocado no local determinado e inicia-se a cravação:

²⁹ *Medium breaker*; capacidade de transmissão de cargas entre 18 e 34 Mg

³⁰ *Heavy breaker*; capacidade de transmissão de cargas entre 26 e 40 Mg

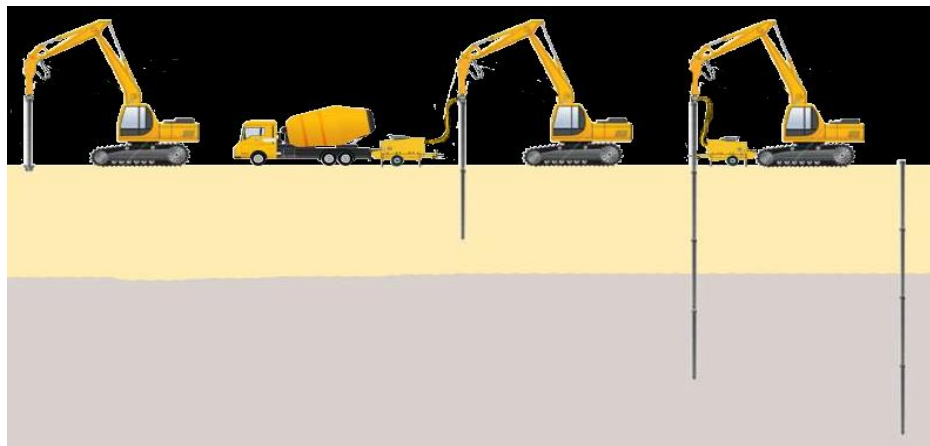
- a) No caso das não injetadas (Figura 2.20), a cravação termina quando se cumpre o critério de nega. Por exemplo, considera-se nega quando, em 25 s, não se conseguir a penetração de 3 cm;



@ Tiroler Rohne gmbH, (2019), adaptado

Figura 2.20 - Representação esquemática do processo construtivo de estacas dúcteis cravadas não injetadas

- b) No caso das injetadas (Figura 2.21) , como referido anteriormente, a cravação tem de atingir a profundidade determinada no projeto e calculada com base na resistência dos solos intercetados, na capacidade do martelo a utilizar, nas dimensões da armadura dúctil e nas cargas a aplicar (Schrattenthaler, 2008).

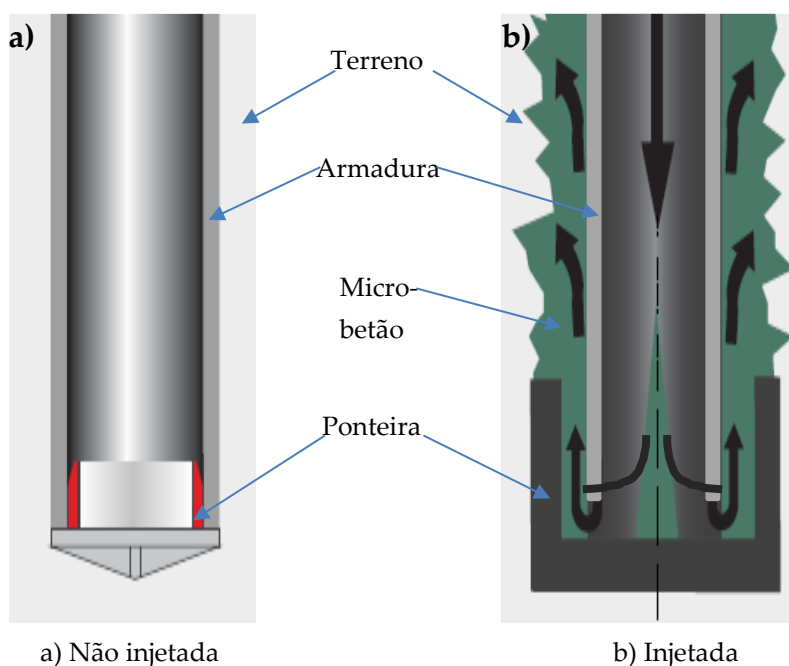


@ Tiroler Rohne gmbH, (2019), adaptado

Figura 2.21 - - Representação esquemática do processo construtivo de estacas dúcteis cravadas injetadas

Em ambos os casos, os critérios de final da cravação são naturalmente definidos em projeto e situam-se fora do âmbito da dissertação.

Em termos do material a utilizar nas estacas injetadas e não injetadas, a grande diferença está nas ponteiros. Na Figura 2.22 representam-se dois cortes pelo eixo vertical da estaca: com uma ponteira simples para estacas não injetadas (a) e outra, com recortes, para estacas injetadas (b); as setas representam o fluxo do micro-betão durante o processo de cravação desta última.



Adaptado de “Microestaca DUKI System da BAUER” @ BAUER Spezialtiefbau GmbH

Figura 2.22 – Cortes de pormenores de ponteiros de estacas dúcteis

Após terminar a cravação, as estacas dúcteis injetadas estão prontas para cortar o tubo dúctil à cota final, como se descreve em seguida. Nas não injetadas, o tubo dúctil é preenchido por betão, e posteriormente cortado à cota final (Corte).

2.2.2.2 Corte

O corte é o processo em que se suprime a extremidade superior em excesso do tubo dúctil, deixando-o à cota final de projeto. É utilizado um nível para marcar a cota no tubo e uma retificadora para se proceder ao corte. A estaca fica assim pronta a receber a armadura de encabeçamento para ligação à estrutura (maciço, viga, pilar ou ensoleiramento) ((Tiroler Rohne gmbH), 2019; Veitas et al., 2016).

Na Tabela 2.6 sintetizam-se os aspetos mais relevantes na cravação de estacas dúcteis.

Tabela 2.6 – Aspetos construtivos relevantes acerca de estacas dúcteis cravadas

Estacas dúcteis cravadas									
Características da construção		Não injetadas				Injetadas			
Utilização		Solos, transferindo as cargas por ponta				Solos, transferindo as cargas por atrito lateral			
Ø (mm)		118	118	170	170	118	118	170	170
Espessura (mm)		7,5	9	9	10,6	7,5	9	9	10,6
Capacidade de carga (KN) majorada em função dos betões utilizados (Schrattenthaler 2008)	C20/25*	709	842	1335	1545	869	1001	1566	1776
	C35/45*	792	920	1517	1719	952	1080	1748	1950
Equipamento (mínimo)	Pesado	• Máquina com martelo (perfuradora adaptada ou escavadora)				• Máquina com martelo (perfuradora ou escavadora) • Bomba de betão			
	Ligeiro	• Retificadora • Cronometro • Estação topográfica				• Retificadora • Cronometro • Estação topográfica			
Equipas (mínimas)		• Encarregado • Manobrador • Cronometrista				• Encarregado • Manobrador • Cronometrista			

*Designação segundo NP EN 206: 2013 + A1 2017

2.3. Outros tipos de fundações profundas

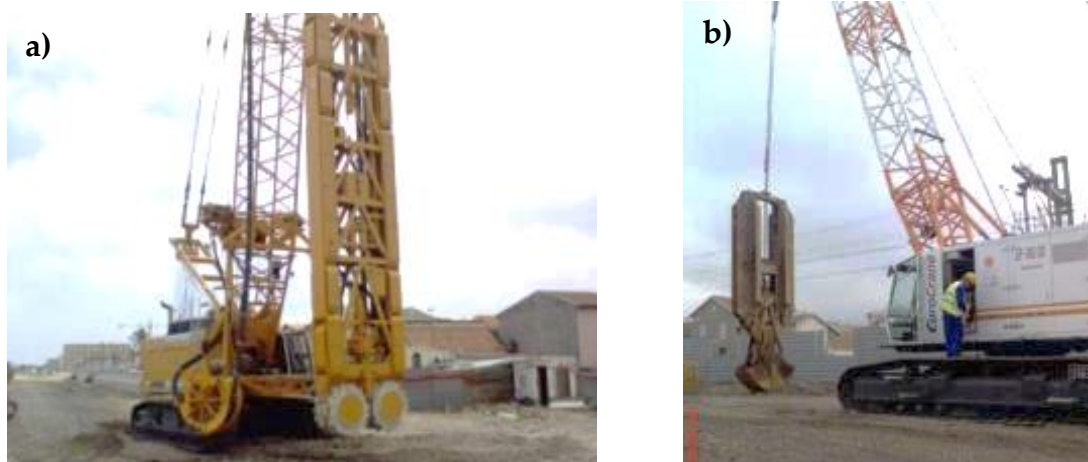
2.3.1 Barretas: aplicação e processo construtivo

De acordo com a norma 1536 DIN-CEN:2010 as barretas são consideradas estacas não circulares que podem ter secção transversal, retangular, em “L”, ou em “T”. As barretas são constituídas por um ou mais painéis de parede moldada³¹ recorrendo o mesmo método construtivo detalhado por Hajnal et al. (1984). Têm uma forma mais adequada à dissipação de cargas nos terrenos intercetados e são adequadas para profundidades superiores a 10 m (Brito e França, 1999). São especialmente eficazes para a fundação de estruturas de grande porte (pontes,

³¹ Parede moldada é um tipo de contenção periférica em que se constrói uma parede que recorre à escavação de painéis verticais de betão armado a partir da superfície com recurso a máquinas pesadas munidas de ferramentas de escavação como baldes de maxilas ou hidrofresas.

portos, etc) onde se encontrem terrenos brandos à superfície e o substrato rochoso esteja localizado a profundidade da ordem da centena de metros (Brito 2001).

A utilização das barretas mostra-se adequada para transmitir as cargas ao terreno em que se teria de recorrer a um grupo de estacas. Podem ser executadas em maciço rochoso recorrendo a hidrofresa (Figura 2.23a) ou em solos utilizando-se um balde de maxilas, “grabb” (Figura 2.23b). A hidrofresa é uma ferramenta hidráulica composta por duas cabeças de rotação colocadas numa estrutura metálica que é acoplada a uma grua.



a) Grua equipada com hidrofresa;

b) Grua equipada com balde de maxilas

Figura 2.23 – Equipamentos para escavação de barretas ou parede moldada

Em maciço rochoso decomposto a mediantemente alterado, até W_3 ³² inclusive, pode ser executada a escavação com balde de maxilas, recorrendo a trépano para desagregar o terreno que posteriormente será trazido à superfície com o balde. As escavações com balde de maxilas ou hidrofresa podem ser executadas abaixo do nível freático. Contudo deve-se considerar a necessidade de aferir se os elementos dissolvidos no aquífero intersetado não influenciam as propriedades do fluído estabilizador.

A Tabela 2.7 refere os aspetos mais relevantes a considerar quando se aborda a temática de construção de barretas.

Tabela 2.7 – Aspetos relevantes da construção de barretas

³² Classificação da SIMR - Basic Geotechnical Description of Rock Masses

Características da utilização		Técnicas de escavação	
		Com balde de maxilas (Figura 2.23 a)	Com hidrofresa (Figura 2.23 b)
Utilização		Solos e rocha muito alterada	Maciço rochoso de 50 a 200 Mpa [(Bauer Maschinen GmbH) 2016]
Espessura (mm)		De 400 a 2000	De 500 a 3200
Profundidade (m)		Até 70	Adequada de 40 a 100
Equipamento (mínimo)	Pesado	• Grua • Desarenador • Misturador • Bombas de lamas	• Grua hidráulica para hidrofresa • Grua para betonagens • Central de lamas (silos de bentonite, desarenadores, bombas)
	Ferramenta de corte	• Balde de maxilas • Trépano	• Hidrofresa
Equipas adequadas		• 1 Encarregado • 1 Manobrador • 1 Centralista • 3 Serventes	• 1 Encarregado • 2 Manobradores • 2 Centralistas • 5 Serventes

A construção de barretas pode recorrer às duas técnicas referidas na Tabela 2.7, e descritas nos pontos 2.3.1.1 e 2.3.1.2 que definem processos construtivos distintos. A diferença reside nas formas de escavação e de limpeza da mesma. Utilizando o balde de maxilas, os detritos da escavação vão sendo removidos com ele. Quando concluída a escavação inicia-se a limpeza da bentonite, desarenamento (assunto abordado na secção 2.4). Quando se utiliza uma hidrofresa, os detritos de escavação são extraídos por bombagem da bentonite para o desarenador; paralelamente adiciona-se bentonite limpa à escavação (Gerressen e Schöpf, n.d.). O método construtivo de uma barreta é semelhante de uma parede moldada, com a exceção da colocação dos tubos ou chapas de junta. No entanto, existem situações em que a largura da barreta é superior à largura do suportado pelo fluído de escavação; neste caso pode ter de se fazer o elemento com duas betonagens, recorrendo a tubos ou chapas de junta, Figura 2.24, obtendo-se assim dois elementos estruturais. A diferença entre a utilização dos tubos de junta e chapas de junta (também denominadas de juntas planas ou “waterstop”), relaciona-se com a quantidade de água no terreno. Caso se esteja a trabalhar abaixo do nível freático, isto é a escavação situa-se abaixo dele e o terreno for muito permeável, deve ser executada com uma junta plana “waterstop”. Esta tem uma forma específica para comportar uma borracha retentora ao longo de toda a sua extensão, garantido assim a estanquicidade.

Apesar de tudo, este método de execução das juntas é mais utilizado nas paredes moldadas.

Os baldes para as duas juntas citadas têm formas diferentes consoante se utilize um tubo junta ou uma junta plana, sendo os mesmos munidos de paredes laterais redondas ou planas, respetivamente.

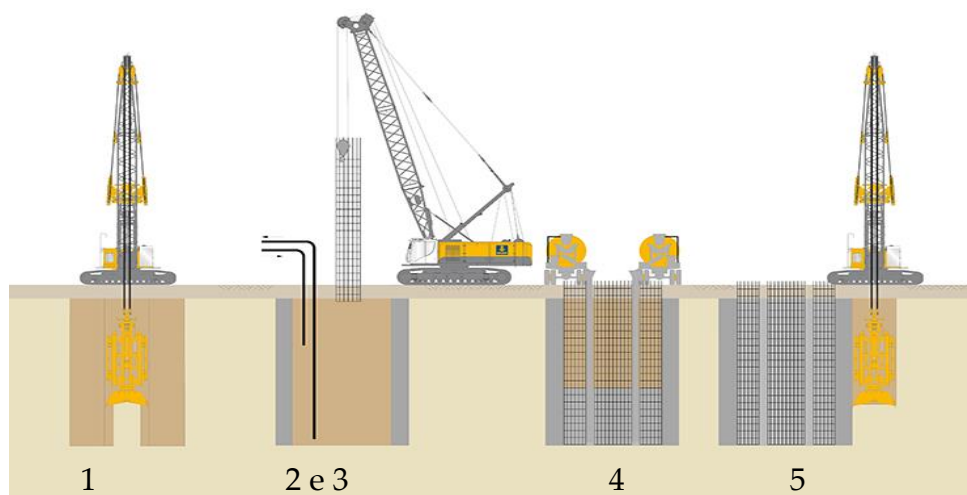


a) Tubos de junta Ø 600mm b) Juntas planas 600mm

Figura 2.24 – Tipos de juntas de paredes moldadas ou barretas

2.3.1.1 Escavação convencional com balde de maxilas

O processo construtivo tem duas fases: preparação e construção, estando esta última ilustrada na Figura 2.25, onde se esquematiza uma barreta de largura superior à do balde de escavação.



@ BAUER Spezialtiefbau GmbH

Figura 2.25 – Representação esquemática do processo construtivo de barretas com balde de maxilas

Fase de preparação:

Execução do muro guia – Consiste na execução de dois muretes em betão armado para guiar o balde de maxilas.

Fase de construção (conforme a numeração da Figura 2.25):

1. Escavação acompanhada de colocação de fluído estabilizador, bentonite ou polímero (descritos nos pontos 2.4.1 e 2.4.2 respetivamente), recorrendo a uma grua cujo acionamento do balde pode ser hidráulico ou mecânico. No caso do acionamento mecânico, a mesma terá de ter dois guinchos, um para subir e descer o balde e outro para abrir e fechar as maxilas. Ambos os sistemas têm vantagens e desvantagens. No caso do balde de maxilas hidráulico a vantagem é a força de fecho que permite ser mais rápida na escavação. No entanto, não se consegue retirar o balde da máquina com rapidez para se colocar um trépano ou usar a grua para a colocação da armadura, pelo que tem de haver uma grua auxiliar para estas operações. A escolha é feita com base nos meios ao dispor, na litologia, no espaço e tempo para execução da obra. Com balde hidráulico, tem-se mais rendimento, mas o custo fixo é superior em relação à situação anterior; com o balde de maxilas, existe menor rendimento, mas também um menor custo fixo;
2. Desarenamento do fluído estabilizador, ou seja, retirar do fluído as partículas de areia que o tornam denso e passível de se misturar com o betão (assuntos desenvolvidos na secção 2.4). O fluído estabilizador pode ser bentonite ou polímero e é inserido e retirado da perfuração através dos tubos representados a preto nas imagens 2 e 3 da Figura 2.25;
3. Colocação da armadura. Como referido no ponto 1 desta listagem, a armadura pode ser colocada com a grua de escavação ou uma grua auxiliar. Nesta operação deve-se ter em conta que a elevação da armadura deve ser executada com recurso a um dispositivo conhecido como “balança”, que previne a deformação da mesma durante o processo. Antes da colocação da armadura, na escavação procede-se à fixação dos espaçadores garantem o recobrimento da mesma. Existem alguns documentos acerca destes assuntos: elevação de armaduras, em Heinzelmann (2015) e espaçadores específicos para fundações profundas, em Heinzelmann (2010);
4. Betonagem submersa, é um processo em que, logo após o início da descarga do betão, a coluna de betonagem fica submersa no próprio betão. Este tipo de betonagem também é utilizado em estacas e garante a limpeza

do furo/escavação e a minimização da segregação³³ do betão. Este assunto é detalhado no ponto 2.5;

5. Escavação do painel seguinte: a escavação em parede moldada é feita por fases, painéis primários e secundários. Esta sequência é devida à necessidade de existir presa do betão nos painéis adjacentes à escavação. Nas barretas em que a largura do painel é superior à do balde, o processo é semelhante.

2.3.1.2 Escavação com hidrofresa

A escavação de barretas com a hidrofresa é o meio mais oneroso de se executarem fundações indiretas. Contudo, se os terrenos tiverem muitos blocos de rocha e a obra tiver a dimensão necessária, pode ser um método economicamente eficaz (Cardu e Oreste, 2013). O procedimento construtivo é ilustrado na Figura 2.26, para barretas com largura superior à da hidrofresa, sendo composto pelas seguintes etapas:

1. Colocação de guia metálica, com as dimensões da secção horizontal da hidrofresa para manter o início da escavação sem desvios no alinhamento definido no projeto. Tem a função de bloquear os movimentos laterais da hidrofresa;
2. Escavação acompanhada de colocação e aspiração de fluído estabilizador feita através do corpo da hidrofresa;
3. Desarenamento, através dos tubos representados a preto na Figura 2.26 com os números 3 e 4. Quando se escava com a hidrofresa utiliza-se sempre bentonite, pois se se utilizar polímero o processo de mistura e de bombagem fará com que as suas ligações internas se partam, eliminando o seu efeito estabilizador;
4. Colocação da armadura;
5. Betonagem submersa.

³³ Consiste numa distribuição não uniforme dos agregados (Sousa Coutinho 2005), com uma separação granulométrica que aumenta em profundidade.

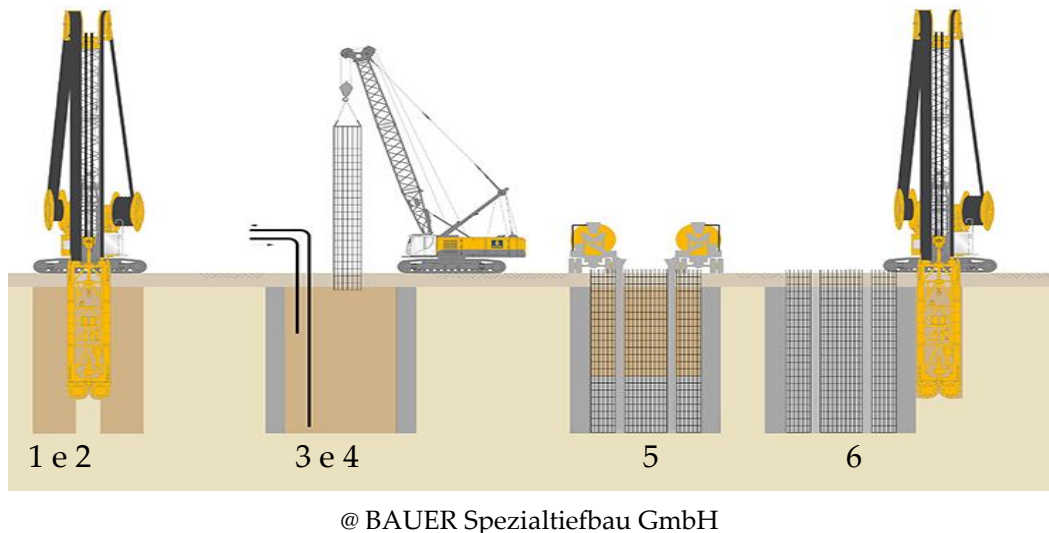


Figura 2.26 – Representação esquemática do processo construtivo de barretas com recurso hidrofresa

2.3.2 Microestacas: aplicação e processo construtivo

As microestacas são elementos de fundação que se utilizam em situações em que as estacas podem não ser viáveis, devido ao custo, espaço físico necessário à colocação dos equipamentos, como no caso de reforços de fundações já existentes (Pinto et al., 2016), cargas aplicadas de 50 a 500 kN (Tomlinson e Woodward, 2008a) ou meios disponíveis. As microestacas comuns têm diâmetros entre 114 mm e 300 mm; no entanto, estas dimensões não são fixas.

Utiliza-se o termo microestacas em concordância com os diâmetros referidos e especificados na NP EN 14199: 2017, assim como a terminologia associada às microestacas. À semelhança das estacas, são constituídas por betão e armaduras. As armaduras mais comuns são: varões de aço, varões de aço para pré-esforço, cabos, tubos, tubos com válvulas, tubos de ferro dúctil e perfis de aço. Como referido na Figura 2.2, podem dividir-se em perfuradas e cravadas, termos baseados no método de penetração no terreno. As perfuradas são inseridas no terreno por um processo de escavação à rotação que pode ser prévio ou executado com a própria microestaca, utilizada como ferramenta de perfuração. As cravadas são inseridas no terreno por um processo de compressão estática ou dinâmica. Nesta investigação abordaram-se as cravadas com tubos dúcteis no ponto 2.2.2.

Os equipamentos utilizados são semelhantes aos da Figura 2.27 e normalmente não excedem 15 Mg de peso.



Figura 2.27 – Máquina perfuradora de pequeno diâmetro, UBW 06

Em diversas situações, as microestacas são utilizadas em locais onde é difícil colocar uma máquina de estacas devido ao seu tamanho. É o caso do reforço de fundações em edifícios (Caetano, 2014) ou pontes (Pinto et al., 2016) ou em fundações em que as cargas da estrutura possam ser transmitidas ao terreno com elementos mais simples do que estacas - em situações onde os terrenos são propícios ao levantamento da estrutura, na contenção de taludes ou ainda em situações em que se requer rapidez na execução dos trabalhos, como é o caso das estacas dúcteis cravadas. A escolha entre os diversos métodos é influenciada pelo tipo de solicitações a que a fundação estará submetida. Sendo solicitações apenas de compressão, qualquer um dos métodos de perfuração e betonagem pode ser eficaz, dependendo do valor das cargas. Se as solicitações forem à tração, devem-se escolher métodos em que haja atrito lateral, normalmente recorrendo a injeções que mais não são do que betonagem com pressão em tubos obturados (TM) para permitir o desenvolvimento de bolbos. Se existem solicitações de corte, também se tem de adequar o método, o que se pode fazer inclinando os elementos ou aumentando o seu diâmetro. No entanto, as resistências são muito variadas como demonstram os autores Bustamante e Doix, (1985) e Gonçalves, (2010).

Podem ser utilizadas em solos ou maciços rochosos, devendo o método de perfuração ser adequado ao terreno.

É comum classificar as microestacas em relação à técnica utilizada para perfuração, conforme representado na Figura 2.2. No entanto, existe ainda uma divisão que deve ser especificada nas microestacas que recorrem a tubos como armadura. Essa divisão é relativa à betonagem, podendo ser: seladas ou injetadas. De acordo com esta designação distinguem-se, pela colocação do betão/calda de cimento à pressão atmosférica, denominada de selagem, ou a uma pressão superior denominada de injeção. Também nas microestacas que utilizam varões pode recorrer-se a injeções, contudo estas não são tão eficazes como as que recorrem a tubos obturados (TM). Este assunto será retomado adiante no ponto 2.3.2.2.

Os processos construtivos incluem as atividades que se detalham em seguida:

- a) Para as microestacas com injeção:
 - I. Perfuração / cravação;
 - II. Colocação da armadura (no caso de cravadas este ponto normalmente³⁴ não existe);
 - III. Injeção;
 - IV. Selagem.

- b) Para microestacas sem injeção:
 - I. Perfuração / cravação;
 - II. Colocação da armadura (no caso de cravadas este ponto já não existe);
 - III. Selagem.

2.3.2.1 Perfuração

As técnicas atuais de perfuração dividem-se em: rotação; percussão e roto-percussão (Tabela 2.8).

Na rotação, a perfuração é feita por meio de um movimento circular acompanhado de uma força descendente contínua que depende da capacidade do equipamento, do diâmetro e da resistência do terreno. Pode ser utilizada em solo com recurso a trados ou em rocha com recurso a ferramentas de corte, os

³⁴ Existem casos em que as microestacas são reforçadas com varões para incrementar os valores da resistência à tração.

*carotiers*³⁵. Para estes trabalhos de perfuração de microestacas³⁶ utilizam-se máquinas munidas de uma cabeça de rotação que produz um torque nas varas, ou nos trados, que podem estar assentes em chassis móveis ou fixos e que normalmente não excedem 15 Mg de peso.

Tabela 2.8 – Aspetos relevantes da perfuração para microestacas

Características da utilização		Técnica de perfuração		
		Rotação		Percussão
Utilização		Rocha	Solos	Solos e Rocha
Ø (mm)		50 a 300	114 a 300	≤220
Profundidade ³⁷ (m)		≤80	≤80	≤30
Arrefecimento		• Ar • Água • Fluido estabilizador	N/A	N/A
Limpeza do furo		• Ar • Água • Fluido estabilizador	• Pelo trado	• Ar • Água • Limpadeira
Equipamento (mínimo)	Pesado	• Máquina de perfuração • Compressor • Bomba de água	• Máquina de perfuração	• Máquina e martelo
	Ferramenta de corte	• Carotier	• Ponteira do trado	• Máquina de perfuração • Compressor • Bomba de água
Equipas mínimas		• 1 Manobrador • 2 Serventes		

Ø – Diâmetro; N/A – Não Aplicável; MFF – Martelo de Fundo de Furo

³⁵ *Carotier* – Também conhecido como caroteiro em algumas empresas. Nesta investigação será utilizado o termo *carotier* para definir ferramenta de corte em rocha munida de tungsténio, ou pasta diamantada em ferramentas de pequeno diâmetro (microestacas) ou munida de piões, (*roler bits*), pastilhas de tungsténio ou diamantadas no grande diâmetro (estacas).

³⁶ A perfuração de microestacas é comumente designada em obra como perfuração de pequeno diâmetro.

³⁷ Valores relativos profundidades atingíveis pelo método de perfuração e não pela execução da microestaca, uma vez que para estas profundidades ter-se-ia um elemento demasiado esbelto e sujeito a encurvamento.

No caso da perfuração em rocha, a ferramenta é arrefecida com ar, água ou um fluído estabilizador, (ex. bentonite ou polímero); este fluído é utilizado quando se necessita de estabilizar as paredes do furo durante a retirada da ferramenta para limpeza da perfuração. A limpeza da perfuração é feita por recolha do elemento perfurado, que exige a desmontagem das varas. Este método é demorado devido à quantidade de operações para a limpeza da perfuração e só deve ser utilizado quando se pretende recolher amostras da perfuração ou que não haja vibrações ou ruído extremos nas imediações do trabalho.

No caso da perfuração em solo são utilizados os mesmos tipos de máquinas que para a perfuração em rocha com diferença na ferramenta de corte, que pode ser o trado, que é contínuo e composto por secções de 1,5 m ou 2 m. Na extremidade de avanço tem uma ponteira de corte que deve ser escolhida consoante o solo a perfurar. A limpeza do furo é feita pelo trado através da sua folha helicoidal, tipo sem-fim, que transporta o material solto da perfuração para a superfície.

Na percussão, a perfuração é feita pelo impacto da ferramenta no terreno. Na atualidade, não é muito utilizada de forma individual. Normalmente associa-se à rotação, originando a perfuração à roto-percussão. Esta técnica recorre a ar ou água para limpar o furo; no entanto pode utilizar uma ferramenta do tipo limpadeira. Em furos de pequeno diâmetro, até 300 mm, é uma técnica em desuso. Pode-se utilizar em solos e rocha.

A roto-percussão é o método de perfuração mais rápido, sendo feita com uma ferramenta que bate e roda, podendo a função de percussão ser acionada pela própria cabeça de rotação (denominada de martelo de superfície) ou por uma ferramenta de corte no final das varas (denominada de martelo de fundo de furo - MFF). O arrefecimento e acarreio de detritos da perfuração para a superfície pode ser efetuada com recurso a ar ou a água. No entanto, visto que o MFF opera melhor a ar, este é mais utilizado. Quando se utiliza o martelo de superfície, a limpeza do furo e arrefecimento da ferramenta de corte também pode ser a ar ou a água. Existem sistemas que permitem que se utilize o ar e a água, permitindo comprimir o ar à pressão para incremento do rendimento. Nos equipamentos modernos de perfuração de pequeno diâmetro, o acionamento dos martelos é hidráulico e comandado por uma ou mais bombas hidráulicas acionadas pelo motor da máquina, seja este térmico ou elétrico.

Dos três métodos abordados, como se referiu o mais produtivo é o de roto-percussão onde se podem atingir 60 m de perfuração por hora com diâmetro de

114mm em rocha³⁸. A escolha do tipo de perfuração é importante pois quer do ponto de vista económico quer do ponto de vista de gestão do risco a sua influência é preponderante.

2.3.2.2 Selagem e injeções

A selagem é uma mistura de calda de cimento ou resinas que irá preencher os vazios deixados entre a armadura e a perfuração assim como o interior da armadura no caso dos tubos da microestaca; pode ser executada imediatamente após a perfuração, ou após a colocação da armadura/tubo. A escolha do método a utilizar depende das condições de sustentação das paredes da perfuração.

A injeção da calda deve ser feita à pressão definida em projeto. Existem dois processos (Bustamante e Doix, 1985) de utilização frequente em obras de fundações profundas: a injeção repetitiva “*ir*” e o a injeção repetitiva e seletiva “*irs*” que, de acordo com a NP EN 14199 : 2017 correspondem a injeções em várias fases, sendo a primeira em uma única etapa e a segunda em várias etapas.

As injeções de calda são utilizadas para criar bolbos de calda nas imediações das válvulas/manchetes pelas quais essa injeção se executa. A diferença entre “*ir*” e “*irs*” é que na primeira apenas se pode repetir a operação sem saber ao certo se todas as manchetes estão a ser eficazes; isto é: pode haver algumas que não abrem com a pressão utilizada. As “*irs*” permitem que se determine quais as manchetes que se vão injetar, tendo-se assim, um melhor controlo da eficácia do sistema de injeção. O sistema “*ir*” pode ser aplicado a todo o tipo de armaduras que se queiram inserir numa perfuração previamente aberta. Contudo, caso se crave a armadura, o sistema não serve devido à sua construção. A “*ir*” é constituída por dois tubos de polietileno, um com válvulas e outro de retorno que acompanham a armadura. A ligação entre os dois tubos é feita por acoplador curvo situado junto da ponta inferior da armadura, o qual seria danificado durante a cravação. O sistema “*irs*” é composto por válvulas na própria armadura; trata-se de um tubo que, através da sua obturação, permite injetar pelas válvulas à profundidade estabelecida de forma controlada. O controlo da pressão de injeção e volume é medido através de um cavalete de injeção, onde se coloca um manómetro de

³⁸ Valores atingidos na empreitada a cargo do autor na Subconcessão do Douro interior, em rochas xistosas por vezes metamorfizadas.

pressão, graduado e um contador ou através da própria central, quando equipada com estes acessórios ou, ainda, através aparelhos eletrónicos especialmente desenvolvidos para este fim, como é o caso do *Logac*, Figura 2.28. Este aparelho é um “caudalímetro” e um manómetro de pressão, digital que permite o registo ao longo do tempo, bem como verificar a densidade e viscosidade da calda, o que é importante para se ter a noção da pressão necessária para a sua penetração no terreno.



Figura 2.28 – Aparelho Logac, para medição, registo de caudal e pressão das injeções de

2.4. Fluidos estabilizadores em fundações profundas

Os fluidos estabilizadores mais comuns são a bentonite, o polímero e a água, com destaque para os dois primeiros.

Neste trabalho, é dada ênfase à bentonite uma vez que foi o fluido utilizado como estabilizador nas obras utilizadas como casos de estudo (ponto 4.3.2).

O conhecimento do funcionamento dos fluidos estabilizadores é essencial na gestão do risco na fase construtiva de fundações profundas, pois, estando um perigo identificado, pode-se mitigar o seu risco, no caso de ser conveniente, manipulando as características físicas e/ou químicas do fluido estabilizador. Shrivastava et al. (2016) refere como as bentonites e os polímeros reagem e influenciam condições do meio.

A bentonite e o polímero são aqui tratados como materiais, à semelhança do que sucede nas empreitadas. No entanto, considerando que os “materiais” podem ser definidos como algo que fica integrado na obra, parece mais lógico classificá-los como um “consumível”. Estas definições diferem em termos contabilísticos e de gestão, pelo que, quando se pretende fazer um controlo de custos baseado em atividades CBA e comparável com a contabilidade, é necessário usar a definição

contabilística. A escolha entre bentonite ou polímero recai no conhecimento da sua aplicabilidade e meios técnicos (humanos e mecânicos) ao dispor.

A utilização de fluidos estabilizadores de suporte para fundações profundas é abordada no boletim de Heinzelmann (2012), no qual se referem algumas normas e boas práticas. As normas EN 1536: 2010 e EN 1538: 2010 também abordam este assunto dando orientações a seguir em projetos de paredes moldadas e estacas. Além disso, devem ser consideradas as possíveis alterações introduzidas no meio devido à utilização de fluidos conforme o referido por Farmer et al. (1970), Day et al. (1981), Tucker e Reese (1984), Tomlinson e Woodward (2008) e Shrivastava et al. (2016).

2.4.1 Bentonite

O conceito de “Bentonite” é atribuído a um conjunto de argilas com propriedades especiais, descobertas nas proximidades de Fort Benton nos Estados Unidos da América EUA no séc. IXX (Federation of Piling Specialists, 2006).

É argila montmorilonítica da família das esmectites (Serra et al., n.d.) usada em fundações de estacas moldadas desde os anos 60 (Farmer et al., 1970; Tucker e Reese, 1984) cuja principal propriedade de interesse para fundações é a tixotropia³⁹ (Mansour, 2002; W. et al., 2006). Devido a esta propriedade, a bentonite é muitas vezes utilizada como o fluido estabilizador. A estrutura da montmorilonite - $\text{Si}_8\text{Al}_4\text{O}_{20}(\text{OH})_4$ deriva da pirofilite, sendo constituída por unidades com três camadas, duas tetraédricas de sílica exteriores e uma octaédrica, de alumina, no centro das duas anteriores, Figura 2.29.

De acordo com Mansour (2002), na bentonite, os iões de Alumina, Al^{3+} , são substituídos por ferro, Fe^{2+} , ou Magnésio, Mg^{2+} , devido ao seu tamanho semelhante, mas, com menos um eletrão de valência. As “camadas” onde ocorrem as substituições são contínuas nas direções “a” e “b” e encontram-se empilhadas na direção “c” - Figura 2.29. A estrutura fica assim com uma carga negativa que é compensada por catiões intercambiáveis posicionados nos extremos e entre as camadas da estrutura cristalina formada por essas unidades que se encontram ligadas apenas por uma força fraca que é facilmente cisalhada.

³⁹ Tixotropia – Propriedade física que consiste na capacidade de um material se comportar como um gel em repouso e como um líquido assim que colocado em movimento.

A entrada da molécula de água é assim facilitada segundo a direcção “c” entre essas unidades, dando origem a um crescimento intercrystalino. Este crescimento continua com a rápida absorção de água sendo denominado de osmótico. Este processo origina forças eléctricas que fazem com que, estando a mistura de bentonite e água em suspensão, as partículas se orientem com as faces negativas em associação com as positivas, originando uma estrutura tridimensional, tipo “castelo de cartas”, ao longo do volume disponível, formando um gel. Quando esse gel é agitado as ligações rompem-se e a mistura torna-se mais fluída.

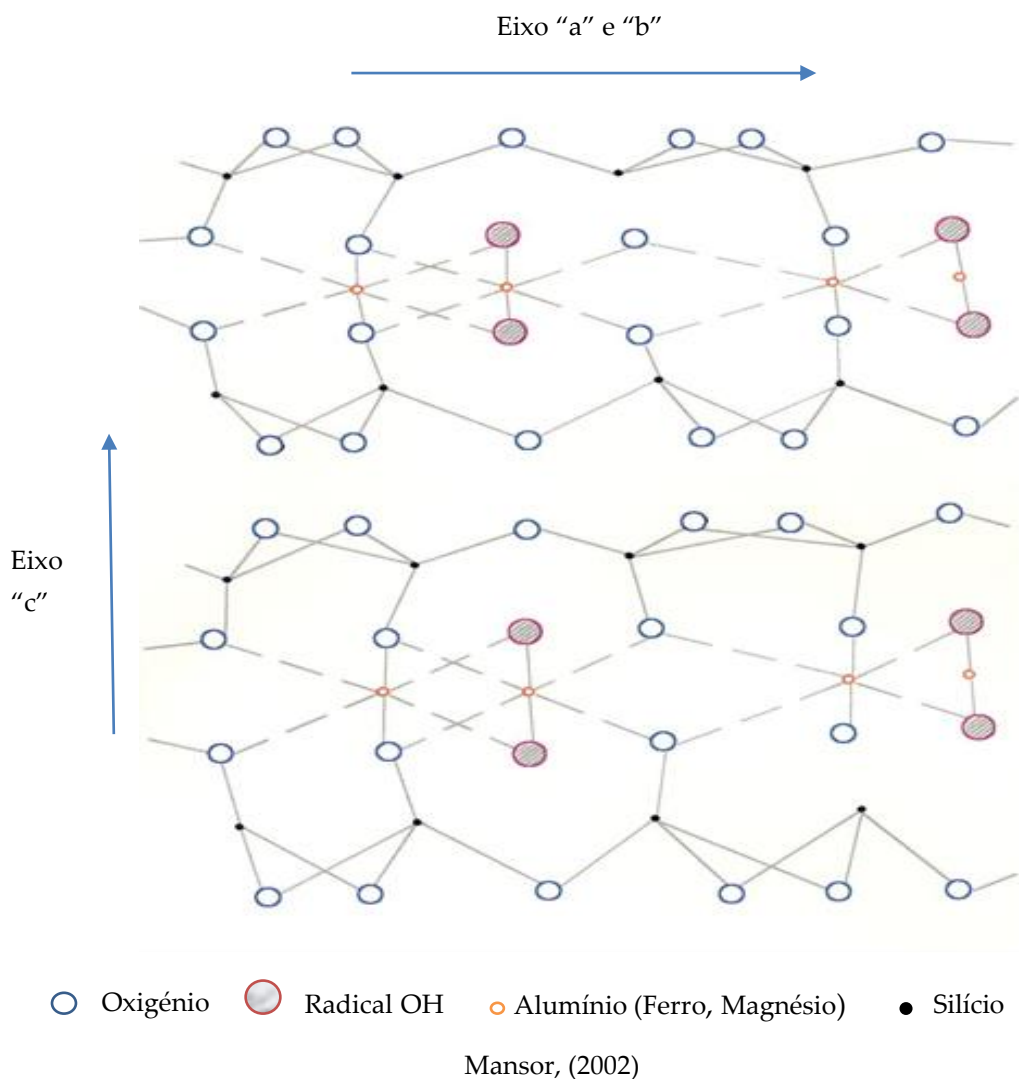


Figura 2.29 – Estrutura cristalina da bentonite

Existem dois tipos de montmorilonite: a sódica e a cálcica. A montmorilonite sódica tem maior capacidade de absorção de água do que a cálcica e, como consequência, expande mais, sendo mais tixotrópica e, assim, mais adequada na execução de fundações. No entanto, a bentonite sódica é

menos comum em grandes jazidas, pelo que é frequente alterar quimicamente a cálcica em sódica Mansour (2002).

A bentonite é mais fácil de utilizar e mais económica que o polímero (Shrivastava et al., 2016); contudo, em terrenos argilosos ou com cloretos, provindos do nível freático ou da litologia, tem de ser utilizada com cautela. Nos terrenos argilosos e com o decorrer da perfuração, é possível que o fluído se torne mais denso por adição das partículas argilosas oriundas da perfuração, tornando impossível a sua bombagem. Na presença de cloretos, estes reagem com a bentonite, levando a que flocule, perdendo a sua tixotropia e conduzindo, muitas vezes, ao colapso das paredes da perfuração. Outra situação em que, devido às suas propriedades, não se pode utilizar a bentonite é em terrenos contaminados⁴⁰, pois o seu efeito absorvente, utilizado na descontaminação faz com que perca a suas características de estabilizador, pelo que se deve recorrer a polímeros.

Os valores devem estar de acordo com os inscritos na Tabela 2.9, onde se representam as características para a utilização da bentonite numa obra de fundações.

Tabela 2.9 – Equipamentos de ensaio e características da bentonite recomendadas na EN 1538: 2010 para uma obra de fundações

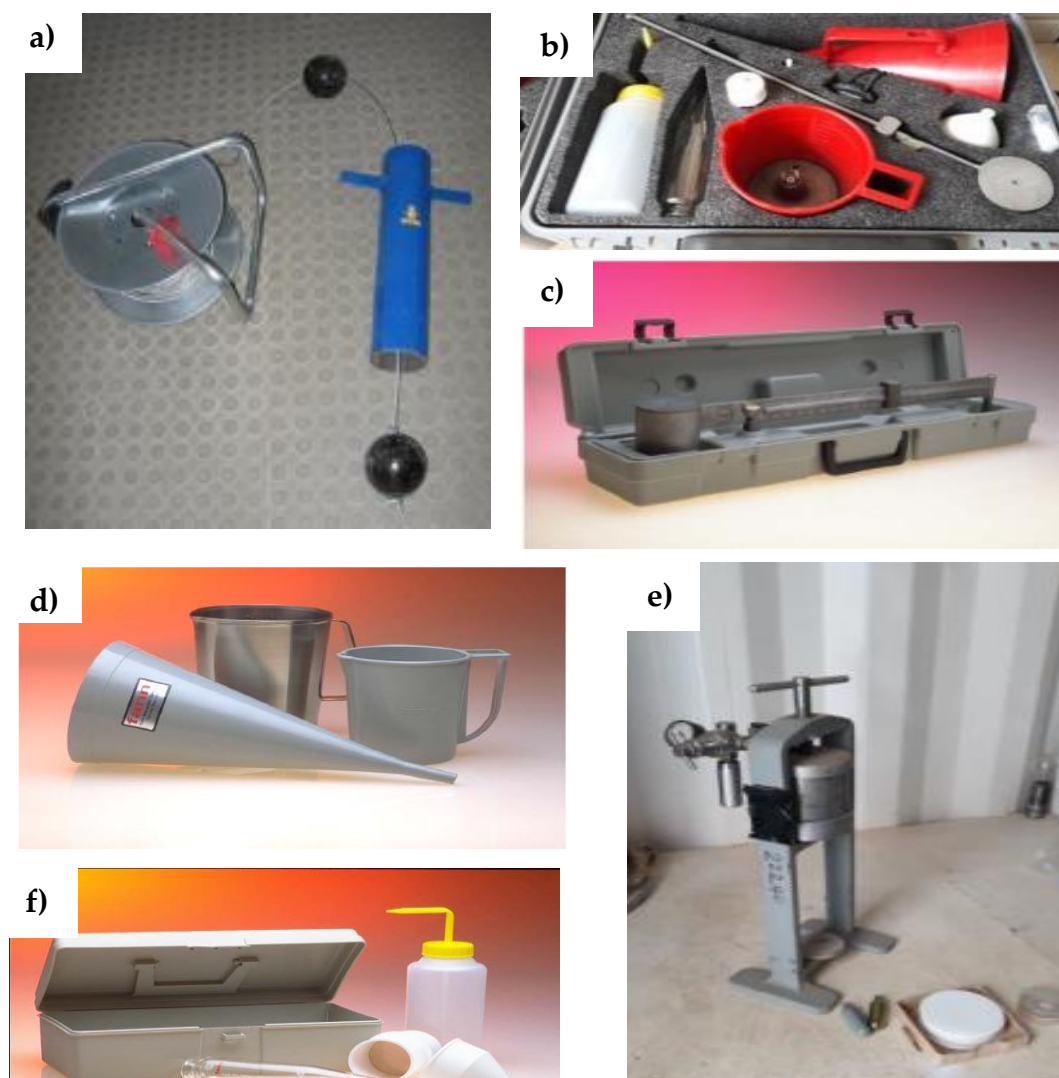
Equipamento de ensaio	Características	Bentonite nova (valores)	Bentonite a reutilizar (valores)	Amostra de bentonite retirada da perfuração imediatamente antes da betonagem (valores)
Elutriómetro	Teor de areia (%)	N/A	N/A	≤ 4
Cone de Marsh	Viscosidade (s)	32 a 50	32 a 60	32 a 50
Balança de lamaz	Densidade (g/ml)	<1,10	≤1,25	≤1,15
Tiras de pH	pH	7 a 11	7 a 12	N/A
Prensa para determinação do <i>cake</i> ⁴¹	Perda de fluído (ml)	<30	≤50	N/A
	Cake (mm)	1 a 3	6	N/A
<i>Turbo mixer</i> com 1 m ³ de mistura	Quantidade de bentonite	4 a 5 % de bentonite	N/A	N/A

⁴⁰ A contaminação pode ser por hidrocarbonetos ou ser antrópica proveniente de lixiviados de aterros ou lixeiras

⁴¹ O termo mais usado é *Filter press*, pressofiltração

A bentonite pode ser misturada com a água numa central própria para o efeito, ou num misturador. A argila é misturada com a água em proporções entre 30 a 50 kg/m³, conseguindo-se recuperações entre 50% e 75% da mistura inicial, em função da litologia interessada. A mistura deve ser feita, entre 4 a 24 h antes da utilização, para hidratar a argila, ou consoante as especificações do fornecedor; após isso, devem-se ensaiar as características da mesma.

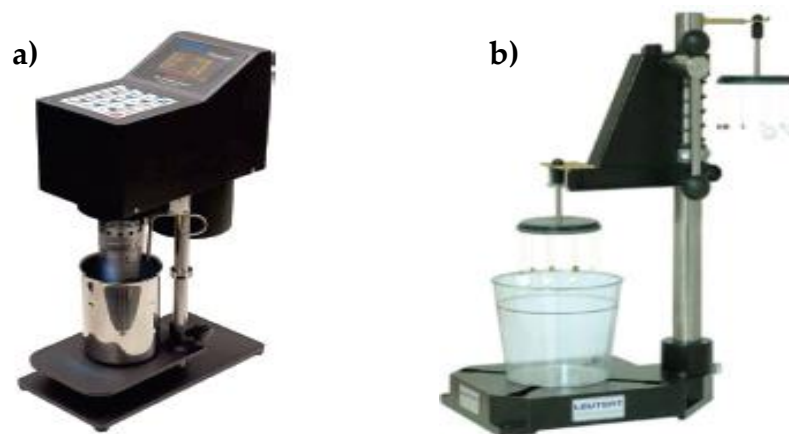
Para se executar os testes à bentonite antes da betonagem, a amostra deve ser retirada do fundo da perfuração, com um amostrador semelhante ao da Figura 2.30 a). Na Figura 2.30 encontram-se os diversos equipamentos de ensaio, para bentonites e mais utilizados em obra



a) Amostrador de bentonites; b) Mala de ensaio de bentonites; c) Balança de lamas bentoníticas; d) Cone de Marsh para bentonites; e) Prensa (Filter press); f) Elutriómetro

Figura 2.30 – Equipamentos para ensaio de bentonite em obra

Ainda existem mais dois ensaios que se podem realizar à bentonite, mas que não são usuais nas obras de fundações profundas. A “tensão de corte”, com o Reómetro, e a determinação do ponto de cedência, com o *ball harp*. São ensaios preferencialmente executados em laboratório, com recurso aos equipamentos representados na Figura 2.31.



a) Reómetro; b) Aparelho de ensaio "Ball Harp"

Figura 2.31 – Equipamentos para ensaios de fluidos estabilizadores em laboratório

Durante a perfuração, os detritos vão contaminando a bentonite. Antes da betonagem é necessário verificar se o teor de areia que contém é inferior a 4%. O desarenamento da bentonite é normalmente executado por meios mecânicos, num desarenador - Figura 2.32. Este equipamento, através de um processo de vibração de crivos e ciclone, separa do fluído todas as partículas com dimensão das areias, tornando a mistura remanescente reutilizável.



Figura 2.32 – Desarenador

Os fatores que permitem a utilização da bentonite como um fluido estabilizador são:

- A pressão hidrostática, que é o principal fator, tendo de; ser superior à pressão exercida pelas paredes da perfuração para a garantir a estabilidade. Para que este fenómeno possa funcionar em pleno, a cota do fluido estabilizador deve ser superior à do nível freático em, pelo menos, 1,5 m;
- A resistência do *cake* (película que se forma junto às paredes), que tem uma função de reforço das mesmas;
- O aumento da resistência ao corte da zona saturada pela solução bentonítica;
- As forças elétricas osmóticas;
- A resistência ao corte da lama bentonítica.

A força hidrostática dentro de uma perfuração poderia ser exercida apenas pela água. No entanto, em terrenos permeáveis e pouco coesivos, como as areias, a infiltração aumentaria a pressão intersticial do terreno envolvente à perfuração e a sua potencial instabilização. A solução bentonítica resolve esta questão com a formação do *cake*, que atua como uma película impermeabilizadora das paredes da perfuração, fazendo com que a pressão seja exercida eficazmente, diminuindo a infiltração sem aumentar a pressão intersticial nos terrenos envolventes (M. Larisch, 2018); a água pode ser utilizada como fluido estabilizador em terrenos pouco permeáveis, como argilas, pois a pressão hidrostática é exercida diretamente contra as paredes da perfuração. A influência das bentonites na perfuração é resumida na Tabela 2.10.

O conhecimento das propriedades da bentonite e forma como elas influenciam a estabilidade das paredes das escavações é importante para a gestão do risco na fase construtiva. A sua correta dosagem para a litologia pode ser um fator preponderante no custo da obra, o qual possui duas vertentes: o custo relacionado com a aquisição e gasto⁴² de bentonite (custo direto do material) e o custo em que se pode incorrer no caso de a perfuração colapsar (custo indireto).

⁴² Contabilisticamente só há custo quando há gasto ou utilização de meios

Tabela 2.10 – Influência das características da bentonite nas fundações profundas

Ensaio	Influência na perfuração	
	Valores altos	Valores baixos
Teor de areia (%)	Possibilidade de contaminação do betão Possibilidade da areia se fixar na armadura causando uma betonagem deficiente	N/A
Viscosidade (s)	Problemas na bombagem Trabalhabilidade limitada Problemas de contaminação do betão	Coloca em causa a estabilidade da perfuração (correlacionável com o ponto de cedência)
Densidade (g/ml)	Trabalhabilidade limitada Problemas com bombagem	Problemas de estabilidade da perfuração
pH	Possível contaminação	Possível contaminação
Perda de fluído (ml)	Frac ação do <i>cake</i> Estabilidade comprometida	Indicam boa qualidade do bentonite como fluído estabilizador
<i>Cake</i> (mm)	Analisado em conjunção com a perda de fluído Podem ser nefastos nas juntas de barretas	Conduzirá ao aumento da perda de fluído comprometendo a estabilidade
Ponto de cedência	Problemas na bombagem Trabalhabilidade comprometida	Problemas de estabilidade Concentração elevada de material em suspensão

2.4.2 Polímero

Desde 1970 que se usam, esporadicamente, polímeros naturais devido a serem biodegradáveis (Lam e Jefferis, 2016) como estabilizadores em fundações. Os polímeros sintetizados têm o mesmo efeito de fluído estabilizador, no entanto é um produto químico e, como tal, as suas propriedades podem ser controladas laboratorialmente.

Os polímeros são normalmente reciclados com recurso a químicos que forçam a decantação dentro da própria perfuração, ou em bacias executadas para esse efeito.

O *microbond* é o mais utilizado para decantar as partículas em suspensão nos polímeros. Contrariamente à bentonite, os polímeros não são tixotrópicos e quando misturados com água formam um fluído estabilizador que não aumenta a densidade da água (Lam et al., 2015), reduzindo a sua eficácia para conter areias

em aquíferos artesianos. Contudo, são mais fáceis de misturar que as bentonites e têm uma menor pegada ambiental nas obras (Lam e Jefferis *op. cit.*).

De acordo com Heinzelmann (2011), na utilização de polímeros deve-se ter em conta o seguinte:

- Solos com $SPT \leq 3$ não se estabilizam com polímeros;
- Uma perfuração apenas pode ser estabilizada uma vez com polímeros;
- O polímero é mais sensível a variações da dosagem que a bentonite, sendo necessária uma utilização mais cuidada, com verificação frequente das características físicas da solução. Durante a perfuração, a concentração e viscosidade podem decrescer abruptamente, com o afundar do polímero, juntamente com as partículas de solo em suspensão;
- Um decréscimo de 10% na viscosidade, pode ser suficiente para haver um colapso das paredes da perfuração;
- Para aumentar a estabilidade, a viscosidade deve ser mantida num nível seguro e ser monitorizada ao longo da altura da perfuração e do tempo (Tabela 2.11). Além disso, deve-se ter uma solução de polímero muito concentrada (cerca de duas vezes a concentração sugerida pelo fabricante) para se adicionar diretamente no furo, em caso de uma diminuição crítica da viscosidade.

Tabela 2.11 – Valores característicos para utilização de polímeros em obras de fundações profundas

Ensaio	Equipamento de ensaio	Amostra de Polímero nova, sem ter sido utilizada (valores)	Amostra de polímero, retirada da perfuração imediatamente antes da betonagem (valores)
Teor de areia (%)	Elutriómetro	N/A	≤ 4 a 5
Viscosidade (s)	Cone de Marsh	55 a 65s	≥ 50 s
Densidade (g/ml)	Balança de lamas	1-1,06	1-1,06
pH	Tiras de pH	11 a 12	11 a 12
Quantidade polímero	1m ³ de mistura, <i>mixer</i>	0,5kg	

A GEO (2011) publicou uma apresentação relativa à execução de uma parede moldada de um edifício no Brasil, onde refere a economia obtida, na empreitada, relativamente à bentonite, tendo por base a diferença de material vindo do desarenamento das escavações. No mesmo estudo, conclui-se que o valor é 35% mais baixo utilizando o polímero, e que tem vantagens quanto à central necessária; no entanto, seria interessante poder-se verificar o valor do investimento na matéria polímero *versus* bentonite.

Lam et al. (2014) referem uma construção de estacas em areias em Glasgow onde conseguiram evitar a contaminação do betão, por areias siltosas provenientes do pé da estaca com a utilização de polímeros.

2.5. Materiais utilizados em estacas e técnicas de aplicação

2.5.1 Betões, betonagem submersa e demolição da cabeça das estacas

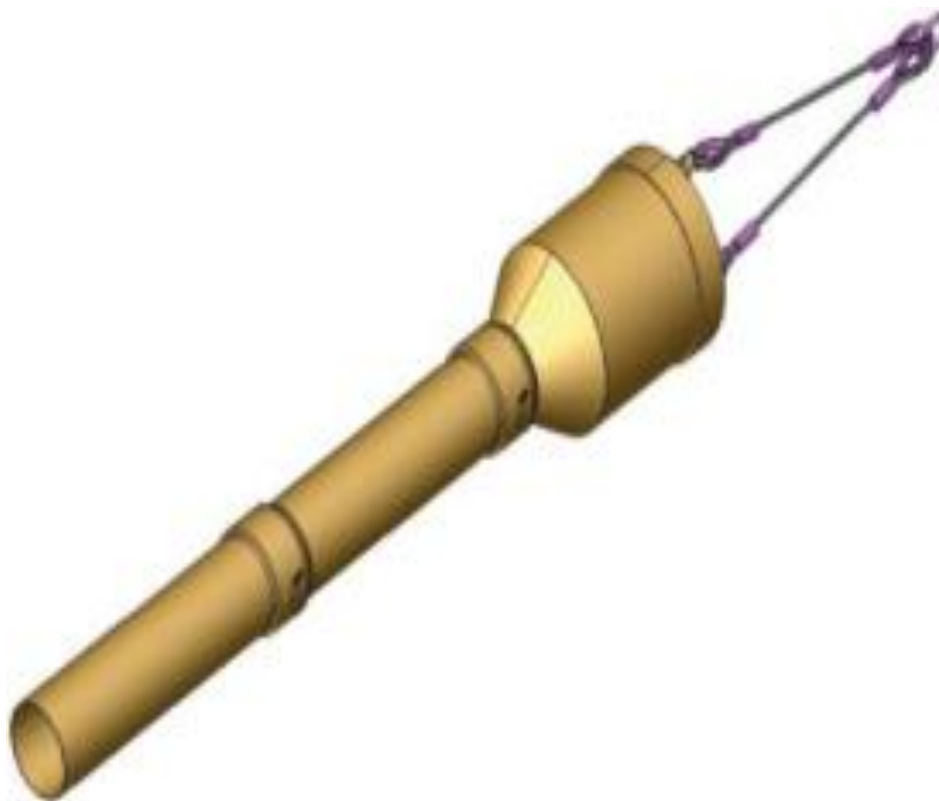
Em Portugal o betão a utilizar na execução das estacas, deve ser calculado e produzido segundo a Norma NP EN 206: 2013 + A1 2017. Em geral, o betão deve ter um valor de abaixamento, (*slump*), entre 17 e 22 cm, e ser escolhido pelos projetistas tendo em conta as classes de exposição ambiental definidas na Especificação LNEC E464 (2007), bem como a resistência pretendida.

Como referido, a betonagem submersa, consiste em betonar um elemento mantendo o tubo (coluna) de betonagem submersa no próprio betão. Esta coluna deve estar mergulhada no betão o suficiente para não misturar o betão contaminado proveniente do fundo da perfuração com o betão são e, ao mesmo tempo, permitir que o mesmo corra de forma constante. O tubo (coluna) de betonagem, também designado por *tremie* - Figura 2.33 é constituída por elementos de 1 m, 2 m, 3 m e 4 m⁴³ sendo estes colocados no furo consoante a conveniência para a sua retirada, garantindo que a sua ponta de descarga esteja submersa no betão 1,5 a 3 m (EN 1536: 2010, EN 1538: 2010) para não haver risco de mistura entre o betão “bom” e o betão “contaminado” resultante do processo de limpeza do fundo do furo. A união entre os tubos é feita através de um

⁴³ Sendo os diâmetros mais comuns de 101.6, 152.5, 203.2, 254 e 304.8 mm que correspondem a 4, 6, 8, 10 e 12” respetivamente. O seu diâmetro deve ser escolhido de forma a ser 6x a dimensão do agregado máximo (Beckhaus 2018) que supera o exigido na EN 1536:2010

mecanismo de rebordo, no qual se instala um cabo que serve de freio entre os diversos tubos e o funil.

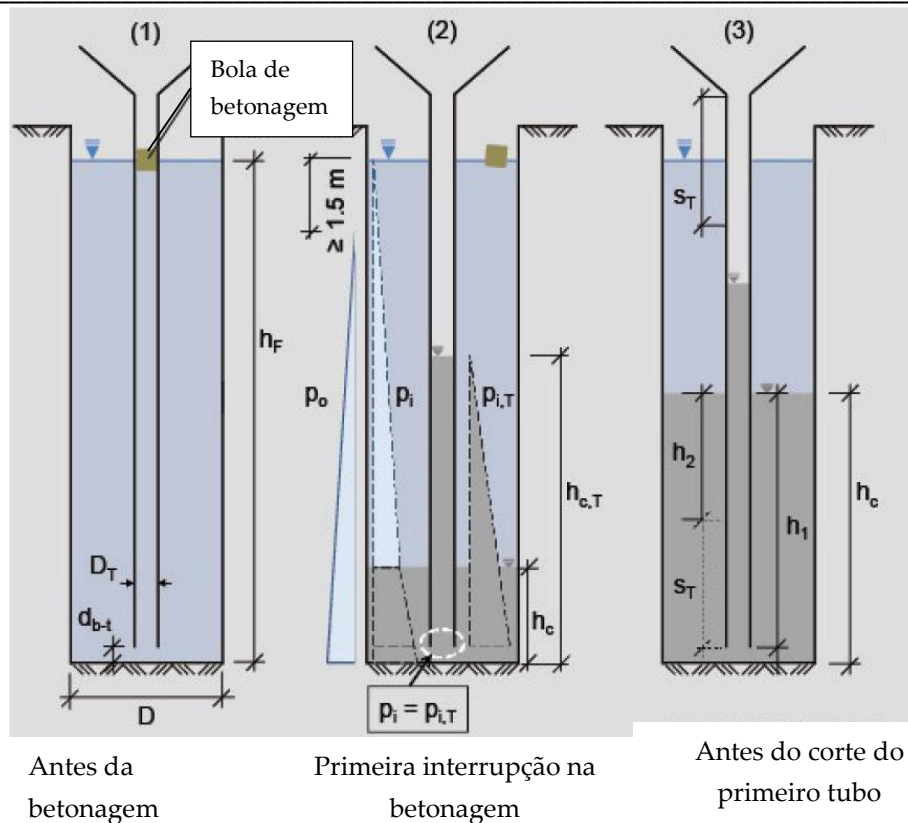
A estanquicidade da coluna é garantida através de *o'rings*, colocados acima e abaixo do cabo freio. Nesta operação o funil que encima a coluna de betonagem deve estar munido de um dispositivo de fecho, além de conter acima desse dispositivo a denominada bola de betonagem (Beckhaus 2018).



@ BAUER Spezialtiefbau GmbH, sem escala

Figura 2.33 – Coluna de betonagem (Tubos tremie)

A betonagem inicia-se pelo enchimento do funil. Após o seu enchimento, o dispositivo de fecho deve ser libertado. A queda através da coluna de betonagem será controlada pela bola de betonagem, para que não exista o efeito de queda livre. Ao chegar ao fundo da coluna, o betão, em contacto brusco com a base da escavação/perfuração, provocando um efeito de limpeza, carreando os detritos do fundo da perfuração na sua frente, em direção à superfície. As condições especificadas na Figura 2.34 devem ser cumpridas e verificadas durante toda a betonagem para se manter a qualidade do elemento betonado.



Legenda

h_F – Altura da coluna de fluído na perfuração/escavação

D_T – Diâmetro interno da coluna de betonagem

d_{b-t} – Distância entre o fundo da perfuração ou escavação e a saída da coluna de betonagem $\rightarrow D_{b-t} \leq D_T$

D – Diâmetro da perfuração ou da escavação

p_o – Pressão hidrostática fora da perfuração/escavação

p_i – Pressão hidrostática no interior da perfuração/escavação

$p_{i,T}$ – Pressão hidrostática no interior da coluna de betonagem

h_c – Altura do betão na escavação

$h_{c,T}$ – Altura do betão dentro da coluna de betonagem

h_1 – Altura do betão acima da saída da coluna de betonagem, antes de remover o primeiro tubo da coluna

h_2 – Altura do betão na escavação acima da saída da coluna de betonagem após a remoção do primeiro tubo da coluna

s_T – Comprimento do primeiro tubo da coluna a ser removido após $h_2 \geq 3$ m

Figura 2.34 – Condições de fronteira geométricas e hidrostáticas numa betonagem submersa com tubo tremie

(@ I-Tech InfoBauer 2016)

A betonagem submersa, no caso de perfurações não revestidas, só deve ser iniciada após a verificação dos parâmetros do fluído estabilizador, principalmente o teor de areia. Existem publicações muito completas acerca desta temática (Beckhaus et al., 2011; Boutz et al., 2016; Beckhaus, 2018) bem como um

boletim (Bauer, 2016b), do qual se reproduz a Figura 2.34, onde se identificam situações limite, de fronteira, durante as fases críticas da betonagem.

A utilização de betões não adequados ao processo de betonagem submersa também pode potenciar anomalias nas estacas, tais como cortes no fuste, inclusão de detritos, recobrimento de armaduras insuficiente ou presença de sulcos verticais na estaca (Martin D Larisch, 2019). Todas estas falhas induzem perdas de rendimento e eficiência, com consequente aumento dos custos associados. Este assunto é abordado de forma completa por Rosa et al. (2016), que refere a interferência da composição do betão na execução das estacas e estima os custos de construção das mesmas, com diferentes características, e das respetivas reparações. A velocidade de enchimento das estacas não deve ser inferior a 3 m/h, a menos que o betão esteja aditivado com um retardador de presa.

Após a presa do betão, (não é necessário estar completamente curado, se assim for será mais difícil), a cabeça da estaca, tem de ser demolida para se retirar da superfície o betão contaminado com detritos da perfuração e para colocar a estaca na cota final de trabalho, para a consequente amarração à restante estrutura. Nas empreitadas referenciadas nos casos de estudo, esta tarefa foi da responsabilidade do Dono-de-obra ou do adjudicatário, como na maioria das empreitadas de fundações, ficando assim fora do âmbito do executante.

As técnicas utilizadas para a demolição da cabeça das estacas são efetuadas com ((BAUER), 2017):

- a) Martelos ligeiros (equipamentos pneumáticos leves, que se operam manualmente);
- b) Martelos pesados (equipamentos hidráulicos que se adaptam a um equipamento de escavação tipo giratória). Não devem ser utilizados em estacas com diâmetros inferiores a 800 mm e só podem retirar uma parte superior do betão até cerca de 300 mm da cota do limpo da estaca. Esses últimos 300 mm devem ser demolidos com martelos pneumáticos ligeiros, para se evitar a fracturação da estaca no seu comprimento útil;
- c) Divisor de cabeça de estacas ((Taets), 2015), consiste num conjunto de macacos hidráulicos com cinzeis dispostos radialmente, que se coloca cerca de 20 cm acima da posição do betão a fraturar;
- d) Fresadora da cabeça de estacas ((Kinshofer), 2019), consiste num sistema rotativo que se pode adaptar a giratórias, semelhante a um “carotier” de piões, que fresa a estaca interna e externamente à armadura;

- e) Aparelhos de rotura hidráulica, nomeadamente *Darda* ((Darda), 2020). Consiste num equipamento que permite fraturar a estaca por perfurações horizontais previamente executadas cerca de 20 cm acima da cota pretendida;
- f) Rotura química Recépieux® ((Recépieux), 2015). É um processo que permite remover o betão contaminado sem ações mecânicas. Na construção da estaca aquando da colocação da armadura, são colocados na cota pretendida uns dispositivos que se irão expandir pela introdução de uma calda expansiva.

Nesta fase é possível por vezes reciclar os resíduos provenientes da demolição da cabeça das estacas para a utilização como “rip-rap” ou enrocamentos dependendo das dimensões, da composição dos detritos e da sua finalidade. A utilização como “rip-rap” foi aplicada pelo autor em 2007 na estação elevatória do Foja na confluência com o Rio Mondego perto de Coimbra. Nessa empreitada foram reutilizados 800 m³ de betão da demolição da cabeça de 765 estacas de Ø 1000 mm e 130 estacas de Ø 800 mm para “rip-rap” de proteção de um canhão submarino. As cabeças destas estacas foram demolidas com o método “Darda” que foi uma mais-valia para a sua reutilização (Figura 2.35).



Figura 2.35 - Aspeto da cabeça das estacas, demolidas para aproveitamento como “rip-rap”

Na Tabela 2.12 apresentam-se as principais características das técnicas de demolição da cabeça das estacas

Tabela 2.12 – Características principais das técnicas de demolição da cabeça das estacas; ((Bauer) 2017) modificada

Técnicas de demolição da cabeça das estacas						
Caracte-rísticas	Martelos ligeiros	Martelos pesados	Divisor	Fresadora	Darda	Recépieux®
Equipa-mento	Com-pressor	Escava-dora (5 – 35 MKg)	Escavadora (10 – 35 MKg) ou grua com unidade hidráulica	Esca-vadora (8 – 40 MKg)	Unidade hidráulica	Máquina de soldar Equipamen-to de proteção para a calda expansiva
Diâmetros de aplicação	Todos	≥ 600 mm	$400 \text{ mm} \leq 2000 \text{ mm}$	$200 \text{ mm} \leq 2000 \text{ mm}$	Todos	$400 \text{ mm} \leq 1800 \text{ mm}$
Problemas	Fisicamen-te cansativo devido a: pó; sonorida-de; peso do equipa-mento; vibração	Geração de pó, sonorida-de e vibração. Pode fraturar o corpo útil da estaca	Pode fraturar o corpo útil da estaca	Geração de pó, sonorida-de	Eventual projeção de pedaços de betão. Pode lascar a o corpo útil da estaca	Produto química-mente agressivo
Trabalhos preparató-rios	Não tem	Não tem	Isolamento da armadura	Isolamento da armadura	Isolamento da armadura e pré-furação	Colocação dos dispositivos de expansão
Rendimen-tos	1-2 m ³ /dia	2-4 m ³ /dia	6 estacas/h	2-3 estacas/h	5-10 estacas/h	1-2 estacas/h
Necessida-de de acabamen-to	Não	Martelo ligeiro	Martelo ligeiro	Não	Martelo ligeiro	Martelo ligeiro
Custo	10-30 €/dia	40-80 €/dia	1500 €/dia	334 €/dia	286 €/estaca até 20 por dia, após isso 160 €/estaca adicional	200 €/estaca

2.5.2 Armadura das estacas

Durante a fase construtiva, as principais tarefas da responsabilidade do empreiteiro de fundações, associadas à colocação de armaduras são as seguintes:

- Elevação de armaduras;
- Colocação dos espaçadores das armaduras;
- Empalmes das armaduras (quando necessário).

A elevação das armaduras tem importância na construção de estacas uma vez que a armadura pode ser danificada no processo. De acordo com Heinzelmann (2015), este evento deve ser considerado pela tendência para provocar torsão da armadura, devido à sua forma cilíndrica, ao longo do comprimento, e à compressão e alongamento, no sentido transversal ao diâmetro da mesma (ovalização), na ponta de pega. Devem, portanto, ser tomadas medidas contra estes eventos e/ou para a sua deteção.

Para evitar a torção da armadura ao longo do comprimento, esta deve ser elevada por dois cabos, um na cabeça e outro a meio, sendo maior a velocidade de elevação da cabeça.

Para evitar ovalização, pode ser colocada na ponta de pega uma estrutura rígida⁴⁴ com o diâmetro da armadura de onde saem os cabos para a armadura, evitando o seu estreitamento. Alternativamente, pode colocar-se um reforço circular na cabeça da armadura, o qual é retirado assim que a mesma esteja posicionada.

Os espaçadores são elementos que se amarram à armadura para garantir o recobrimento mínimo de betão, de acordo com as especificações do projeto, e a centralização da armadura relativamente à perfuração. Podem ser de plástico, betão ou aço (Heinzelmann 2010), sendo que se devem evitar os de aço devido à corrosão. De acordo com Heinzelmann (*op. cit.*) o recobrimento mínimo da armadura deve ser de 75 mm em betão contra o terreno ou de 50 mm em perfuração entubada inferior a Ø 600 mm ou de 60 mm em perfuração entubada superior a Ø 600 mm, valores que excedem os requeridos pela durabilidade e estrutura. Contudo de acordo com a EN 1536:2010 em situações particulares os

⁴⁴ Conhecida em obra como “balança”

valores mínimos de recobrimento podem necessitar de ser aumentados (Beckhaus 2018).

Existem também considerações acerca dos empalmes das armaduras as quais seguem as normas utilizadas na construção civil (EC 2 EN 1992-1-1 2004) e não são abordadas nesta dissertação; contudo pode-se recorrer a acopladores especiais como os tratados no boletim QTech-Info 1 Bauer, (2016a).

“Os gestores necessitam de perceber a psicologia do risco, mais do que a matemática do risco.”

Gibbons (2015)

3

GESTÃO DO RISCO E GESTÃO ECONÓMICA

3.1. Considerações iniciais

Nesta secção analisa-se a literatura que sustenta diversos conceitos utilizados nos capítulos seguintes da dissertação, assim como a que se considera adaptar melhor à gestão do risco em fundações profundas na fase construtiva, considerando as definições constantes da ISO 31000: 2018.

A gestão do risco no âmbito das obras geotécnicas encontra-se ainda num processo evolutivo. Verifica-se um interesse crescente por parte da comunidade científica pelo tema, o que faz com que exista diversa documentação e bibliografia temática (van Staveren, 2006; Chapman et al., 2007; van Staveren e Meer, 2007; Chapman, 2008; Hitch et al., 2009; Kalsnes et al., 2016; Henneberg et al., 2016; Abunemeh et al., 2017; Spross et al., 2017; Briaud, 2020; entre outros). No entanto, a sua quase totalidade está focada em aplicações na fase de projeto, referindo-se poucas ao que se pode fazer no caso de uma ocorrência na fase de construção de fundações profundas, como a presença de cascalheiras ou inadequação da técnica preconizada de construção à obra (Mata et al., 2016b; 2021).

A Tabela 3.1 sintetiza as principais ferramentas utilizadas na gestão do risco, assim como a sua aplicação e principais fontes bibliográficas.

Tabela 3.1 – Ferramentas básicas de gestão do risco e principais fontes bibliográficas

Ferramenta	Fonte bibliográfica	Aplicação
Análise por árvore de falhas	- Ang e Tang (1984) (ITA International Tunnel Association) (2002) - Benjamin e Cornell (2014)	Identificação dos perigos, eventos em iniciação, sinais de alarme, etc. Descrição de possíveis sequências de eventos e a sua inter-relação na geração de falhas do sistema
Análise por árvore de eventos	- Ang e Tang (1984) (ITA International Tunnel Association) (2002) - Espósito et al., (2010) - Benjamin e Cornell (2014)	Descrição da sequência de eventos e suas consequências
Análise de árvore de decisões	- Raiffa (1970) - Olsson e Stille (1980) - Sturk (1996)	Classificação das decisões alternativas com base em custos expectáveis
Diagramas de influência	- Marshall e Oliver (1995) - Jensen (2001)	Identificação e descrição dos perigos e riscos e sua interação
Sistemas de engenharia de mecânica das rochas (Interação de matrizes)	- Hudson (1992) - Jensen (2001)	
Análise HAZOP	- Rausand (1991) - Kletz (1992)	
Simulação de Monte Carlo	- Hammersley e Handscomb (1964) - Baecher e Christian (2003)	Cálculo de expressões incluindo variáveis estocásticas
Método β	- Thoft-Christensen e Baker, M.J. (1982) - Olsson (1986)	
Processo Markov	- Ang e Tang (1984) - Bedford e Cooke (2003)	Descrição de incertezas
Krigagem	- Goovaerts (1997) - Deutsch (2002)	
Comparação pareada	- Kirwan (1994) - Mac Berthouex e Linfield C (2002)	Classificação das decisões alternativas baseada em preferências
Análise hierárquica (AHP)	- Saaty (1990) - Berggren et al. (2000)	
Ponto estimado	- Harr (1987) - Alén (1998)	Cálculo de expressões incluindo variáveis estocásticas

Carlsson (2005), modificado

Uma vez que esta dissertação analisa as estacas durante o seu processo construtivo, não são aqui tratados os riscos em fase de projeto. Admite-se que estes riscos serão residuais, desde que sejam cumpridos os requisitos definidos na correspondente regulamentação, códigos e normas técnicas aplicáveis.

3.2. Alguns conceitos associados à gestão do risco

Como já foi referido, a necessidade da construção de estruturas fundadas em locais geotecnicaamente menos adequados à sua implantação faz com que também cresça a probabilidade de existirem maiores incertezas geotécnicas associadas ao projeto, fazendo com que os riscos na fase de construção possam ser significativos, nomeadamente do ponto de vista económico e para a entidade executante.

A terminologia do risco utilizada neste documento está de acordo com a Comissão Técnica 180 (2017) e com a ISO 31000: 2018. No caso de a terminologia utilizada na empreitada de construção ser diferente, tal é referido.

Ao nível de conceitos de gestão do risco, consideram-se nesta investigação os seguintes (ISO 31000:2018):

- a) Perigo (*hazard*), situação ou condição com potencial para provocar danos humanos, materiais e/ou ao meio ambiente, perdas financeiras ou atrasos na conclusão do projeto ou, conforme o sugerido pela Comissão Técnica 180 (*op. cit.*), fonte de dano potencial.
- b) Evento (*event*), ocorrência ou alteração de um conjunto particular de circunstâncias.
- c) Consequência (*consequence*) é o resultado de um evento que afeta os objetivos da empreitada que, como já se referiu, em fase de construção é expressa em termos financeiros. Ela é considerada um “Dano” (*harm*) sempre que não se verifiquem consequências positivas. Adotando-se doravante esta definição, utiliza-se o termo “Dano” para definir um impacto negativo na empreitada;
- d) Risco (*risk*), combinação da probabilidade de ocorrência de um determinado perigo e as consequências da sua ocorrência ou, conforme o sugerido pela Comissão Técnica 180 (*op. cit.*), o efeito da incerteza na consecução dos objetivos expresso pela seguinte equação (Eq. 3.1):

$$R = \sum_{i=0}^n (I_i \times P_i) \quad (3.1)$$

Sendo R o Risco, I a consequência da ocorrência, ou impacto potencial, e P a probabilidade de ocorrerem.

- e) Gestão do risco (*risk management*), é o processo sistemático de:
- i. Identificar perigos e riscos associados, incluindo aqueles com terceiros, com impacte nos resultados de um projeto em termos de custos e de prazo através de avaliações de risco;
 - ii. Quantificar os riscos, incluindo o seu prazo e as implicações de custo;
 - iii. Identificar ações pró-ativas para eliminar ou mitigar os riscos;
 - iv. Aplicar métodos de identificação para o controlo dos riscos;
 - v. Alocar os riscos às diversas partes envolvidas no contrato. Este ponto é diferente consoante o estado ou país do contrato, uma vez que estes podem ser bastante distintos, o que vai influenciar a quem é alocado o risco (Coleman e Tipter, 2016).
- f) Análise do risco (*risk analysis*), processo estruturado que identifica tanto a probabilidade como a extensão de consequências adversas decorrentes de uma determinada atividade; inclui a identificação de perigos e descrição de riscos, que pode ser qualitativa ou quantitativa.
- g) Avaliação do risco (*risk assessment*), análise integrada dos riscos inerentes a um sistema ou a um projeto e a sua importância num contexto apropriado; ou seja, trata-se da análise do risco acrescida da apreciação do risco.
- h) Apreciação do risco (*risk evaluation*), comparação entre os resultados da análise de risco com os critérios de aceitação do risco ou outro critério de decisão.
- Critério de aceitação do risco (*risk acceptance criteria*), expressão qualitativa ou quantitativa que define o nível máximo de risco que é aceitável ou tolerável para um dado sistema.
 - Eliminação do risco (*risk elimination*), ação para evitar a ocorrência do risco.
 - Mitigação do risco (*risk mitigation*), ação para reduzir o risco, minimizando as suas consequências ou a sua frequência de ocorrência para um nível considerado adequado.

A fórmula do risco (Equação 3.1), que foi adotada nesta investigação baseia-se no conceito de que um risco não é singular (Golser, n.d.). O risco em que se incorre é a soma de todos os riscos parciais identificados. Nesta dissertação refere-se como singular o risco referente a um elemento, isto é, associado a uma estaca e num determinado momento.

Segundo van Staveren (2009), há uma distinção clara entre análise do risco (*risk assessment* – RA) e gestão do risco (*risk management* - RM), como indicado na Tabela 3.2.

Tabela 3.2 – Análise do risco *versus* gestão do risco

Análise do risco	Gestão do risco
Focada no produto	Focada no processo
Considera uma etapa	Considera todas as fases do projeto
Verificação de um problema	Verificação de diversos problemas
Considera o interesse de um stakeholder	Considera o interesse de vários stakeholders
Monodisciplinar	Multidisciplinar
Focado na técnica	Focado no sistema

Neste documento não se consideram ainda os perigos potenciais de carácter social, político ou financeiro. Apenas se gerem riscos em fase construtiva de fundações profundas, nomeadamente estacas moldadas e estacas dúcteis e que têm a ver com incertezas relativas ao âmbito da geologia/geotecnia, às técnicas construtivas a utilizar e a potenciais falhas humanas.

A previsão risco afeta os custos da empreitada e como referido anteriormente (Figura 1.1), geralmente com a diminuição dos custos (com a identificação e/ou mitigação) há um aumento do risco potencial, mas no caso do risco se concretizar, os custos sobem exponencialmente pelo que a expressão “o desconhecimento é uma bênção”, não deve ser aplicada à gestão dos riscos (Cathie, n.d.).

Ter conhecimento prévio dos perigos potenciais que possam ocorrer numa obra é o mais adequado, uma vez que podem-se precaver e definir, contratualmente, a quem vão ser alocados, caso ocorram, e evitar eventuais atrasos na construção e/ou litígios na justiça. Em sociedades desenvolvidas e desde 2006, existe a tendência para se tentar uma partilha do risco entre os diversos *stakeholders* (van Staveren 2006).

A gestão tem de ser feita considerando os riscos conhecidos e desconhecidos (Palmieri, 2015), aos quais se aplicará a associação direta com a respetiva orçamentação em obra. Reproduce-se em seguida uma das afirmações de Rumsfeld (2002 apud Chapman, 2008; Palmieri 2015), na altura secretário da defesa dos Estados Unidos da América, no *briefing* de 12 de fevereiro de 2002, relativamente ao estado das informações do seu departamento antes da primeira invasão do Iraque: “... *as we know, there are known knowns; there are things we know we know. We also know there are known unknowns; that is to say we know there are some*

things we do not know. But there are also unknown unknowns — the ones we don't know we don't know...

Em conformidade com o referido no parágrafo anterior nesta dissertação, adotaram-se as seguintes siglas para os riscos descritos:

CC (*known/knowns*) – Riscos conhecidos/conhecidos, ou seja, os riscos identificados e que se sabe existirem provavelmente no projeto em referência;

CD (*known/unknowns*) – Riscos conhecidos/desconhecidos, isto é, os riscos que se sabe poderem existir, mas se desconhece que estejam associados ao projeto em estudo;

DD (*unknown/unknowns*) – Riscos desconhecidos/desconhecidos, ou seja, os riscos cuja existência se desconhece e que, portanto, se desconhece que possam estar associados ao projeto em apreço.

3.2.1 Categoria Geotécnica de projetos e Classes de Segurança

No presente estudo utilizam-se as definições de Categorias Geotécnicas (CG) de acordo EC 7 (NP - EN1997-1: 2010) e que seguidamente se resumem:

- i. Categoria Geotécnica 1 - CG1: inclui as estruturas pequenas e relativamente simples, para as quais se pode assegurar que são satisfeitos os requisitos fundamentais apenas com base na experiência e na prospeção geotécnica qualitativa, com riscos desprezáveis para a propriedade e para a vida. Não inclui fundações profundas.
- ii. Categoria Geotécnica 2 – CG2: e abrange os tipos convencionais de estruturas e fundações que não envolvam riscos fora do comum ou condições de terreno e de carregamento invulgares ou particularmente difíceis. As estruturas da CG2 requerem a quantificação dos dados geotécnicos e uma análise quantitativa que assegure que são satisfeitos os requisitos fundamentais, podendo, no entanto, ser usados procedimentos de rotina nos ensaios de campo e laboratório, bem como na elaboração do projeto de execução. Inclui diversas fundações profundas.
- iii. Categoria Geotécnica 3 – CG3: e engloba as estruturas ou partes de estruturas não abrangidas pelas Categorias Geotécnicas 1 e 2. A CG3 diz respeito a estruturas de grande dimensão e pouco comuns, a estruturas que envolvam riscos fora do comum ou condições de terreno e de carregamento invulgares

ou excecionalmente difíceis e a estruturas em áreas de sismicidade elevada. Inclui igualmente diversos tipos de fundações profundas.

A maioria dos estudos sobre a gestão do risco está atualmente confinada a projetos de Categoria Geotécnica 3 (CG3) como pontes, barragens e túneis. Na Tabela 3.3 listam-se alguns desses trabalhos.

Tabela 3.3 – Resumo de alguns trabalhos relevantes publicados relativos à gestão do risco em projetos CG3

Autor e ano	Tema abordado
Eskesen et al. (2004) Matos et al. (2004)	Linhas orientadoras para a gestão do risco em túneis.
Chapman et al. (2007)	Importância e implementação da gestão do risco com medidas mitigadoras de melhorias de projeto e do controlo do risco durante a construção. A finalidade é precaver o risco do projeto.
Pimenta Baptista (2008)	Gestão dos riscos em barragens de aterro.
Espósito et al. (2010)	Árvores de eventos como ferramenta para a gestão do risco em barragens de terra.
Nicholson (2012)	Aplicação do Método Observacional em grandes obras geotécnicas.
Jafarimoghaddam et al. (2013)	Análise hierárquica na utilização de tuneladoras em condições geotécnicas adversas.
(Byrne Looby Partners 2013)	Risco geotécnico de projetos de engenharia de grande escala (CG3).
Pitroda et al. (2016)	Forma como o risco afeta os projetos de construção e as suas diversas consequências em termos de desvios de custos e tempo; os riscos que afetam os empreiteiros são: construção; projeto; relacionados com o dono de obra; gestão; financeiros; inevitáveis; contratuais; sociopolíticos. Apresenta um resumo bibliográfico para defender a análise hierárquica.
Hanh (2016)	Risco em escavações profundas: muitas são executadas ao abrigo de cortinas de estacas ou paredes moldadas; o estudo incide na influência, na envolvente, apresentando soluções para a gestão do risco através da utilização de tecnologias de informação – IT, baseados em controlo digital de sistemas associados em rede para monitorização em tempo real.
Nadim (2017)	Aborda o risco nos projetos de barragens de terra dando especial atenção aos deslizamentos dos taludes submersos
Spross et al. (2018)	Sugere para obras subterrâneas (túneis) em maciços rochosos, a alteração do EC 7 com o intuito de integrar o MO na gestão eficaz em termos de custos.
Askarian e Fakher (2019)	Apresenta uma metodologia para projeto de escavações profundas baseada no risco aplicado a um caso real
Lacasse et al. (2019)	Demonstra os benefícios de uma análise do risco e conceitos de fiabilidade na engenharia de barragens como complemento às análises determinísticas
Zhang et al. (2020)	Propõe uma metodologia para gestão do risco na construção de escavações para estações do metro baseada na rede Bayesiana difusa e na análise hierárquica do processo.

De acordo com as categorias geotécnicas do projeto definidas no EC 7 (NP EN 1997-1: 2010) e em função das classes da segurança, atribuem-se classes de gestão do risco, conforme indicado na Tabela 3.4. Quanto mais elevada for a classe, maior e mais complexo deverá ser o processo de gestão do risco e,

consequentemente, maiores as competências necessárias para o fazer (Spross et al., 2017). Segundo estes autores, a gestão do risco deve ser executada à medida de cada obra e, uma vez integrado no trabalho diário dos gestores de produção, reduzem-se os custos expectáveis da ocorrência de eventos geotécnicos com consequências negativas.

De acordo com a Tabela 3.4, e com a Comissão Executiva da especialização de Geotecnia triénio 2019-2022 (2020), os casos de estacas moldadas com recurso a suspensões bentoníticas ou com tubos moldadores e de estacas dúcteis abordadas nesta dissertação, têm classe de risco 2 (classe de segurança SC2 e CG2 do EC7).

Tabela 3.4 – Atribuição de classes do risco conforme o EC7

Categoria geotécnica ^a	Classe de segurança ^b	Classes do risco
CG1	SC1	1
	SC2	
	SC3	NA
CG2	SC1	2
	SC2	
	SC3	3
CG3	SC1	
	SC2	
	SC3	

^a Categoria geotécnica que é atribuída pela complexidade geotécnica esperada

^b Classe de segurança 1/2/3: pequeno/algum/grande risco de danos severos em pessoas

As empreitadas analisadas (estacas moldadas e dúcteis cravadas) serão de CG 3 nos casos relativos a situações mais complexas devido, quer à dimensão da estrutura, quer à sua instalação em áreas de sismicidade elevada. Contudo, estas duas situações devem ser verificadas antes do início da fase de construção e não se aplicam a esta investigação.

3.2.2 Perceção do risco

O risco é entendido de forma diferente por cada indivíduo pelo que, os valores da avaliação do risco não são tratados de forma unanime (Rozell 2020). Segundo este autor, é comum coexistirem valores epistémicos e éticos na avaliação dos perigos; sendo epistémico, quando um perigo é mais real e conhecido, e ético quando a sua análise é considerada mais importante do que a de outros perigos por um determinado grupo de intervenientes. Esta situação pode ser exemplificada na construção de uma estaca através da perceção do risco pela

direção de obra e pela equipa comercial. A direção de obra, devido a estar mais envolvida na construção, tem uma visão maioritariamente epistémica. A equipa comercial tem uma visão mais ética, pois não está diretamente envolvida na execução.

Segundo Oboni e Oboni (2020), a tolerância social ao risco é geralmente baseada no “custo das vítimas” ou das “falhas”. Aqueles autores referem que, existindo uma situação com risco, gerida de forma racional e sustentável, as decisões de mitigação são solicitadas pelos *stakeholders* para maximizar o seu investimento na gestão do risco, o qual depende da sua tolerância ao risco.

É importante a forma como a sociedade civil aceita o risco, isto é: a relação entre o fator de segurança, incertezas e probabilidade de rotura tendo em conta a dimensão das obras (Briaud 2020). No entanto, há uma contradição entre o fator de segurança e os graus de incerteza utilizados no projeto de fundações, na medida em que se aplica o mesmo fator de segurança em situações com graus de incerteza distintos (Lacasse 2016). Esta autora, refere-se às fundações em fase de exploração e chega a comparar o fator de segurança a que se pode chegar em fase de projeto e de construção, mas apenas para determinação do fator de segurança das mesmas na fase de exploração.

A forma de cálculo de fundações indiretas varia de continente para continente. Brown et al. (2016) referem os métodos de cálculo utilizados nos EUA e na UE, que seguem códigos, com formas de abordagem ao dimensionamento bastante distintas. Como exemplo (*op. cit.*), citam que nos EUA o cálculo da carga axial de uma estaca moldada e da sua resistência estática, é geralmente baseado em precedentes históricos ou normas/códigos locais; enquanto na UE, apesar do dimensionamento ser específico de cada país, este é baseado no EC 7 (EN 1997-1:2010).

O controlo de custos por vezes é considerado um risco. Alitra et al. (2019) consideram-no assim, no seu trabalho de AHP. Contudo nesta investigação, o controlo de custos é desenvolvido para aplicação direta em fundações profundas, pelo que não é considerado um risco, mas uma ferramenta de apoio à gestão do risco. Neste documento adotada-se um controlo de custos que analisa o custo/benefício de cada decisão conforme sugerido por Aven e Renn (2018).

Gransberg et al. (2018) elaboraram um relatório onde abordam as diretrizes para a gestão dos riscos geotécnicos em projetos de conceção-construção, apresentando os perfis de risco relativos aos empreiteiros de conceção-

construção e donos de obra em relação a três tipos de risco: de carácter meramente geotécnico, de custo geotécnico e de prazo, sugerindo formas contratuais de mitigação e/ou responsabilização dos mesmos.

Liu et al. (2015) salientam a interação entre os diversos riscos naturais e antropológicos, propondo uma análise multirrisco, baseada em três níveis: o primeiro, qualitativo, avalia a necessidade de se avançar com uma metodologia multiriscos; o segundo, semi-quantitativo, determina a necessidade de se prosseguir com um estudo mais detalhado e quantitativo; o terceiro, quantitativo, fundamenta-se num modelo Bayesiano. O processo é complexo e exige que os riscos sejam CC, pelo que não é indicado para a fase de construção de fundações profundas, nomeadamente de estacas moldadas ou estacas dúcteis.

Economicamente, o risco é considerado em termos pessoais como a perspetiva monetária ou os valores considerados por cada um, pelo que o mesmo necessita de uma interpretação humana com julgamento de valores específicos a cada situação (Garvey, 2014).

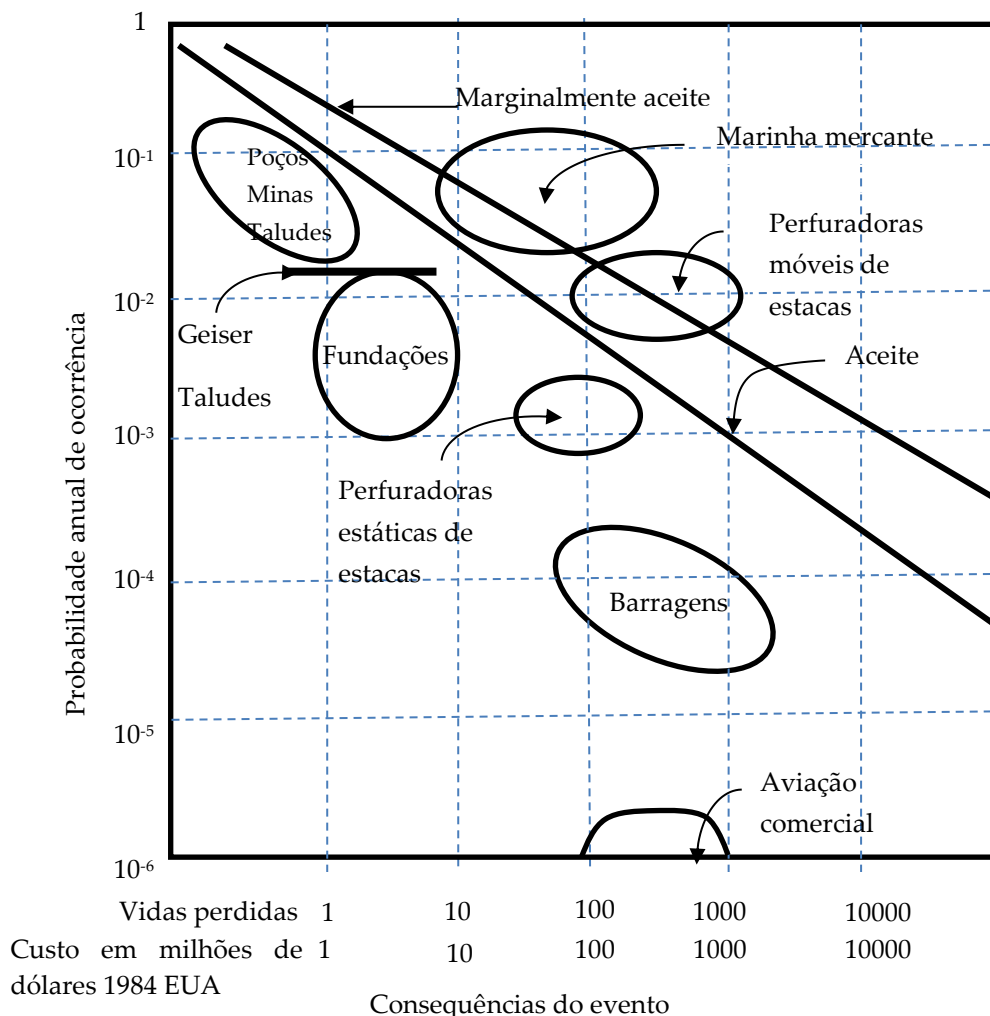
Uma sociedade que lida com um perigo constante, tende a ser mais tolerante ao risco associado a esse perigo do que outra em que tal não acontece (Diamantidis et al. 2006). Neste âmbito, o risco coletivo é menos aceite pela sociedade que o risco individual. Como exemplo, cita-se a situação dos acidentes de aviação relativamente a acidentes rodoviários. As sociedades aceitam melhor o acontecimento do evento associado ao risco de um acidente rodoviário do que de um acidente de aviação; no entanto o risco rodoviário é substancialmente maior.

Whitman (2000) também se refere a esta temática; no entanto, para este autor a avaliação do risco corresponde ao método de se obter um risco quantificável, o que se pode conseguir através de duas formas: cálculos matemáticos, modelos teóricos ou deduções subjetivas.

Segundo Whitman (*op. cit.*), estes diversos resultados fornecem a comparação entre os riscos aceites e os incorridos. A Figura 3.1 mostra como se comparam os valores associados aos riscos de alguns projetos e equipamentos. Naquela figura, podem-se incluir as obras de fundações profundas analisadas nesta dissertação, na oval referente a “perfuradoras móveis de estacas”, sendo os respetivos valores superiores aos considerados como aceitáveis; uma vez que a oval que se refere às “fundações” corresponde a uma fase de exploração e às “perfuradoras” de estacas à fase de construção, particularmente a que se refere às móveis, estando as fixas em desuso, e portanto são muito pouco utilizadas. Contudo e ainda

segundo o mesmo autor (*op. cit.*), estas duas formas (cálculos matemáticos ou deduções subjetivas), devem e podem ser utilizadas em conjunto, complementando-se.

A avaliação do custo do risco é de difícil contabilização, mais ainda se estiverem envolvidas perdas de vidas humanas. Whitman (1984) refere que esta análise não deve ser apenas executada por engenheiros, uma vez que são situações que envolvem a sociedade como um todo; no entanto, estes devem ter um papel participativo na determinação, apreciação e quantificação dos riscos envolvidos. Outra abordagem tem a ver com o risco avaliado e o risco aceite, contudo esta aceitação não pode ser apenas da responsabilidade do engenheiro e terá de considerar os inerentes aspetos sociais, políticos e económicos.

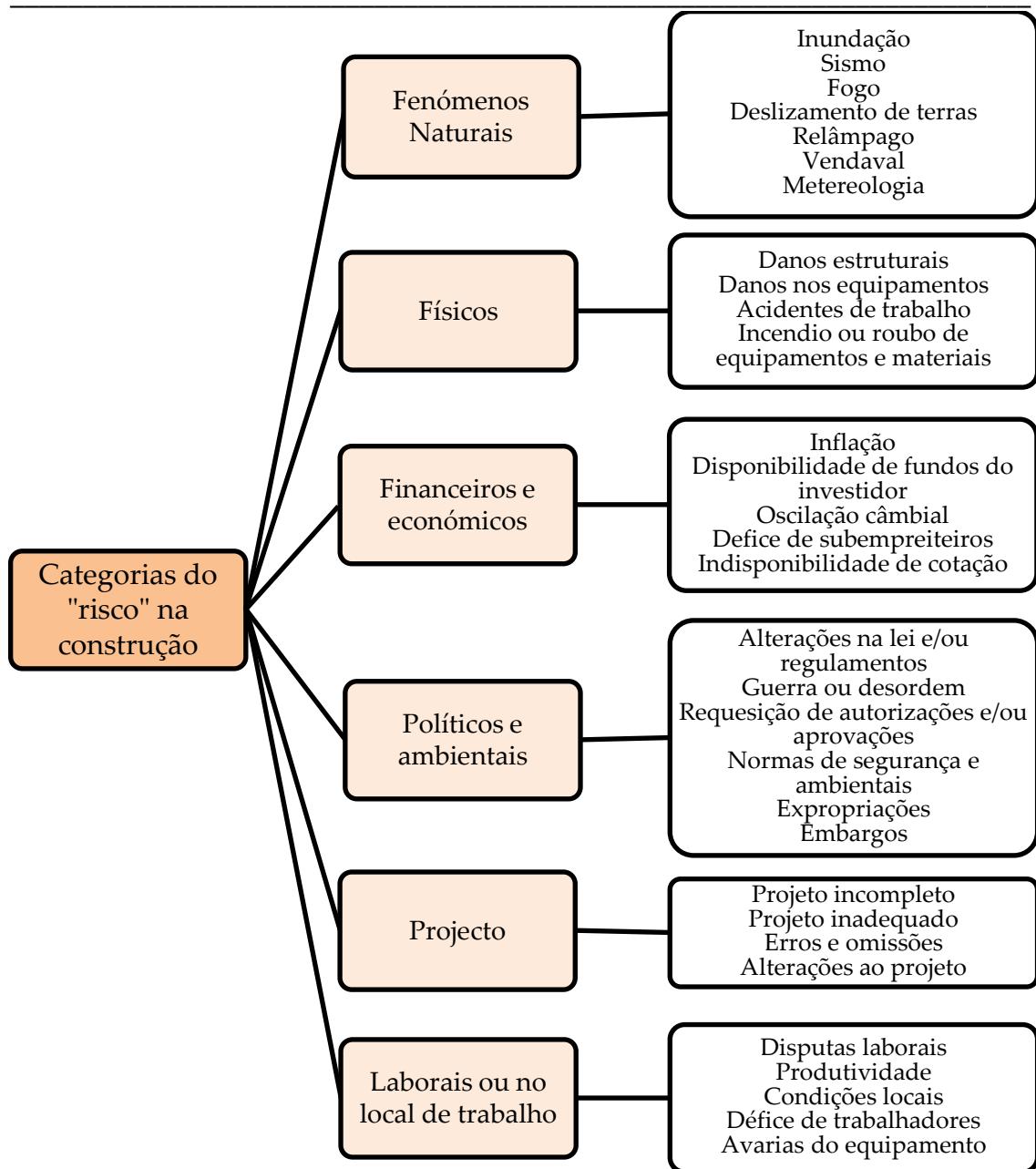


Whitman (1984), simplificado

Figura 3.1 – Riscos de projetos de engenharia

3.2.3 Literatura relativa à gestão do risco na construção e fundações

Na literatura aplicada à fase construtiva existem publicações emblemáticas. É o caso de Mustafa e Al-Bahar (1991), que descrevem um método de análise hierárquica (AHP) aplicado à análise de riscos na construção e desenvolveram essa temática como mostra a Figura 3.2 tendo classificado os “riscos” (de facto são perigos) em seis grupos. A análise do esquema (Figura 3.2) permite identificar alguma confusão entre causas (perigos) e consequências (riscos). Na categoria “riscos fenómenos naturais” os autores enumeram consequências (inundação; fogo) e no mesmo grupo causas (meteorologia; relâmpago; vendaval) e a meteorologia engloba os relâmpagos e os vendavais, pelo que não deveriam estar no mesmo grupo. Na categoria “riscos físicos” volta-se a verificar que existem consequências (danos estruturais; danos nos equipamentos) agrupadas com causas (incendio ou roubo de equipamentos e materiais). Juntam “riscos financeiros e económicos”, os quais de acordo com as definições apresentadas na secção 3.3, são distintos: os riscos financeiros têm uma origem externa à empresa e os económicos, interna, e só apresentam consequências externas. Nos “riscos políticos e ambientais” apresentam consequências, contudo nos “riscos de projetos” enumeram causas. Na categoria de “riscos laborais ou no local de trabalho”, encontram-se simultaneamente as situações relativas aos terrenos, que são naturais (condições locais), com riscos da atividade construtiva (avarias do equipamento), pelo que não deveriam estar alocadas ao mesmo grupo. Ainda neste grupo misturam a consequência (produtividade) com causas (avarias no equipamento; défice de trabalhadores; disputas laborais). Pode-se ainda ver que na caixa que sucede aos riscos “fenómenos da naturais”, encontram-se perigos como os “sismos” e na caixa relativa aos riscos “físicos”, há um dano devido a um sismo, que são os “danos estruturais”.



Mustafá e Al-Bahar (1991), adaptado

Figura 3.2 – Categorias de “riscos” na construção

O estudo de Bles et al. (2003) analisa a necessidade de uma avaliação de grupos de risco na execução de fundações profundas, propondo uma abordagem baseada num software que assenta numa aproximação de probabilidades Bayesiana. Tem como finalidade alertar para a escolha do tipo de fundações em função do risco associado a cada processo construtivo a adotar. Os autores referem a necessidade de uma gestão efetiva de modelos do risco para selecionar o “tipo” de fundações baseado em dados qualitativos e quantitativos, referindo o processo lógico representado no fluxograma da Figura 3.3, que incorpora os

parâmetros de influência e as probabilidades da ocorrência dos eventos indesejados.



Bles et al. (2003)

Figura 3.3 – Processo de informação lógica para seleção de fundações profundas

No que se refere à execução de fundações profundas, o estudo de casos de obra por Schöpf e Außerlechner (2003) inclui o conhecimento técnico do trabalho a executar *versus* a adequação do equipamento. Schöpf [s.d.] aborda três casos de obra envolvendo escavações pelo método de paredes moldadas; o conhecimento destes casos de obra poderá ser importante para se antecipar eventuais perigos em obras futuras.

Choy et al. (2004) descrevem um código de práticas a adotar para fundações. Abordam os tipos de fundações comuns (superficiais, estacas e outras) e incluem um capítulo de boas práticas em obra onde salientam necessidade de supervisão da qualidade na construção de fundações, bem como a de manter e executar os registos dos trabalhos realizados para consulta futura.

W. et al. (2006) apresentam uma lista exaustiva de consequências negativas associadas à construção de estacas moldadas, cravadas e com deslocamento de terreno em Hong Kong, e inferem sobre as possíveis causas sem, no entanto, quantificarem a probabilidade de ocorrência delas. Nesta dissertação não se apresentam todos os problemas que os autores (*op. cit.*) referem, uma vez que as condições locais e ocorrências mencionadas são de casos em Hong Kong e, como se referiu, não apresentam qualquer quantificação associada.

Mascarenhas (2007) apresenta um conjunto de desenhos detalhados de fundações, úteis para os diretores de obra, ao mostrar e divulgar as técnicas a implementar e salientar o que é relevante, ilustrando os meios envolvidos, o que permite ao engenheiro de produção inferir melhor os respetivos perigos potenciais.

Segundo Chapman (2008), aumentando o investimento nos estudos geotécnicos e mantendo-os durante a construção pode-se diminuir significativamente o risco envolvido. Normalmente e no caso de um edifício típico, este custo é de cerca de 2 % do valor da infraestrutura e 0,1 % do custo total do empreendimento,

conforme a Figura 3.4, relativa a um edifício comercial em Londres com cerca de 20.000 m².

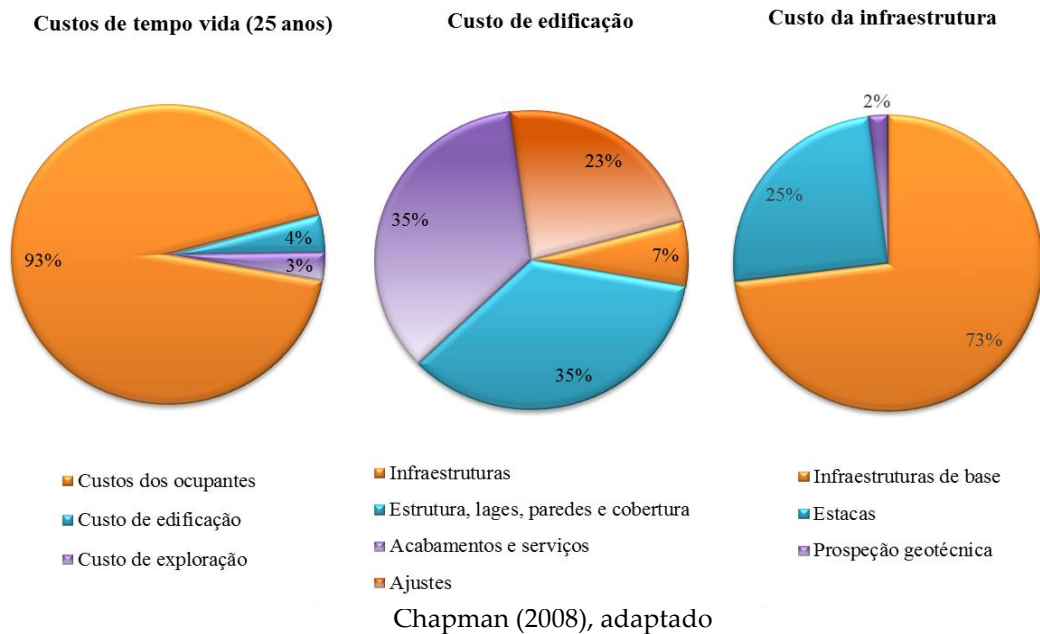


Figura 3.4 – Distribuição percentual dos custos associados a um edifício típico

Chapman (*op. cit.*) demonstra assim que o investimento em estudos geológicos/geotécnicos é sempre vantajoso e não tem impacte significativo nos custos globais do empreendimento. No entanto, o que se pode prever, mitigar e mesmo eliminar em termos de riscos geotécnicos permite poupar custos adicionais ao contratualizado em correções por desconhecimento dos perigos a enfrentar. Não se especificam todos os custos da figura original por não serem relevantes para esta investigação.

A Federation Piling Institution (2010) apresenta uma lista de perigos associados aos trabalhos de estacas e de paredes moldadas, contudo é uma lista desenvolvida para gerir o risco em fase de projeto não apresentando probabilidades ou verosimilhanças para as potenciais ocorrências.

Abdrabbo e Gaaver (2012) discutem a validade da utilização do método observacional na execução de fundações especiais através da apresentação de três casos de obra. O primeiro caso mostra o efeito da utilização do método observacional no projeto de uma escavação tipo “caixão” com 22 m de diâmetro, enquanto os outros dois casos são situações de empreitadas de estacas pelo método CFA, com os quais pretendem demonstrar a diferença entre o modelo conceptual e a realidade. Confirmam que as hipóteses de projeto e os modelos de

engenharia afetam os custos das empreitadas, concluindo que é imprescindível a utilização do método observacional durante a execução de estacas com CFA para adotar os projetos às condições reais da obra.

Na gestão do risco na construção de estacas moldadas, Stuedlein e Reddy (2013) estudam a sua quantificação com recurso a modelos de fiabilidade baseados em ensaios e estados limite. Contudo e apesar de considerarem o risco na fase construtiva, a análise incide nas consequências já na fase de operação.

Madabhushi et al. (2014) abordam as consequências provenientes de sismos, em solos suscetíveis à liquefação e apresentam casos de rotura de estacas nestas condições, contudo refere-se apenas às consequências na fase de exploração.

Schwarzkopf (2014) menciona a temática do risco na fase construtiva de estacas moldadas com tubos moldadores; no entanto, fixa-se essencialmente no dimensionamento de projeto e salienta o benefício da utilização do método observacional. De acordo com esta investigação, as definições de projeto devem considerar as melhores técnicas de execução e a sua adequabilidade e interação com os terrenos interessados, assim como o uso do método observacional, para a validação e/ou alteração das características físicas inferidas pelos projetistas, na fase de estudo. Schwarzkopf (*op. cit.*) refere ainda as boas práticas de execução e as influências que têm os processos e os materiais (betão, armaduras e fluidos estabilizadores) no funcionamento adequado das fundações profundas, reforçando o papel do controlo de qualidade como ferramenta para uma construção adequada e sustentável.

Ahmed et al. (2015) abordam a temática dos riscos associados a escavações profundas, analisando o estado da arte, tendo em conta que muitas das escavações profundas são executadas com recurso a cortinas de estacas ou paredes moldadas. Os autores avaliam o risco direto na falha do elemento de contenção, parede moldada ou estaca, focando-se nas consequências dos danos nas infraestruturas e estruturas da envolvente à empreitada, sejam eles estradas, serviços ou edifícios.

Terente et al. (2015) analisam estacas dúcteis e a importância de se conhecer, antecipadamente, a profundidade expectável a atingir pelas mesmas para diminuir o risco de fadiga do elemento na cravação em maciços rochosos brandos de arenitos, argilitos, siltitos ou calcários de baixa resistência.

Daniel et al. (2016) abordam o caso de estacas de fundação do Viaduto sobre o Rio Loukkos, em Marrocos, para uma Ferrovia de Alta Velocidade, referindo as causas, perigos e consequências detetados no decorrer da empreitada. Estes autores descrevem as boas práticas e a necessária adequação de equipamentos à execução dos trabalhos de construção, sendo que, por vezes, relatam eventos e consequências verificados durante a empreitada, mas não os tratam de uma forma sistemática ou contabilizável.

Katzenbach et al. (2016) referem-se ao risco na fase de construção, nomeadamente que a prevenção de erros na execução de fundações profundas deve ser baseada nos seguintes aspetos: (i) prospeção geotécnica adequada e realização de ensaios de carga; (ii) interação entre arquitetos, engenheiros de estruturas e geotécnicos; (iii) suficiente modelação da interação entre a estrutura e o solo nas diferentes etapas de construção; (iv) supervisão da construção incluindo o método observacional; (v) revisão independente, por especialistas em geotecnia - *peer review*. Estes autores desenvolvem um processo para mitigar os riscos na construção de fundações profundas com a designação de *4-eye-principle*, que consiste na revisão independente, em conjugação com o método observacional. Apesar deste princípio poder ser uma situação ideal, na maioria das vezes, devido ao custo e tempo para execução das empreitadas de fundações, existem ações descritas pelos autores, como é o caso dos ensaios de carga e dos trabalhos discriminados nos pontos (iv) e (v) que devido ao seu custo elevado se tornam incomportáveis na maioria das empreitadas.

No caso da execução de fundações profundas, uma das etapas que requer cuidados especiais é a betonagem. Boutz et al. (2016) estudaram todas as interferências, consequências e boas práticas da betonagem com tubos *tremie* na execução de estacas, paredes moldadas ou barretas, através do método de betonagem submersa. Este grupo de trabalho concentrou-se na identificação do perigo potencial que pode existir devido à probabilidade de divergência de opiniões entre os diversos intervenientes (projetistas, empreiteiros, donos de obra, fornecedores, entre outros) nesta fase da construção.

Hannigan *et. al.* (2016) do Instituto Federal das Autoestradas (FHWA) dos EUA, elaboraram um manual para o projeto e construção de estacas de fundação. Nele referem-se aos custos na perspetiva da escolha do tipo de estacas, mas sem que eles se reflitam na otimização dos custos na fase construtiva. Abordam também alguns eventos, como a corrosão, que podem ocorrer a longo prazo, focando-se na gestão do projeto com vista à sua exploração.

A cultura do país e as diferentes técnicas utilizadas localmente também influenciam a aceitabilidade do risco de um projeto. Marinucci e Jue (2016) relevam as semelhanças e diferenças existentes entre: o projeto, a contratação, a construção, a inovação e os ensaios de qualidade relativamente a estacas moldadas com vara “Kelly” e de que forma isso altera os métodos construtivos das empreitadas.

Henneberg et al. (2016) investigam os riscos durante a fase construtiva de fundações. Contudo, o seu trabalho foca-se nos riscos a que os trabalhadores estão expostos, tema que não se aborda nesta dissertação devido ao facto de o mesmo ser geralmente acautelado nos Planos de Higiene e Segurança.

Hosny et al. (2018) desenvolvem um processo de gestão do risco para estacas com CFA, onde incluem nove categorias de risco (Externos, Projeto, Gestão, Construção, Sub-empreiteiros, Equipamento, Políticos e Governamentais, Económicos e do Dono-de-obra). É uma análise qualitativa, tendo os perigos potenciais sido identificados no Egipto por 69 especialistas. A finalidade é familiarizar os *stakeholders* com riscos, eventos, ferramentas de identificação, análise e procedimentos de diagnóstico para poderem selecionar a melhor forma de lidam com o risco, tornando o resultado económico, a duração e a qualidade da empreitada mais eficiente.

Larisch (2018; 2019; 2022) aborda o risco e de que forma os betões o influenciam na construção de estacas moldadas.

Nesta dissertação e de acordo com Kelman (1981), considera-se relativamente a custos/benefícios do risco que: i) uma decisão que se conheça ter um custo superior ao benefício, não deve ser implementada; ii) custos e benefícios devem possuir valores comparáveis ⁴⁵; iii) os decisores de medidas a implementar, devem estar munidos de uma ferramenta simples de fácil utilização cujo custo não supere o valor do seu benefício.

O custo do risco “versus” o custo de não se implementar medidas de mitigação deve ser analisado. Na secção 1.3 já se abordou este tema. Nas obras de fundações profundas, ao aumentar o valor gasto na prospeção, diminui-se o risco de incidentes ou acidentes na fase construtiva; contudo, deve-se ter em

⁴⁵ Monetariamente, pois é uma medida universal.

consideração até que ponto se deve investir, pois a partir de certo valor, o custo será superior ao benefício obtido. Esta relação deve ser calculada e estimada, para cada obra, diferindo com a localização, com a cultura, com o equipamento, com o valor da obra e, acima de tudo, com a probabilidade de ocorrência e respetivo custo. Esta temática é abordada por diversos autores, como Fell (1994) e Lacasse (2016), em relação a projetos e não especificamente, a fases de construção. Estes estudos (*op. cit.*) referem-se a riscos de construção como fatores que influenciam o desempenho na fase de exploração. Contrariamente, nesta dissertação, aborda-se o risco dos eventos e sua influência económica (dano) na fase construtiva.

3.3. Conceitos de gestão aplicados na fase construtiva

Esta secção trata da terminologia de gestão utilizada numa empreitada. No processo de execução de fundações profundas existem diversos conceitos aplicados ao controlo de custos da obra, que provêm da gestão e que, muitas vezes, não são utilizados de um modo correto, pelo que importa definir o contexto em que são considerados nesta dissertação.

Entre aqueles, salientam-se os de “fluxos da empresa” e a definição do motivo por que, em termos de obra, se deve utilizar a designação de “fluxos económicos” em vez de “fluxos financeiros” ou de “fluxos monetários”.

Na Figura 3.5 apresentam-se os fluxos de uma empresa, divididos em três óticas (Borges e Rodrigues, 2008):

- I. Financeira - refere-se à aquisição de bens ou serviços que se traduz numa obrigação financeira do comprador, o qual fica obrigado a pagar independentemente de utilizar ou consumir. Estas obrigações designam-se por despesas. Inversamente, ao prestar serviços ou ao vender bens, geram-se direitos financeiros que são o direito a receber a contraprestação pecuniária e que se designa de receitas;
- II. Monetária – respeita à saída de meios líquidos de pagamento, ou seja, os pagamentos. Inversamente, a entrada de meios de pagamento designa-se de recebimentos;
- III. Produtiva ou Económica – corresponde ao consumo ou utilização dos recursos dentro da empresa que gera os seus produtos ou serviços. Assim,

os bens ou serviços consumidos pela empresa são custos⁴⁶ ou gastos⁴⁷. Os fluxos representativos de produção ou venda de bens designam-se por proveitos⁴⁶ ou rendimentos⁴⁷.

A Figura 3.5 apresenta a interação direta entre a empreitada e a empresa, considerando as interações mais diretas com o exterior, que correspondem às ligações ao cliente e aos fornecedores. De uma forma simples, abordam-se quais são os documentos principais de cada uma das óticas, assim como as respetivas representações dos resultados de cada uma delas.

De acordo com as definições enunciadas só faz sentido, numa fase construtiva, considerar-se a ótica Económica ou de Produção.

Nesta investigação abordam-se sempre custos/gastos ou proveitos/rendimentos. Nesta ótica, pretende-se desenvolver uma forma de controlo dos custos, no contexto das fundações profundas, fundamentado no Custeio Baseado em Atividades-CBA (Rodrigues e Simões 2009) ou ABC na literatura anglo-saxónica, originalmente descrito por Cooper e Kaplan (1991), e revisto por Kaplan e Anderson (2004). A implementação atual deste tipo de formas de controlo, em departamentos ou sectores de geotecnia e fundações, utilizado na maioria das empresas construtoras baseia-se em modificações ao modelo de controlo de gestão aplicado às empreitadas de construção civil e obras públicas. Contudo, não tem em consideração algumas das especificidades inerentes às obras de fundações a abordar (estacas moldadas com vara “Kelly” e dúcteis cravadas), nomeadamente as necessidades de mão-de-obra própria especializada, da utilização de meios próprios e de resposta imediata por parte dos serviços de apoio às obras, para uma resposta célere às situações imponderáveis advindas das condições geológico/geotécnicas reais.

⁴⁶ De acordo com o antigo Plano Oficial de Contas (POC).

⁴⁷ De acordo com o Sistema de Normalização Contabilística (SNC).

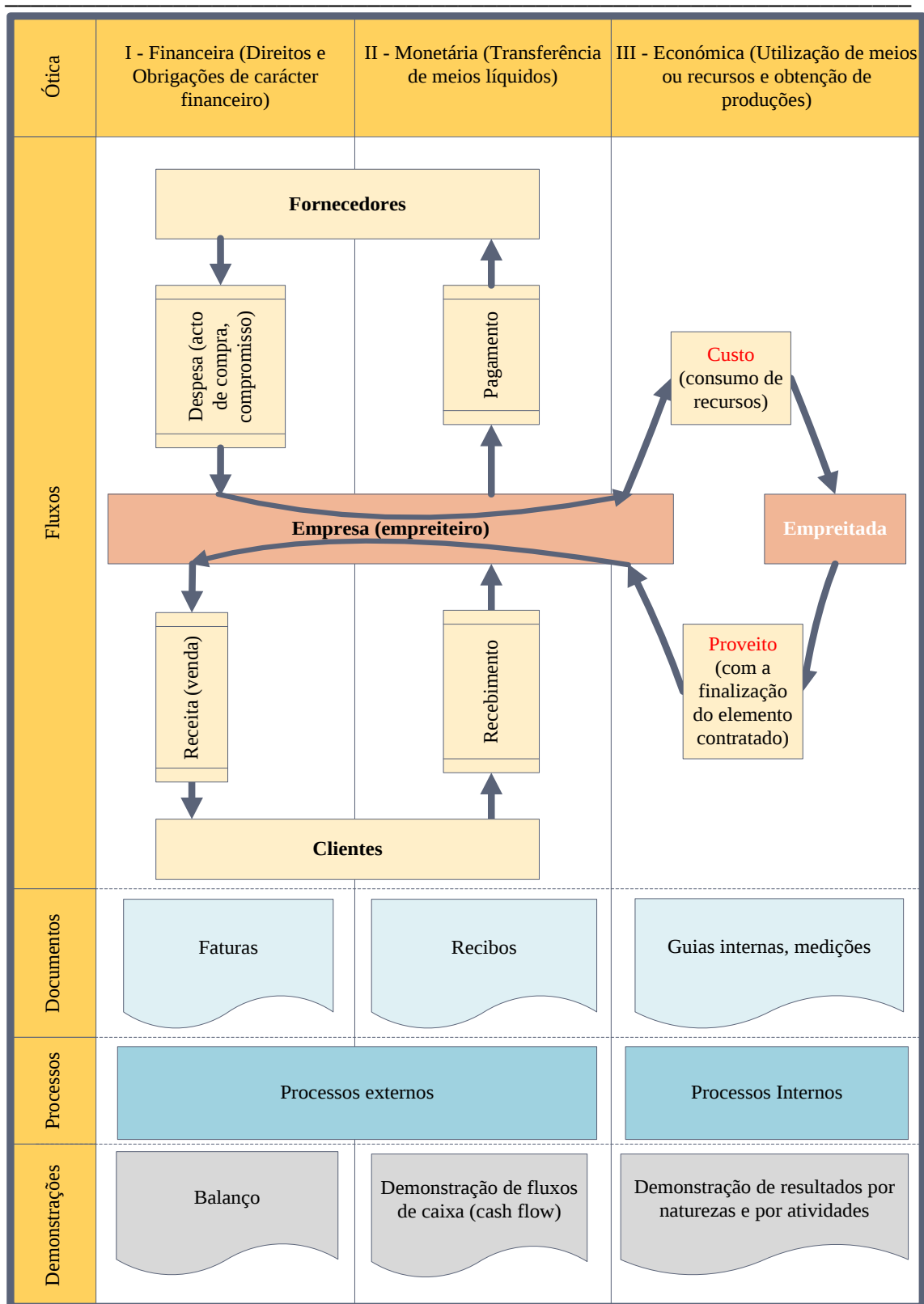


Figura 3.5 – Terminologia e esquema de fluxos empresariais

O que se referiu, é mais evidente nas construtoras que têm departamentos de geotecnia e fundações, pois estão menos “formatadas” para lidar com as vicissitudes da heterogeneidade ou anisotropia associadas naturalmente à

geologia/geotecnia. No entanto, nas empresas que são apenas da área de fundações e geotecnia, também se podem encontrar aplicações deficientes do controlo de gestão. A título de exemplo, o candidato foi diretor técnico de uma multinacional na área de fundações onde os resultados do controlo implementado não podiam ser comparados com os da respetiva contabilidade⁴⁸ de uma forma direta e imediata.

Outra definição relevante é a de centros de responsabilidade. Na grande maioria das empresas de construção, todas as empreitadas e departamentos, entre outros, são designados de centros de custo. Na realidade um centro de custos tem uma definição ligeiramente diferente na contabilidade e na gestão.

Existem várias definições de centros de responsabilidade. Segundo Anthony (1988), um centro de responsabilidade é uma área de uma empresa que é liderada por um gestor responsável pelas suas atividades. Jordan et al. (2011) definem que centro de responsabilidade é a área da organização que é liderada por um gestor, que tem objetivos próprios que norteiam as atividades, tendo o poder de decisão sobre os recursos necessários à concretização desses objetivos. Existem quatro tipos de centros de responsabilidade, como se definem de seguida (Anthony e Govindarajan 2007):

- A. Centro de custos;
- B. Centro de proveitos;
- C. Centro de resultados;
- D. Centro de investimento.

A. Centros de custo – como foi anteriormente mencionado a definição de controlo de custo para a gestão difere ligeiramente da de controlo de custo para a contabilidade. Em contabilidade, um centro de custo é um acumulador de custos, diretos ou indiretos, associados às atividades de um produto, serviço ou função. A finalidade é a imputação dos consumos referentes a esse produto, serviço ou função de forma a determinar o seu valor. Para o controlo de gestão, o centro de

⁴⁸ Contabilidade (Pimentel and Lopes, n.d.) : é o conjunto de meios organizados que irão permitir a recolha, tratamento, classificação e síntese da informação financeira e está dividida em duas óticas, a Geral e a Analítica. Contabilidade Geral irá preocupar-se com o registo dos factos patrimoniais resultantes da interação da empresa com o seu meio exterior. Contabilidade Analítica: é interna e tem como objetivo apurar custos internos e fazer a análise dos negócios da empresa.

custo tem por finalidade acumular os custos decorrentes dos meios ao dispor de um gestor. O propósito é a responsabilização sobre as decisões de gastos, e não a imputação a produtos, serviços ou funções. Mede os “*inputs*” em termos monetários, mas não o faz para os “*outputs*”, uma vez que são de difícil contabilização monetária. Como exemplo, pode-se referir a publicidade, a investigação, entre outros. No entanto, as construtoras utilizam o controlo de custos para a responsabilização do gestor, para a imputação dos custos e ainda para valorizar a produção. Acresce que numa construtora que produza em proveito próprio, isto é, que seja construtora e ao mesmo tempo imobiliária, podem existir custos não controláveis por um gestor e que não sejam fortuitos. Por exemplo, uma reclamação por falta de qualidade num edifício, em fase de pós-venda não é controlável pelo gestor do pós-venda, mas é controlável pelo gestor de produção. Mais uma vez, aqui se comprova que a análise simples dos números pode levar a decisões erradas. Considere-se ainda uma empreitada em que se poupou nas fundações e que, após a venda, o edifício começou a denotar problemas estruturais; nesta situação o gestor de obra fez um demonstra um excelente desempenho, mas o gestor do pós-venda encara um problema de dimensão significativa. Esta situação no contexto referido acarreta sempre prejuízos que nunca poderiam ser superados pelo valor poupado nas fundações.

B - Centro de proveitos - mede monetariamente os seus “*outputs*”, mas não o faz para os seus “*inputs*”. Deverão ser usados quando o gestor é avaliado apenas pelos proveitos obtidos. Exemplos típicos são os de vendas em que os gestores são avaliados exclusivamente pelo volume de vendas. Nestes centros, o valor do custo não é colocado no centro e o gestor não tem qualquer poder sobre a definição do preço de venda. Um centro de proveitos pode ser transformado num centro de resultados, acrescentando-lhe a imputação dos custos dos produtos ou serviços vendidos, por custo-padrão, mas isso exige que a organização desenvolva uma política de preços de transferência internos.

C - Centro de resultados é avaliado pela margem económica, isto é, pelo resultado. O gestor tem poder de decisão sobre os meios que afetam tanto os “*inputs*” como os “*outputs*”, e ambos conseguem ser medidos monetariamente. Por exemplo, um sector de fundações e geotecnia de uma construtora, pode produzir para outros departamentos e é tipicamente um centro de custo; no entanto, deveria ser transformado num centro de resultados quando lhe é acrescentado o valor dos serviços fornecidos aos demais sectores. Na prática, não existe uma venda real por isso esses serviços serão valorizados usando preços de

transferência internos em que a sua determinação deverá ser definida pela política de gestão geral da empresa. Ao operar como uma unidade gerida com base em resultados, o sector referido pode funcionar quase como um negócio autónomo. Neste caso, apenas se deve ter em conta que o gestor deve ter autonomia para influenciar tanto os gastos, como os proveitos do sector. Têm de existir tanto clientes internos à empresa como externos para os serviços proporcionados, o que no caso de fundações profundas é uma realidade. No caso de departamentos ou sectores de fundações ou geotecnia numa construtora, é necessário que os preços internos praticados sejam equivalentes aos do mercado; só assim se pode garantir um preço final competitivo.

D – Centro de investimento. O gestor de um centro de investimento é avaliado pelos seus resultados, tendo em conta não só os custos e os proveitos, mas também os investimentos efetuados e o custo do respetivo capital. Um departamento de fundações que seja responsável pela aquisição de equipamentos deveria ser denominado de centro de investimento.

Nesta dissertação e por uma questão de simplicidade e da terminologia utilizada nas empresas de construção, as obras de fundações serão sempre consideradas centros de custo, o que de acordo com as definições apresentadas nem sempre é o termo correto, uma vez que podem corresponder a centros de resultados ou de investimento.

3.4. Publicações do autor no âmbito desta temática

No âmbito desta investigação foram publicados três manuscritos. O primeiro, no 15º Congresso Nacional de Geotecnia / 8º Congresso Luso-Brasileiro de Geotecnia, que decorreu no Porto em 2016, intitulado “BIM – GGIM: Conceitos e aplicações geotécnicas” (Mata et al. 2016) cuja primeira página inclui o Apêndice A4.1. Esta comunicação foi desenvolvida para alertar para a lacuna existente na implementação de uma base dados geológica/geotécnica universal que permita uma mitigação geológica/geotécnica mais eficaz do risco em grandes empreitadas recorrendo às ferramentas envolvidas nos programas BIM.

O segundo artigo foi apresentado ao *3rd International Conference, Geotechnics for Sustainable Infrastructure Development – Geotec*, no Vietnam, em Hanoi, em 2016, com o título “Risk management procedure in the construction of deep foundations” (Mata et al. 2016b) e cuja página de rosto inclui o Apêndice A4.2. O artigo abordou o que se desenvolveu nesta investigação de doutoramento, para

ser validada pelos peritos presentes naquele evento internacional, tendo obtido prémio para a melhor apresentação da sessão de fundações profundas onde foi incluída e cujo certificado inclui o Apêndice A4.3.

A terceira publicação integra uma revista internacional da especialidade com classificação Scopus e consta da edição especial *Urban Geotechnical Engineering* da revista *Infrastructures* publicada em 20 de maio de 2021, com o título “Risk Management of Bored Piling Construction on Sandy Soils with Real-Time Cost Control”. A página de rosto reproduz-se no Apêndice A4.4 e apresenta o resultado da metodologia proposta, podendo ser consultado no seguinte link: <https://www.mdpi.com/2412-3811/6/5/77>

“Não é o crítico que conta; Não o homem que aponta como o homem forte tropeça, ou onde o fazedor de ações poderia ter feito melhor. O crédito pertence ao homem que está realmente na arena, cuja face está manchada pela poeira e suor e sangue; que se esforça valentemente; que erra, que “quase chega lá” repetidamente, porque não há nenhum esforço sem erro ou falha;

Mas quem realmente se esforça para fazer as obras; Que conhece grande entusiasmo, e grande devoção; Que se consome numa causa digna; Que, no melhor dos casos, conhece no final o triunfo da alta realização e que, no pior dos casos, se falhar, pelo menos falhará tendo ousado muito, de modo a que o seu lugar nunca estará com aquelas almas frias e tímidas que não conhecem a vitória ou a derrota”

Roosevelt (1910)

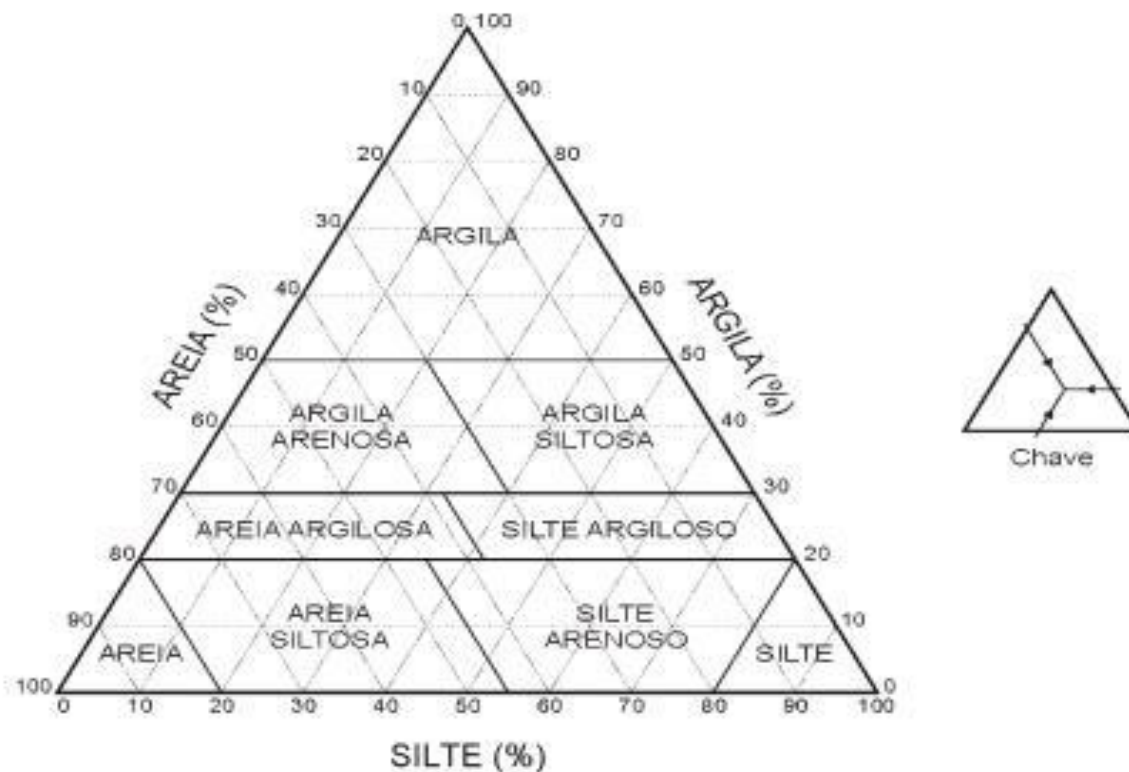
4

EMPREITADAS ANALISADAS E CASOS DE ESTUDO

4.1. Considerações iniciais

Este capítulo encontra-se dividido em duas secções. Na primeira secção, resumem-se as características das empreitadas de fundações onde se identificam os perigos, os danos económicos associados e os valores das verosimilhanças da ocorrência de eventos para posteriormente submeter à análise dos riscos de construção desenvolvida nesta dissertação. As empreitadas relativas a estacas moldadas com vara “Kelly” e dúcteis cravadas são mais extensas do que as restantes, por serem as técnicas de construção adotadas para os casos de estudo. Seguidamente, descrevem-se as empreitadas onde se aplicou a metodologia desenvolvida e que, no Capítulo 6, voltam a ser abordadas para testar a aplicabilidade do método proposto.

Os solos estão classificados de acordo com o diagrama textural triangular da Figura 4.1. Esta figura foi escolhida pois é de simples interpretação e pode ser aplicada em fase de construção de uma forma prática. A classificação textural dos solos envolvidos nos casos de obra constantes do presente estudo são areias e areias argilosas.



@ (Folque 1997)

Figura 4.1 – Diagrama triangular de classificação de Feret

4.2. Empreitadas de estacas analisadas para identificar os perigos, os danos associados e as verosimilhanças

As empreitadas a seguir apresentadas e onde se verificaram os perigos e se obtiveram as verosimilhanças e os danos associados, foram todas executadas pelo autor, previamente ao programa doutoral e servem apenas para a identificação de eventos perigosos e respetivas verosimilhança das ocorrências pelo que não se detalham exaustivamente. Introduzem-se as obras e enumeram-se os perigos detetados para as técnicas de fundações profundas listadas no

Capítulo 2, contendo apenas a informação disponível e necessária. Relativamente às estacas moldadas com vara “Kelly” e dúcteis cravadas, selecionaram-se empreitadas realizadas em Angola, devido às condicionantes humanas, técnicas e por englobarem tipos de solos semelhantes aos dos casos de estudo, onde posteriormente se aplica a metodologia (secções 6.2 e 6.3) preconizada nesta dissertação, considerando-se que o conhecimento casual da realidade deve ser incluído no estudo da gestão do risco (Anjum e Rocca, 2019). Destaca-se ainda a importância do risco na construção ser considerado um novo campo técnico-científico nos países em vias de desenvolvimento (Nawaz et al. 2019).

Nesta investigação e como referido anteriormente, os perigos potenciais considerados são apenas construtivos sendo transversais a qualquer tipo de empreitada de fundações e estão divididos em três tipos (Mata et al., 2021):

- a) Geológico e geotécnico, isto é, têm como fonte potencial do dano as incertezas ou variações na geologia ou nas características geotécnicas dos solos;
- b) Humanos, isto é, têm como fonte potencial da falha as equipas intervenientes no processo construtivo;
- c) Técnicos, isto é, têm como origem a inadequação ou incapacidade dos meios e procedimentos técnicos utilizados.

Destes, considera-se nesta dissertação uma subdivisão em perigos *explícitos* (ponto 5.5.1), isto é, que foram identificados nos eventos ocorridos nas obras analisadas (ponto 4.2.2).

Considerando que os perigos podem ser os mais variados (Rozell, 2020), seguidamente enumeram-se exemplos com situações ligeiramente diferentes das dos casos de obra, para que em estudos futuros se possa aferir acerca da possibilidade de aplicação do sistema adiante proposto a outro tipo de empreitadas de fundações.

4.2.1 Perigos identificados em empreitadas de fundações profundas com técnicas não abrangidas nos casos de estudo

Enumeram-se, seguidamente os perigos construtivos, geológicos e geotécnicos, humanos e técnicos para cada método executivo e posteriormente, no ponto 5.5.1, salientam-se as estacas moldadas com bentonite, entubadas e as estacas dúcteis por serem as técnicas utilizadas para validar o modelo da gestão do risco.

A Tabela 4.1 inclui os principais perigos construtivos identificados na execução de barretas com base nas seguintes empreitadas:

- Parque Expo, para a Soares da Costa;
- Parque Expo, Lotes 1.03.2.1, 1.03.2.2 e 1.03.2.3 para a Besleasing e Polisite S.A.;
- Centro de convenções em Gaudalajara para a Geocisa;
- ACE Sopol-Dragados-Tecsa, na empreitada “Rebaixamento da Via no Atravessamento da cidade de Espinho” 1ª fase;
- ACE Sopol-Dragados-Tecsa, na empreitada “Rebaixamento da Via no Atravessamento da cidade de Espinho” 2ª fase;
- Edifício Baía em Luanda para a Alves Ribeiro Construções - ARC;
- Torre Vitória em Luanda para a FCM.

Tabela 4.1 – Barretas: principais perigos na construção

Técnica de escavação	Perigos construtivos		
	Geológicos e geotécnicos	Humanos	Técnicos
Com balde de maxilas	• Presença de cascalheiras ou blocos • Presença de camadas possantes mais resistentes • Presença de camadas de origem antrópica	• Fraco domínio da técnica construtiva	• Inadequação do método • Inadequação do fluído estabilizador • Inadequação do equipamento
Com hidrofresa	• Presença de cascalheiras • Presença de camadas de areias, siltes ou argilas • Presença de camadas de origem antrópica		

Refere-se o facto de os perigos construtivos decorrentes da intervenção humana serem os que mais se manifestam neste tipo de empreitadas, especialmente quando se recorre à escavação com hidrofresa. Este facto, deriva do fraco domínio da técnica de escavação com hidrofresa, pois é uma metodologia ainda com fraca implementação em países como Portugal, Angola ou Moçambique⁴⁹.

⁴⁹ Referem-se apenas estes três países, pois são as realidades conhecidas na prática pelo autor.

Estas empreitadas não foram exclusivamente de construção de barretas, uma vez que: metade correspondiam a paredes moldadas, sendo as restantes constituídas por paredes moldadas e barretas; contudo verificou-se que os perigos identificados eram semelhantes.

Na Tabela 4.2 incluem-se os principais perigos na execução de microestacas. Nesta técnica existe a dificuldade de prever custos, por não ser fácil calcular com exatidão a quantidade real de material de injeção a utilizar em fase de obra devido à incerteza geológica, à temperatura ambiente e à profundidade de injeção. Os perigos inumerados nesta tabela foram presenciados na construção das seguintes empreitadas:

- Contenção de fachada num edifício na Rua das Janelas Verdes, para a Sotencil;
- Estaleiro da Mitrena, para a Seth;
- Apoio de um empuxe oleodinâmico na Cruz da Pedra, para a Koch;
- Microestacas pré-esforçadas com varão na Radial de Benfica, para a Sopol;
- Contenção de fachada na rua Rodrigues Sampaio, para a Pater;
- Sapata de uma grua no Lumiar, para a Sopol;
- Sapatas dos postes de alta tensão da REN na Pontinha, para a Sinteme.
- Depósito de água no Ministério das Finanças de Angola, em Luanda, para a Somague.

Tabela 4.2 – Microestacas: principais perigos na construção

Técnica de perfuração	Perigos construtivos		
	Geológicos e geotécnicos	Humanos	Técnicos
Rotação	• Alternância de camadas de resistência contrastante	• Fraco domínio da técnica construtiva	• Inadequação do método • Parâmetros de rotação inadequados • Arrefecimento ou limpeza inadequada
Percussão comprimida ou hidráulica	• Presença de camadas plásticas		• Inadequação do método • Arrefecimento ou limpeza inadequada
Roto-percussão	• Alternância de camadas moles e rijas		

Na Tabela 4.3 apresentam-se os principais perigos detetados na construção de estacas recorrendo a trado contínuo, realizadas sem revestimento (CFA) ou com

revestimento (DKS). Os perigos inumerados foram presenciados com base na construção das seguintes empreitadas:

- Passagem hidráulica em Torres Vedras, para Amâncio e Filhos Lda;
- Viaduto em Cabeceiras de Basto, para Fundasol;
- Viaduto em Paços do Brandão, para Fundasol;
- Empreendimento na ameixoeira, para a Alves Ribeiro;
- Centro de reciclagem em Sines para Artenius Mega PTA.

Tabela 4.3 – Estacas com trado contínuo: principais perigos na construção

Técnica de perfuração	Perigos construtivos		
	Geológicos e geotécnicos	Humanos	Técnicos
CFA	• Presença de rocha • Presença de calhaus ou blocos • Presença de areias bem graduadas, secas e de permeabilidade elevada	• Fraco domínio da técnica construtiva	• Inadequação do método ou do equipamento
DKS	• Presença de blocos		

CFA – Continuous flight auger; DKS – Double KDK system

Na Tabela 4.4 sintetizam-se os perigos verificados em empreitadas de estacas construídas com vara “Kelly” e polímero. Os conhecimentos dos perigos construtivos referentes a esta técnica baseiam-se nas seguintes empreitadas:

- Viadutos da A13 e ponte do Carregado, para a Lace;
- Viadutos na A7/IC5/IC25 lança Fafe/IP3 sublança Ribeira de Pena / IP3, para a Mecanotubo;
- Ponte sobre o Rio Pranto na A 17, para a Novopca/MSF.

Tabela 4.4 – Estacas com vara “Kelly”: principais perigos na construção com utilização de polímeros

Técnica de execução	Perigos construtivos		
	Geológicos e geotécnicos	Humanos	Técnicos
Com polímero	• Presença de cascalheiras ou blocos • Presença de aquíferos com variação de nível em areias muito permeáveis	• Fraco domínio da técnica	• Inadequação do método ou do equipamento

Destaca-se que, na ponte sobre o Rio Pranto, na A17, a técnica construtiva das estacas com polímero preconizada em projeto foi abandonada na fase

construtiva. Esta decisão deveu-se à presença de aquíferos em areias muito permeáveis que apresentavam variação no nível da água subterrânea, devido às estações elevatórias existentes na zona envolvente. Esta oscilação induzia que o fuste das estacas moldadas desmoronasse, levando à sua perda. Neste caso, as camadas argilosas também apresentavam problemas à execução com bentonites, contudo teve de se optar pela solução menos conflituosa, e a empreitada foi realizada com o recurso a esta argila tixotrópica como fluido estabilizador. As estacas de maior comprimento tinham 63 m e Ø 2000 mm.

Na Tabela 4.5 sintetizam-se os perigos ocorridos em empreitadas de estacas construídas com vara “Kelly” com tubo guia. Os perigos listados naquela tabela foram presenciados na construção das seguintes empreitadas:

- Viaduto da Quinta da Madeira no IP2, para a Teixeira Duarte;
- Moradia unifamiliar situada na Charneca da Caparica para um particular;
- Ponte sobre o Rio Sousa, para a Pontave;
- IC 17 – CRIL sublanço Buraca/Pontinha, para a Odebrecht;
- Empreendimento turístico da Nova Vida, Luanda para Santos e dos Santos;
- Colégio de Talatona, Luanda, para a Georumo.

Tabela 4.5 - Estacas com tubo guia: principais perigos na construção

Técnica de execução	Perigos construtivos		
	Geológicos e geotécnicos	Humanos	Técnicos
Tubo guia	• Nível freático • Litologia sem capacidade autoportante	• Fraco domínio da técnica	• Inadequação do método ou do equipamento

4.2.2 Empreitadas com estacas moldadas e cravadas analisadas

Os exemplos seguidamente selecionados são de infraestruturas de fundações todas executadas em solos sedimentares: arenosos, areno-argilosos e em regiões assísmicas. Na Tabela 4.6 e na Tabela 4.7 incluem-se as características consideradas mais relevantes das empreitadas de estacas moldadas e dúcteis, respetivamente, de onde se obtiveram os dados (perigos, valores de danos e verosimilhanças dos eventos) utilizados no presente estudo.

Os perigos, as verosimilhanças da ocorrência de eventos perigosos e os danos verificados nas empreitadas constantes da Tabela 4.6 e da Tabela 4.7 são posteriormente detalhados na secção 5.5.

Tabela 4.6 – Empreitadas de estacas moldadas com vara “Kelly” selecionadas para determinação de dados

Designação da obra	Técnica construtiva	Ø (mm)	Totais de estacas (m)	Província de Angola	Data	Tipo de solos
Torres do Oceano	Bentonite	600	4.395	Luanda	maio de 2009 a 2010	Areias argilosas
Edifício AAA		1000	2.386		abril 2012 a agosto 2013	
Luanda Tower		1200	6.770		fevereiro 2012 a junho 2012	
Ponte da Bentiaba		800	2.354	Namibe	junho 2012 a maio 2013	
Ponte do Curoca			991			
Nova Marginal Km 6 Odebrecht	Entubadas	880	3.316	Luanda	janeiro a junho 2013	Areias médias sem finos
Empreendimento turístico Nova Vida		620	856		setembro a outubro 2013	
Terminal oceânico de Porto Amboim 1ª fase		1642	132	Kwanza Sul	setembro 2012	
Terminal oceânico de Porto Amboim 2ª fase		1180	630		outubro 2012 a maio 2013	
		1642	421			
Comprimento total de estacas construídas com suspensão bentonítica (m)						19.548
Comprimento total de estacas construídas com tubos moldadores (m)						5.355

Tabela 4.7 – Empreitadas de estacas dúcteis cravadas selecionadas para determinação de dados

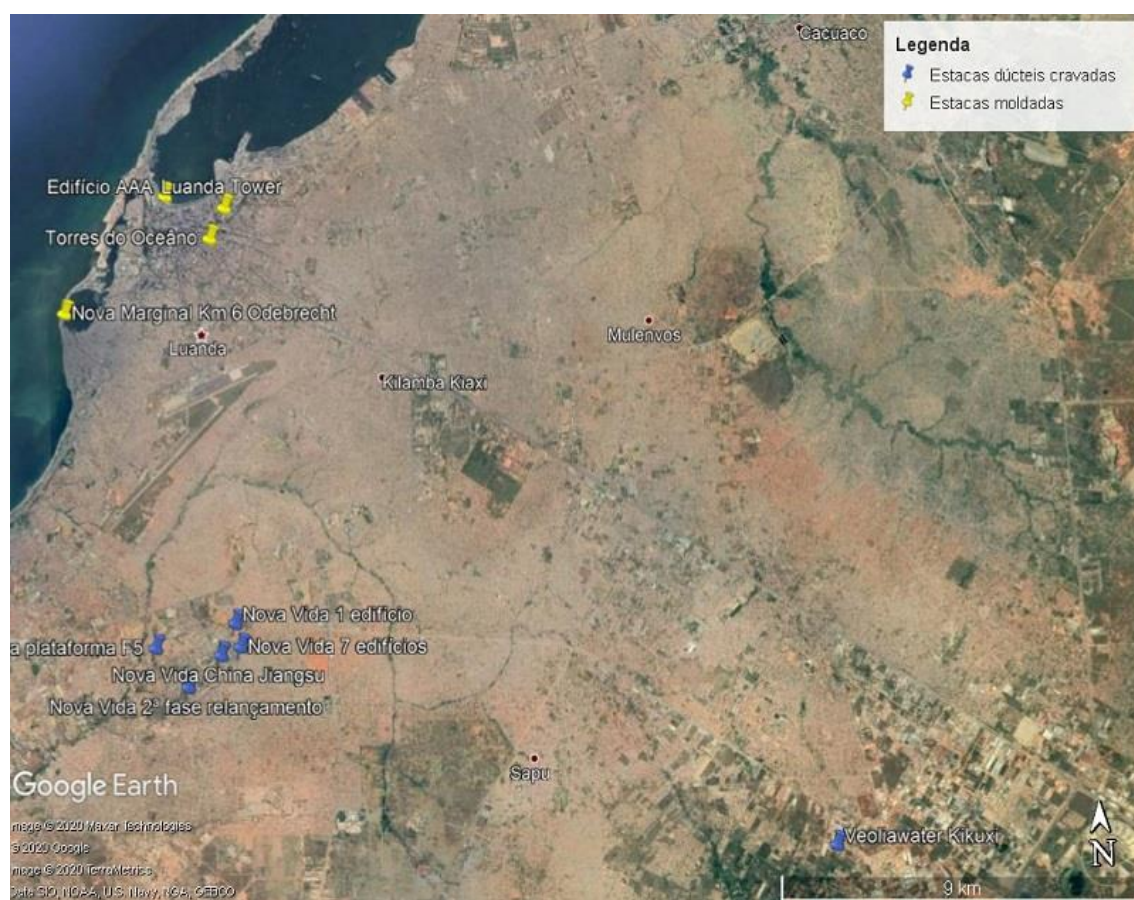
Designação da obra	Técnica construtiva	Ø e espessura (mm)	Totais (m)	Província de Angola	Data	Tipo de solos
Nova Vida China Jiangsu	Não injetadas	115x7,5	15.526	Luanda	maio a dezembro de 2012	Areias argilosas
Nova Vida 2ª fase relançamento			5.432		janeiro 2012 a maio 2013, com interrupções	Areias médias e areias finas
Nova Vida 7 edifícios			12.617		maio 2013 a fevereiro 2014 com interrupções	
Nova Vida plataforma F5			25.468		agosto a setembro 2013	
Nova Vida 1 edifício			2.620		abril 2014	Areias argilosas
Veoliawater Kikuxi	Injetadas		6.030		junho 2013	Areias médias e areias finas
Comprimento total de estacas construídas não injetadas (m)						38.663
Comprimento total de estacas construídas injetadas (m)						6.030

Na Figura 4.2 e na Figura 4.3 assinalam-se as localizações das empreitadas referidas nas duas tabelas anteriores. A Figura 4.3 é um pormenor das localizações na província de Luanda.



Do Google Earth em 26/03/2017

Figura 4.2– Localização das empreitadas utilizadas para a obtenção de dados



Do Google Earth em 26/03/2017

Figura 4.3 – Pormenor da zona de Luanda com a localização das empreitadas utilizadas para a obtenção de dados

4.3. Empreitadas com estacas em Angola para validação do método

A validação do método desenvolvido nesta dissertação consiste na sua aplicação em empreitadas de estacas moldadas e dúcteis cravadas realizadas em Angola. Até essa altura, a análise ou gestão do risco em construção era apenas considerada como uma preocupação no âmbito da equipa da Segurança e Higiene no Trabalho.

Nesta investigação consideram-se obras de estacas realizadas com vara “Kelly”, de diâmetros 600, 800, 880, 1080 e 1180 mm, moldadas com tubos recuperáveis e/ou com recurso a bentonite e estacas dúcteis cravadas 118x7,5 mm. As quantidades realizadas nas empreitadas encontram-se detalhadas no Apêndice 2

– *Dados de produção das empreitadas consideradas* e encontram-se resumidos na Tabela 4.8 e na Tabela 4.9⁵⁰.

Tabela 4.8 – Empreitadas de estacas moldadas, em Angola selecionadas para a validação do modelo de gestão do risco desenvolvido

Designação da obra	Técnica construtiva	Ø (mm)	Totais (m)	Média* (m/dia)	Data	Tipo de solos
A2.1 Parque tecnológico da Camama	Bentonite	1080	263	3,8	março a agosto 2016	Areias argilosas
A2.2 Edifício em Alvalade, Luanda	Entubadas	620	4945	43,8	fevereiro a agosto 2015	
	Bentonite	1080	1953	35,5	agosto a outubro 2016	
A2.3 Centro de formação Benfica, Luanda	Entubadas	620	546	36,4	outubro a novembro 2016	
A2.4 Viaduto na Deolinda Rodrigues, Luanda		880	1243	35	fevereiro a maio 2017	
	Bentonite	800	2550	44	março a maio 2017	
A2.5 Igreja Talatona, Luanda	Entubadas	880	336	35,4	maio a junho 2017	
	Bentonite	800	481	43,7	junho 2017	
A2.6 Ponte metálica da Boavista, Luanda	Entubadas	1080	1362	30,2	junho a agosto 2017	
A2.7 Viaduto da Corimba, Luanda		880	451	36	outubro a dezembro 2018	
	Bentonite	800	250	24		
A2.8 Viaduto do NAIL, Luanda		1080	287	57,4	outubro 2018 a janeiro 2019	
		1180	1511	39,8		
Comprimento total de estacas construídas (m)				16.178		

* Comprimento médio diário de estacas executadas

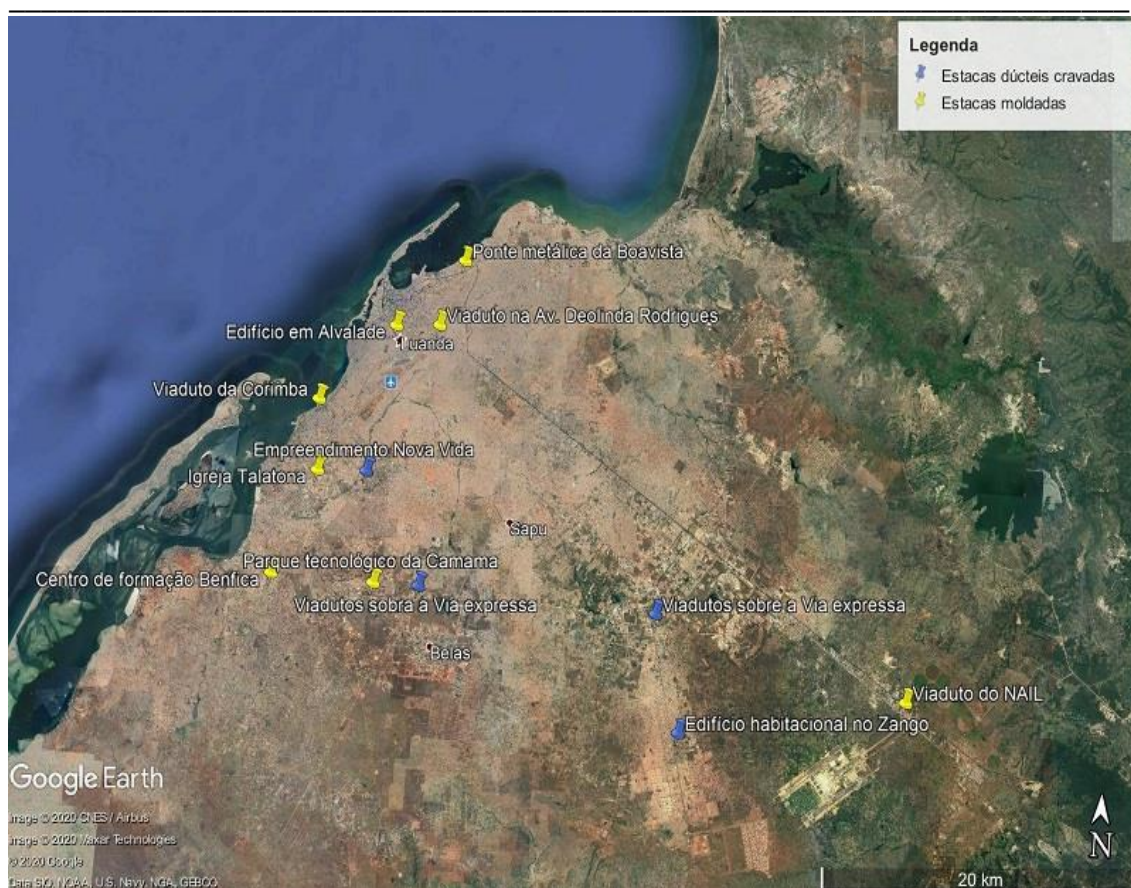
⁵⁰ Nas tabelas referidas, a numeração na designação da obra (A2.#) corresponde à utilizada no Apêndice 2.

Tabela 4.9 – Empreitadas de estacas dúcteis cravadas, em Angola selecionadas para a validação do modelo de gestão do risco desenvolvido

Designação da obra	Técnica construtiva	Ø e espessura (mm)	Totais (m)	Média* (m/dia)	Data	Tipo de solos
A2.9 Viadutos sobre a Via Expressa, Luanda	Não injetadas	115x7,5	13.978,3	160,67	janeiro a maio de 2017	Areias e areias argilosas
A2.10 Edifício habitacional no Zango, Luanda	Injetadas		925,5	154,2	maio 2017	Areias e areias finas
A2.11 Hospital do Cuíto, Bié			6677,2	185,48	junho a agosto 2018	
A2.12 Empreendimento Nova Vida, Luanda	Não injetadas		11.227,8	135,27	setembro 2018 a fevereiro 2019	Areias argilosas
Comprimento total de estacas construídas (m)				32.808,8		

* Comprimento médio diário de estacas executadas; as medidas aparecem com a precisão do dm/cm na medida em que a medição é feita automaticamente pelas máquinas que as executavam

As localizações dos casos de estudo na província de Luanda estão assinaladas na Figura 4.4. Estão referenciadas duas localizações com o mesmo nome, *Viadutos sobre a Via expressa* uma vez que esta empreitada era constituída por duas pontes viárias em zonas distintas, mas com as mesmas características, projetos iguais e litologia envolvida semelhante. A única obra, que não está localizada no mapa é o Hospital do Cuíto, visto ser localizada na província do Bié.



Do Google Earth em 26/03/2017

Figura 4.4 – Localização dos casos de estudo para validação do método na província de Luanda, Angola

4.3.1 Enquadramento geológico

A maioria das empreitadas analisadas para o efeito desta dissertação são de Luanda, Angola, devido à presença do autor nesse território durante a investigação. Apenas se contemplou uma obra realizada no Cuíto com estacas dúbteis.

Os exemplos apresentados são casos reais e não uma descrição teórica exaustiva de todas as hipóteses possíveis de acontecer. Trata-se assim de um conjunto de casos com ocorrências de eventos reais.

As empreitadas em Luanda localizam-se na denominada Depressão Litoral, de acordo com a Carta Geológica de Angola (Perevalov et al. 1992). Esta é constituída maioritariamente por solos sedimentares, areias e argilas. De acordo com a Carta Geológica de Luanda (Faculdade de Ciências da Universidade Agostinho Neto, 2000), na zona em apreço a sucessão estratigráfica, apoiada

sobre o embasamento Pré-Câmbrico, está sintetizada na Figura 4.5 e inclui as seguintes formações, da mais recente para a mais antiga:

- a) Quaternário:
 - Ilhas, praias e aluviões;
 - Cordões litorais;
 - Formação Cazenga;
 - Formação Muçequê ou Quelo.
- b) Terciário:
 - Formação Luanda;
 - Formação Cacuaco;
 - Formação Quifangondo.

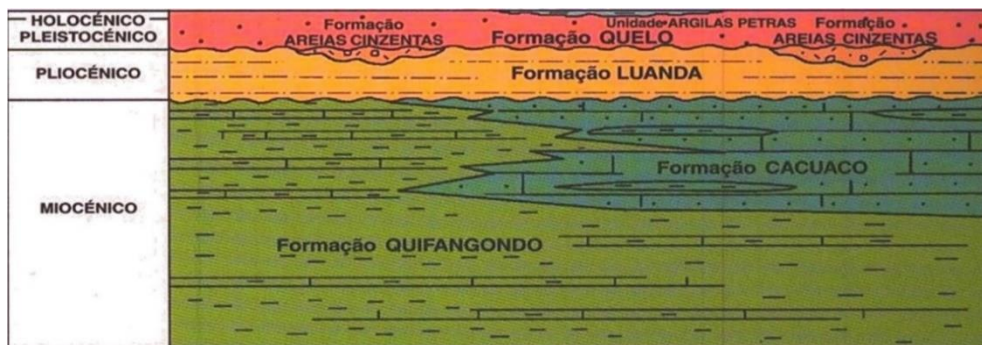
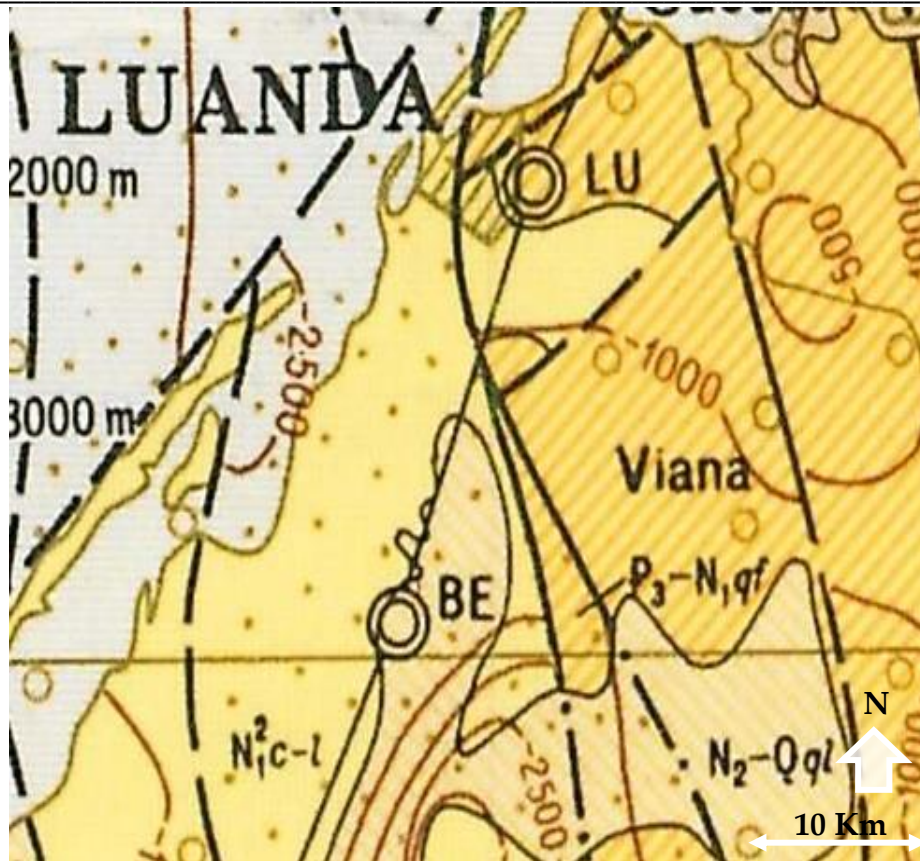


Figura 4.5 – Excerto da coluna litostratigráfica das formações na província de Luanda da Carta Geológica à escala 1:25.000 da Faculdade de Ciências da Universidade Agostinho Neto (2000)

De acordo com a Folha nº1 da Carta Geológica de Angola ((ING) 1988), as formações geológicas presentes (Figura 4.6) datam possivelmente do Quaternário e Plio-quaternário – Formação Quelo, constituída litologicamente por areias, argilas e laterites, do Miocénico Médio – Formação Luanda, constituída por argilas, calcários, areias e margas, e ainda, a formação mais antiga, datada do Miocénico – Formação Quifangondo, constituída por argilas, calcários, dolomites, areias, margas e conglomerados (Figura 4.5). Contudo, as fundações executadas intercetam apenas a camada superficial destas unidades sendo constituída por areias e argilas.



Simbologia	Descrição	Idade
N_2-Qql	Formação do Quelo: Areias, argilas e laterites.	Holocénico a Pliocénico
N_1^2C-l	Formação de Luanda: Argilas, calcários, areias e margas	Miocénico médio
P_3-N_1qf	Formação do Quifangondo: Argilas, calcários, dolomites, areias, margas e conglomerados	Miocénico

Figura 4.6 – Excerto da Carta Geológica de Angola folha 1 à escala 1:1.000.000, Luanda, ING (1988)

Relativamente à empreitada de estacas dúcteis realizada no Cuíto, província do Bié (pontos 4.3.3.3 e 6.3.3), a mesma situa-se na denominada Zona planáltica de Angola. As formações geológicas presentes no local, de acordo com a Folha nº 4 da Carta Geológica de Angola à escala 1:1.000.000 (ING, 1988), datam possivelmente do Paleocénico ao Holocénico e são caracterizadas por laterites, estando presentes também depósitos arenosos superficiais (Figura 4.7).

m. O equipamento de perfuração utilizado foi uma máquina Bauer BG 28, cujas características podem ser consultadas em Bauer Maschinen GmbH (2012). Na Tabela 4.10 apresentam-se as quantidades de estacas realizadas e os resultados obtidos no controlo de custos existente à data. A margem comercial (calculada na fase de concurso) era de 45%, contudo a empreitada terminou com uma margem negativa de 19,89%.

A empreitada decorreu entre março e agosto de 2016.

Tabela 4.10 – Parque tecnológico da Camama: quantidades e margens das estacas construídas

Quantidades e margens das estacas construídas		
Mobilização de equipamentos	Mobilização / desmobilização (un)	1
Estacas	Estacas executadas (un)	13
	Comprimento total (m)	267,03
	Comprimento médio diário (m)	3,87
Controlo de custos	Margem total (%)	-19,89
	Margem comercial (%)	45,00

Os terrenos intercetados eram constituídos por areias nos primeiros 2 - 3 m passando a areias-argilosas, até ao final da perfuração. Não foi encontrado nível freático. Existia relatório geotécnico, contudo o Dono-de-obra, uma entidade chinesa, apenas facultou a descrição litológica, que correspondia ao encontrado durante a perfuração das estacas.

Considerou-se esta empreitada como o exemplo do que pode ocorrer se a equipa de gestão da obra não possuir um plano de gestão do risco, baseado em custos. Nesta obra, o processo de gestão do risco que se desenvolve nesta dissertação foi utilizado apenas no final da obra, após o envolvimento do autor. Até essa data, as paragens da obra eram facto consumado e não se analisava a razão pelas quais ocorriam, o que conduziu a um desempenho baixo e, conseqüentemente, a um prejuízo.

Os eventos, posteriormente apurados, deixam a dúvida se a falta de ação pronta se deveu a ignorância técnica ou a desconhecimento atempado das ocorrências. Salienta-se o facto de estar implementado, nesta empreitada, um sistema de controlo de custos; no entanto, o mesmo funcionava sem permitir a tomada de decisões imediatas, apenas informava do custo já consumado, isto é, apuravam-se todos os custos da obra e, no final da semana, havia um resumo dos mesmos e apenas se constatava que a margem era negativa. Este controlo não tinha as

mesmas naturezas contabilísticas que a contabilidade, pelo que a análise de desvios não era imediata nem simples de fazer, motivo pelo qual era ineficiente.

A Figura 4.8 mostra a operação de corte de uma coluna de betonagem durante a empreitada.



Figura 4.8 – Operação de corte do “tremie” na obra Parque Tecnológico da Camama

4.3.2.2 Edifício em Alvalade, Luanda

Esta empreitada (Figura 4.9) teve o propósito de executar uma contenção periférica e fundações para um edifício de escritórios e habitação com cerca de 12 pisos e 4 caves, em Alvalade, Luanda.



Figura 4.9 – Vista geral, para noroeste da contenção do Edifício em Alvalade

A empreitada não tinha confinamentos, nem a oeste, nem a norte; no entanto, a leste havia uma rua bastante frequentada e a sul uma edificação de dois pisos, sem caves.

Na empreitada estavam projetados dois tipos de estacas: as da contenção, em cortina espaçada, e as das fundações. As estacas da cortina, de diâmetro 620 mm, eram entubadas tendo o comprimento compreendido entre 20,80 m e 29,90 m. As estacas de fundação, de diâmetro 1080 mm foram construídas com recurso a bentonite e atingiram comprimentos entre 20,95 m e 35,75 m. Os trabalhos realizados estão resumidos na Tabela 4.11 assim como os resultados obtidos no controlo de custos. A margem comercial prevista era de 19%, tendo a empreitada terminado com uma margem de 4,93%.

Tabela 4.11 – Edifício em Alvalade: quantidades e margens das estacas construídas

Quantidades e margens das estacas construídas		
Mobilização de equipamento	Mobilização / desmobilização (un)	1
Cortina de estacas	Estacas executadas (un)	195
	Comprimento total (m)	4944,80
	Comprimento médio diário (m)	43,76
Estacas de fundação	Estacas executadas (un)	66
	Comprimento total (m)	1953,10
	Comprimento médio diário (m)	35,51
Controlo de custos	Margem total (%)	4,93
	Margem comercial (%)	19,00

Nas estacas de fundação e nas estacas da cortina foi utilizada uma máquina Bauer BG 28 cujas características são descritas em Bauer Maschinen GmbH (2015). A empreitada decorreu de fevereiro a outubro de 2016.

Nesta empreitada os terrenos intercetados pela escavação eram areias, por vezes argilosas, aumentando a sua compacidade em profundidade, até ao final da perfuração. Não foi encontrado nível freático na perfuração das estacas. Existia relatório geotécnico que foi utilizado pelo gabinete de projeto para o dimensionamento de projeto. A litologia encontrada durante a perfuração das estacas era correspondente à do relatório.

O processo de gestão do risco que se desenvolve nesta dissertação, apenas foi aplicado a cerca de 50% das quantidades totais após o envolvimento do autor. As empreitadas seguintes já foram executadas com base no conhecimento de

controlo de custos semelhante ao apresentado no Apêndice 1 e nos riscos e técnicas de execução apresentados.

4.3.2.3 Centro de formação Benfica, Luanda

Esta empreitada constava na construção de estacas de fundação de um edifício para um centro de formação hospitalar de dois pisos, com 1980 m² de implantação. A obra (Figura 4.10), situa-se na zona de Benfica, em Luanda Sul.



Figura 4.10 – Vista para Sul da obra Centro de formação Benfica

Não havia confinamentos antrópicos nas imediações dos trabalhos. Foram executadas estacas entubadas com 620 mm de diâmetro e comprimentos entre 14,80 m e 16,80 m, estando as quantidades dos trabalhos assim como os resultados obtidos no controlo de custos resumidos na Tabela 4.12. A margem comercial prevista era de 31,97%, tendo a empreitada terminado com uma margem de 26,93%.

Realizou-se também um ensaio de carga preliminar numa estaca perfurada para o efeito que confirmou o dimensionamento de projeto. Os equipamentos de perfuração utilizados foram: uma máquina Bauer BG 28, e outra Bauer BG 15 cujas características são descritas em Bauer Maschinen GmbH (2015). A empreitada decorreu entre outubro e novembro de 2016.

Tabela 4.12 – Centro de formação de Benfica: quantidades e margens das estacas construídas

Quantidades e margens das estacas construídas		
Mobilização de equipamento	Mobilização / desmobilização (un)	1
Estacas	Estacas executadas (un)	34
	Comprimento total (m)	545,60
	Comprimento médio diário (m)	36,37
Controlo de custos	Margem total (%)	26,93
	Margem comercial (%)	31,97

Os terrenos intercetados pela perfuração eram constituídos por areias até 10 m de profundidade seguidas de areias argilosas que aumentam de compacidade em profundidade, até ao final da perfuração, conforme o preconizado no relatório geotécnico. Não foi intercetado o nível freático na perfuração das estacas.

4.3.2.4 Viaduto na Avenida Deolinda Rodrigues, Luanda

Esta empreitada (Figura 4.11) teve como propósito a execução das fundações profundas, estacas, para um viaduto com 238 m de comprimento, entre encontros, e 22 m de largura, na Avenida Deolinda Rodrigues, situada em Luanda na saída para leste. A obra era confinada em todas as frentes pela estrada de Luanda-Catete, que é a mais frequentada em Angola. Durante a empreitada, o empreiteiro geral teve de fazer três vezes desvios de trânsito. Esta situação, condicionou tanto os trabalhos, devido às constantes movimentações de equipamento, como a mobilidade dos utentes da via pública.



Figura 4.11 – Vista geral para leste da obra Viaduto Deolinda

Foram construídas 144 estacas, 60 recorrendo a bentonite e 84 a entubamento recuperável com 800 mm de diâmetro. As profundidades variaram entre 23,67 m

e 27,32 m, estando as quantidades executadas, assim como os resultados obtidos no controlo de custos resumidos na Tabela 4.13. A margem comercial prevista era de 30,12%, tendo a empreitada terminado com uma margem de 39,48%.

Os equipamentos de perfuração utilizados foram as máquinas BG 15 e BG 28 cujas características são descritas em Bauer Maschinen GmbH, (2015). A empreitada decorreu entre fevereiro e maio de 2017.

Tabela 4.13 – Viaduto na Deolinda Rodrigues: quantidades e margens das estacas construídas

Quantidades e margens das estacas construídas		
Mobilização do equipamento	Mobilização / desmobilização (un)	2
Estacas	Estacas executadas (un)	144
	Comprimento total (m)	3839,85
	Comprimento médio diário (m)	66,20
	Comprimento de estacas a bentonite (m)	2549,70
	Comprimento médio diário a bentonite (m)	43,96
	Comprimento de estacas entubadas (m)	1243,45
	Comprimento médio diário utilizando entubamento (m)	35,03
Controlo de custos	Margem total (%)	39,48
	Margem comercial (%)	30,12

Os terrenos intercetados pela perfuração eram areias até 14-15m de profundidade média seguidas por areias siltosas que aumentavam a compacidade em profundidade, até ao final da perfuração. O nível freático situava-se entre 8 e 10 m de profundidade, dependendo da cota à que se estava a perfurar. Tanto a litologia como a hidrologia encontrada estavam de acordo com o relatório geotécnico fornecido pelo Dono-de-obra.

O desafio principal nesta empreitada foi o tempo para a sua execução da mesma. O curto prazo (Tabela 4.8) deveu-se ao facto de a obra estar planeada para estacas dúcteis. Uma semana antes do seu início, o Dono-de-obra informou a entidade executante, representada pelo autor, de que não se podiam executar as estacas dúcteis, devido à presença de uma conduta de água, que atravessa a obra no sentido longitudinal e que não era possível saber o estado de conservação da mesma. O Dono-de-obra recebeu que as vibrações introduzidas no terreno pela cravação das estacas dúcteis pudessem descalçar a conduta e fraturá-la, ou que as vibrações a pudessem danificar. Tendo isto em conta, a entidade executante sugeriu ao Dono-de-obra que se realizassem estacas moldadas. Optou-se por estacas com vara “Kelly”, entubadas nas imediações da conduta e a bentonite

fora da sua influência. O trabalho apenas teve percalços com a interceção de infraestruturas de serviços enterrados, dos quais não existia cadastro e ao abrigo do contrato, a entidade responsável pelos danos era o Dono-de-obra⁵¹ e com inclusões de areia nas estacas entubadas. Esta situação, da inclusão de areias no fuste das estacas entubadas foi resolvida com a aplicação do método desenvolvido na presente dissertação e é apresentada no Capítulo 6.

4.3.2.5 Igreja Talatona, Luanda

Esta empreitada (Figura 4.12) consistiu na construção de uma igreja com cerca de 2500 m², em Talotona, Luanda Sul. Não existiam quaisquer confinamentos nas áreas de execução dos trabalhos.



Figura 4.12 – Vista para Sul da obra Igreja de Talatona

As estacas foram executadas com recurso a uma máquina BG 15, cujas características são descritas em Bauer Maschinen GmbH, (2015). Os trabalhos decorreram entre maio e junho de 2017.

Na construção das estacas, primeiramente utilizaram-se tubos recuperáveis e depois optou-se por usar bentonite. O diâmetro utilizado foi 800 mm e as profundidades ficaram compreendidas entre 11,5 m e 17 m, estando as quantidades, assim como os resultados obtidos no controlo de custos resumidos

⁵¹ Esta ocorrência não faz parte da gestão do risco desenvolvida no Capítulo 6 devido ao facto de ser de inteira responsabilidade do Dono-de-obra, e como tal, não acarretar custos para a entidade executante.

na Tabela 4.14. A margem comercial prevista era de 33,97%, tendo a empreitada terminado com uma margem de 29,17%.

Tabela 4.14 – Igreja Talatona: quantidades e margens das estacas construídas

Quantidades e margens das estacas construídas		
Mobilização de equipamento	Mobilização / desmobilização (un)	1
Estacas	Estacas executadas (un)	54
	Comprimento total (m)	817,00
	Comprimento de estacas a bentonite (m)	481,00
	Comprimento médio diário a bentonite (m)	43,73
	Comprimento de estacas entubadas (m)	336,00
	Comprimento médio diário utilizando entubamento (m)	35,37
Controlo de custos	Margem total (%)	29,17
	Margem comercial (%)	33,97

Os terrenos intercetados eram constituídos por 10-12 m de areias seguidas de areias argilosas até ao final da perfuração. O nível freático não foi intercetado. Estas informações correspondiam às constantes do relatório geotécnico do Dono-de-obra.

De salientar que o empreiteiro geral desta obra possuía, à data, um departamento de fundações especiais tendo iniciado os trabalhos, pressupostamente com a técnica de CFA. Contudo, estes foram interrompidos devido a uma avaria permanente no seu equipamento. A obra de fundações foi concluída pela empresa representada pelo autor e uma outra empresa construtora com departamento de geotecnia e fundações.

4.3.2.6 Ponte metálica da Boavista, Luanda

Esta empreitada (Figura 4.13) consistiu na execução de estacas para a fundação de uma ponte ferroviária metálica com 210 m de comprimento, entre encontros, e 6 m de largura na zona da Boavista, em Luanda, no âmbito da duplicação da linha Luanda-Catete, para duas vias. A obra desenvolvia-se paralelamente à ponte do caminho-de-ferro existente, a Leste, e a Oeste, a uma estrada. Foram executadas estacas de diâmetro 1080 mm com tubos recuperáveis e comprimentos entre 21 e 23 m, estando as quantidades, assim como os resultados obtidos no controlo de custos resumidos na Tabela 4.15. A margem comercial prevista era de 21,05%, tendo a empreitada terminado com uma margem de 33,86%.



Figura 4.13 – Vista para Oeste da construção da Ponte metálica da Boavista

Tabela 4.15 – Ponte metálica da Boavista, Luanda: quantidades e margens das estacas construídas

Quantidades e margens das estacas construídas		
Mobilização de equipamentos	Mobilização / Desmobilização (un)	1
Estacas	Estacas executadas (un)	60
	Comprimento total (m)	1361,94
	Comprimento médio diário (m)	30,27
Controlo de custos	Margem total (%)	33,86
	Margem comercial (%)	21,05

O equipamento de perfuração utilizado foi uma Bauer BG 28 cujas características constam de Bauer Maschinen GmbH, (2015). Os trabalhos decorreram de junho a agosto de 2017.

Os terrenos eram compostos por areias nos primeiros 10 m, seguidas por areias siltosas, até ao final da perfuração, com alguns estratos de arenito que não excediam 0,5m, mas que dificultavam a penetração do revestimento; esta situação implicou um acréscimo de custo no orçamento comercial, relativo à consideração do reforço do entubamento para garantir o atravessamento dos referidos estratos. Estes estavam descritos no relatório geotécnico fornecido, pelo que não geraram nenhum evento em fase construtiva. A presença do nível

freático, a cerca de 3 m abaixo da cota da plataforma dos trabalhos, implicou, que se mobilizassem para a obra tanques para servirem de retenção à água que saía da perfuração durante a betonagem e que não podia ser deixada na plataforma devido ao espaço exíguo ali disponível. Em ambas as situações, o custo das medidas de ação e conhecimento prévio destes perigos foram uma mais-valia orçamental.

4.3.2.7 Viaduto da Corimba, Luanda

Esta empreitada (Figura 4.14) consistiu na execução de estacas para a fundação de uma ponte rodoviária com 9 m de largura e 80 m de comprimento, entre encontros, na zona da Corimba, em Luanda, integrada no desenvolvimento da marginal sudoeste da cidade. A obra estava confinada em todas as frentes pela marginal da cidade.



Figura 4.14 – Vista para Leste da construção do Viaduto da Corimba

Foram executadas estacas, com tubos recuperáveis de diâmetro 880 mm e profundidades entre 18 m e 35 m, e com bentonite, de 800 mm de diâmetro e profundidades entre 16,1 m e 31,7 m, estando as quantidades totais efetuadas, assim como os resultados obtidos no controlo de custos resumidos na Tabela 4.16. A margem comercial prevista era de 20 %, tendo a empreitada terminado com uma margem de 16,08%. O equipamento de perfuração utilizado foi uma BG 28, descrita em Bauer Maschinen GmbH (2015). A obra decorreu entre setembro e dezembro de 2018.

Tabela 4.16 – Viaduto da Corimba: quantidades e margens das estacas construídas

Quantidades e margens das estacas construídas		
Mobilização de equipamentos	Mobilização / Desmobilização (un)	1
Estacas	Estacas executadas (un)	30
	Comprimento total (m)	701
	Comprimento médio diário (m)	27
	Comprimento de estacas a bentonite (m)	250
	Comprimento médio diário a bentonite (m)	36
	Comprimento de estacas entubadas (m)	451
	Comprimento médio diário utilizando entubamento (m)	24
Controlo de custos	Margem total (%)	16,08
	Margem comercial (%)	20

Os terrenos eram compostos por areias nos primeiros 5-10 m, seguidos por areias argilosas, até ao final da perfuração, com alguns estratos de arenito que não excediam 0,2 m. A presença do nível freático, a cerca de 10 m abaixo da cota da plataforma dos trabalhos, com influência das marés, implicou que se mobilizasse para a empreitada, uma central de bentonite, mesmo durante a execução das estacas com revestimento metálico recuperável, devido à ascensão das areias no interior dos tubos. As informações constantes do relatório geotécnico corresponderam ao encontrado durante a perfuração para a construção das estacas.

4.3.2.8 Viaduto do NAIL, Luanda

Esta empreitada (Figura 4.15) consistiu na execução de estacas para a fundação de uma ponte rodoviária com 15 m de largura e 100 m de comprimento entre encontros, na estrada de Luanda-Catete para o acesso ao NAIL. Não existiram confinamentos na execução dos trabalhos.

Foram executadas estacas a bentonite de diâmetro 1080 mm com comprimentos entre 23,60 m e 24,10 m e de diâmetro 1180 mm com comprimentos entre 23,60 m e 24,10 m, estando as quantidades totais dos trabalhos, assim como os resultados obtidos no controlo de custos resumidos na Tabela 4.17. A margem comercial prevista era de 24 %, tendo a empreitada terminado com uma margem de 49,25%.



Figura 4.15 – Vista para Norte da obra Viaduto da NAIL

Tabela 4.17 – Viaduto do NAIL: quantidades e margens das estacas construídas

Quantidades e margens das estacas construídas		
Mobilização de equipamentos	Mobilização / Desmobilização (un)	1
Estacas	Estacas executadas (un)	67
	Comprimento total (m)	1798,46
	Comprimento médio diário (m)	41,82
Controlo de custos	Margem total (%)	49,25
	Margem comercial (%)	24

O equipamento de perfuração utilizado foi uma BG 28, descrita em Bauer Maschinen GmbH (2015). Os trabalhos foram iniciados em outubro de 2018 e concluídos no início de janeiro do ano seguinte.

Os terrenos eram compostos por areias até 15 m de profundidade, seguidos por areias argilosas até ao final da perfuração. Não foi detetada a presença do nível freático, conforme o previsto no relatório geotécnico do projeto.

4.3.3 Empreitadas de estacas dúcteis

4.3.3.1 Viadutos sobre a Via Expressa, Luanda

Esta empreitada, (Figura 4.16) consistiu na execução de estacas dúcteis cravadas para as fundações de duas pontes rodoviárias sobre a Via Expressa, integradas no projeto de melhoramento de acessos ao NAIL. Os viadutos, com 80 m de comprimento, entre encontros e 19 m de largura, situam-se na estrada da Camana e na estrada do Zango, no local onde estas cruzam a Via Expressa. A obra estava

confinada pela Via Expressa, contudo, não houve impedimentos aos trabalhos, pois o trânsito foi desviado atempadamente pelo Dono-de-obra.



Figura 4.16 – Vista para Norte da construção dos Viadutos sobre a Via Expressa

Foram cravadas 848 estacas, não injetadas, verticais e inclinadas, com comprimentos compreendidos entre 19,5 e 22 m. Os tubos utilizados tinham: 118 mm de diâmetro e 7,5mm de espessura. A Tabela 4.18 apresenta os totais dos trabalhos realizados, assim como os resultados obtidos no controlo de custos.

Tabela 4.18 – Viadutos da Via Expressa: quantidades e margens das estacas construídas

Quantidades e margens das estacas construídas		
Mobilização de equipamentos	Mobilização / Desmobilização (un)	1
Estacas	Estacas executadas (un)	848
	Comprimento total (m)	13978,3
	Comprimento médio diário (m)	160,67
Controlo de custos	Margem total (%)	52,52
	Margem comercial (%)	38

As estacas foram executadas com recurso a uma giratória e a uma máquina Bauer MBG 12 (Bauer Spezialtiefbau GmbH 2010) ambas, munidas de martelos pneumáticos Atlas Copco MB 1700 para a cravação. Os trabalhos iniciaram-se em janeiro de 2017 e terminaram em maio seguinte. A margem comercial prevista na

empreitada era de 38% tendo os trabalhos terminado com uma margem de 52,52%.

Os terrenos eram compostos por areias até cerca de 16 m de profundidade seguidos de areias argilosas até ao término da cravação, determinado pela “nega” definida em projeto. Não foi detetada a presença do nível freático. Havia um conhecimento aprofundado da geologia por parte do empreiteiro de fundações, uma vez que tinha realizado a campanha de sondagens e o relatório geotécnico que forneceram os elementos de cálculo para o projeto.

4.3.3.2 Edifício habitacional no Zango, Luanda

Esta empreitada consistiu na cravação de estacas dúcteis para a fundação de um edifício habitacional no Zango, Luanda. O edifício era composto por seis pisos de quatro fogos, por piso, e a sua área de implantação era de 515 m². Não existiam quaisquer confinamentos aos trabalhos. As estacas foram executadas com recurso uma máquina Bauer MBG 12, munida de um martelo pneumático Atlas Copco MB 1700 como ferramenta de cravação acoplado a uma bomba de betão Putzmeister (Figura 4.17).



Figura 4.17 – MBG 12 na cravação de estacas dúcteis injetadas na obra do edifício habitacional no Zango

Foram cravadas 62 estacas dúcteis verticais. Os tubos utilizados tinham 118 mm de diâmetro, 7,5mm de espessura, prosseguiram até à profundidade de 18,1 m sendo injetados em todo o seu comprimento. Os trabalhos iniciaram-se em maio de 2017 e tiveram a duração de 2 semanas. As quantidades totais executadas, assim como os resultados obtidos no controlo de custos são resumidos na Tabela

4.19. A margem comercial prevista era de 40,6 %, tendo a empreitada terminado com uma margem de 52,17%.

Tabela 4.19 – Edifício habitacional no Zango: quantidades e margens das estacas construídas

Total dos trabalhos executados edifício habitacional no Zango		
Mobilização de equipamentos	Mobilização / Desmobilização (un)	1
Estacas	Estacas executadas (un)	62
	Comprimento total (m)	925,2
	Comprimento médio diário (m)	154,2
Controlo de custos	Margem total (%)	52,17
	Margem comercial (%)	40,6

De acordo com os dados geotécnicos fornecidos pelo Dono-de-obra os terrenos eram compostos por alternância de areias até cerca de 12 m e areias argilosas até ao término da cravação, determinado pela profundidade definida em projeto considerando o atrito lateral e a resistência de ponta. Não foi detetada a presença do nível freático.

4.3.3.3 Hospital do Cuíto, Bié

Esta empreitada (Figura 4.18) consistiu na cravação de estacas dúcteis para a construção de um hospital na cidade do Cuíto, província do Bié. O hospital é composto por edifícios modulares de dois pisos com implantação total 9970 m². Não existiam confinamentos à obra.



Figura 4.18 – Vista para Leste da obra do Hospital do Cuíto

Foram cravadas 790 estacas verticais. Os tubos utilizados tinham: 118 mm de diâmetro, 7,5mm de espessura, foram cravados a profundidades entre 20 e 24 m conforme definido em projeto e injetados em todo o seu comprimento. As quantidades totais executadas, assim como os resultados obtidos no controlo de custos são apresentados na Tabela 4.20. A margem comercial prevista era de 24 %, tendo a empreitada terminado com uma margem de 27,13%.

Tabela 4.20 – Hospital do Cuíto: quantidades e margens das estacas construídas

Quantidades e margens das estacas construídas		
Mobilização de equipamentos	Mobilização / Desmobilização (un)	1
Estacas	Estacas executadas (un)	790
	Comprimento total (m)	6677,2
	Comprimento médio diário (m)	185,48
Controlo de custos	Margem total (%)	27,13
	Margem comercial (%)	24

As estacas foram executadas com recurso uma Bauer MBG 12 (Bauer Spezialtiefbau GmbH 2010), munida de um martelo pneumático Atlas Copco MB 1700, para a cravação acoplado a uma bomba de betão Putzmeister. Os trabalhos foram iniciados em junho de 2018 e terminaram em agosto do mesmo ano.

Conforme o especificado no relatório geotécnico, os terrenos eram compostos por alternância de areias e areias muito finas em todo o comprimento da cravação. Era previsível a presença de blocos. Não foi detetada a presença do nível freático.

4.3.3.4 Empreendimento Nova Vida, Luanda

Esta empreitada (Figura 4.19) consistiu na execução de estacas dúcteis para as fundações de uma fase de edifícios na Centralidade da Nova Vida em Luanda Sul. Esta fase era constituída por nove edifícios, de 6 pisos com 766 m² de implantação cada um. Contudo, devido à conjuntura económica à data, o Dono-de-obra optou por executar apenas 4. Não existiam quaisquer constrangimentos à obra.

Foram cravadas 263 estacas verticais, não injetadas, por edifício, até à “nega” que ocorreu a profundidades entre 8 e 14 m. Os tubos utilizados tinham: 118 mm de diâmetro e 7,5mm de espessura. As quantidades totais executadas, assim como os resultados obtidos no controlo de custos são apresentados na Tabela 4.21. A

margem comercial prevista era de 26 %, tendo a empreitada terminado com uma margem de 33,43%.



Figura 4.19 – Vista para Leste da obra Empreendimento Nova Vida

As estacas foram executadas com recurso a uma Bauer MBG 12 (Bauer Spezialtiefbau GmbH 2010) e uma BG 15 (Bauer Maschinen GmbH 2015), munidas de martelos pneumáticos Atlas Copco MB 1700 para a cravação. Os trabalhos foram iniciados setembro de 2018 e terminados em fevereiro do ano seguinte, tendo havido uma paragem de 4 semanas no período do Natal.

Tabela 4.21 – Empreendimento Nova Vida: quantidades e margens das estacas construídas

Quantidades e margens das estacas construídas		
Mobilização de equipamentos	Mobilização / Desmobilização (un)	1
Estacas	Estacas executadas (un)	1052
	Comprimento total (m)	11.227,80
	Comprimento médio diário (m)	135,27
Controlo de custos	Margem total (%)	33,43
	Margem comercial (%)	26

Conforme o descrito no relatório geotécnico, os terrenos eram compostos por alternância de areias e areias argilosas em todo o comprimento de cravação. Não foi detetada a presença do nível freático. Pontualmente em um edifício foi detetada a presença de blocos em fase de execução.

“Se uma ideia, a princípio não te parecer absurda, então há esperança para essa ideia”

Einstein, s.d.

MODELO PROPOSTO PARA A GESTÃO DO RISCO

5.1. Considerações iniciais

Como referido, identifica-se uma lacuna no controlo e gestão do risco na fase construtiva de fundações profundas, nomeadamente em estacas. Pretende-se, assim, neste capítulo desenvolver um modelo prático adequado à utilização diária, na fase de construção, onde se possam avaliar os perigos e eventuais danos através de um processo de controlo de custos que facilite uma capacidade de decisão rápida como num *Risk Informed Decison-Making process* RIDM (Zio e Pedroni 2012), baseada na técnica construtiva e visando o controlo imediato dos custos envolvidos para ser utilizado em tempo real por diretores de produção ou de obra da entidade executante das fundações.

Descreve-se genericamente a metodologia proposta e os fundamentos em que se baseou para garantir que as decisões face à apreciação do risco sejam tomadas com base em custos, em tempo real. Na sequência, descrevem-se os perigos identificados com base em casos de obra de estacas realizadas em solos grosseiros em Angola e, com base nessa informação recolhida, propõe-se uma lista de verificação de perigos potenciais, as verossimilhanças para os eventos perigosos detetados e a classificação dos danos associados em termos do seu impacte nos

orçamentos. Adicionalmente, apresenta-se uma proposta para as classes de magnitude de risco a considerar, bem como um conjunto de árvores de eventos para analisar quantitativamente os riscos geológicos e geotécnicos, técnicos e humanos detetados em empreitadas de estacas moldadas e estacas dúcteis cravadas. Em seguida, propõe-se apreciar a ação a tomar face à classe de risco envolvida.

Finalmente, sugere-se um conjunto de diagramas de ação para mitigar os riscos CC e CD e, no caso de riscos que se tenham aceite e se concretizem ou para riscos DD, esses diagramas podem ser utilizados como medidas de contingência; indicam-se sempre os custos envolvidos para ajudar a selecionar, rapidamente, as medidas mais adequadas de modo sustentável.

5.2. Enquadramento geral da metodologia

A metodologia a aplicar é composta por:

- a) Análise de empreitadas selecionadas (ponto 4.2.2) essencialmente para a aplicação em estacas moldadas com vara “Kelly” e estacas dúcteis cravadas;
- b) Identificação dos perigos envolvidos, das verosimilhanças da ocorrência de eventos e dos danos;
- c) Magnitude dos riscos e eficiente determinação dos seus custos;
- d) Soluções técnicas e custos, com vista à aceitação, eliminação ou mitigação do risco;
- e) No caso de o risco ocorrer, fornecem-se as soluções técnicas (de contingência) para a respetiva resolução, numa ótica *best way out*.

Detalham-se seguidamente os itens referidos:

Nas obras escolhidas, a componente geológica e geotécnica, humana e técnica são semelhantes. As empreitadas analisadas servem, numa primeira abordagem, para identificar os eventos perigosos e as respetivas verosimilhanças da ocorrência, descritos adiante na secção 5.5 e, posteriormente, para comprovar a aplicabilidade do método são utilizados os casos descritos na secção 4.3. Verificam-se os perigos envolvidos, as respetivas verosimilhanças e danos.

Inicia-se a aplicação do método pela identificação de eventos que potencialmente podem ocorrer e não pelas falhas de acordo com os seguintes aspetos: i) A aplicabilidade na fase construtiva, tem de ser imediata e não existe tempo para

muitas inferências; ii) As consequências, ou falhas consideradas, são basicamente danos económicos para a empreitada, que o DO tem de controlar. Assim sendo, doravante utiliza-se o termo dano ao invés de consequência/falha. Esta decisão também se baseia no facto de, caso exista a efetivação dos perigos, não estarem geralmente associadas perdas de vidas humanas. O que se reflete nesta dissertação relaciona-se com a probabilidade de uma certa ocorrência existir num dado momento da execução da estaca. Tendo em conta que não existem tabelas nem estudos exaustivos dessa probabilidade, lida-se com este aspeto recorrendo à verosimilhança. Propõe-se um controlo económico dos eventuais danos na empreitada por comparação direta e rápida com o orçamento comercial e utilizando árvores de eventos.

Os riscos são calculados multiplicando a verosimilhança da ocorrência de um evento perigoso pelo correspondente dano, obtendo-se uma magnitude do risco. É então definido, se se aceita o risco, ou se mitiga, com base no custo de cada uma das decisões. Contudo, esta apreciação é feita para cada elemento de fundação isolado.

Seguidamente e sempre que necessário, determinam-se soluções técnicas com vista à eliminação ou mitigação do risco, identificando aquelas que podem ser adotadas para se atingir um nível de risco aceitável.

No caso de o risco ocorrer, fornecem-se ainda potenciais soluções técnicas para a resolução do evento numa perspetiva *best way out*. Estas soluções devem funcionar no caso de ocorrer um risco aceite, mitigado ou DD.

Desta forma, propõe-se lidar: com a caracterização do risco de forma simples e compreensível para assegurar um processo de tomada de decisões rápido (Aven, 2017), como se exige numa fase de construção.

O estudo desenvolvido nesta dissertação é conivente com a definição de van Staveren (2009) referida anteriormente no Capítulo 3, focado no processo de execução de fundações profundas, que no caso das estacas moldadas com vara “Kelly” e estacas dúcteis cravadas tem várias etapas (pontos 2.2.1 e 2.2.2, respetivamente), considerando os diversos danos associadas aos diferentes

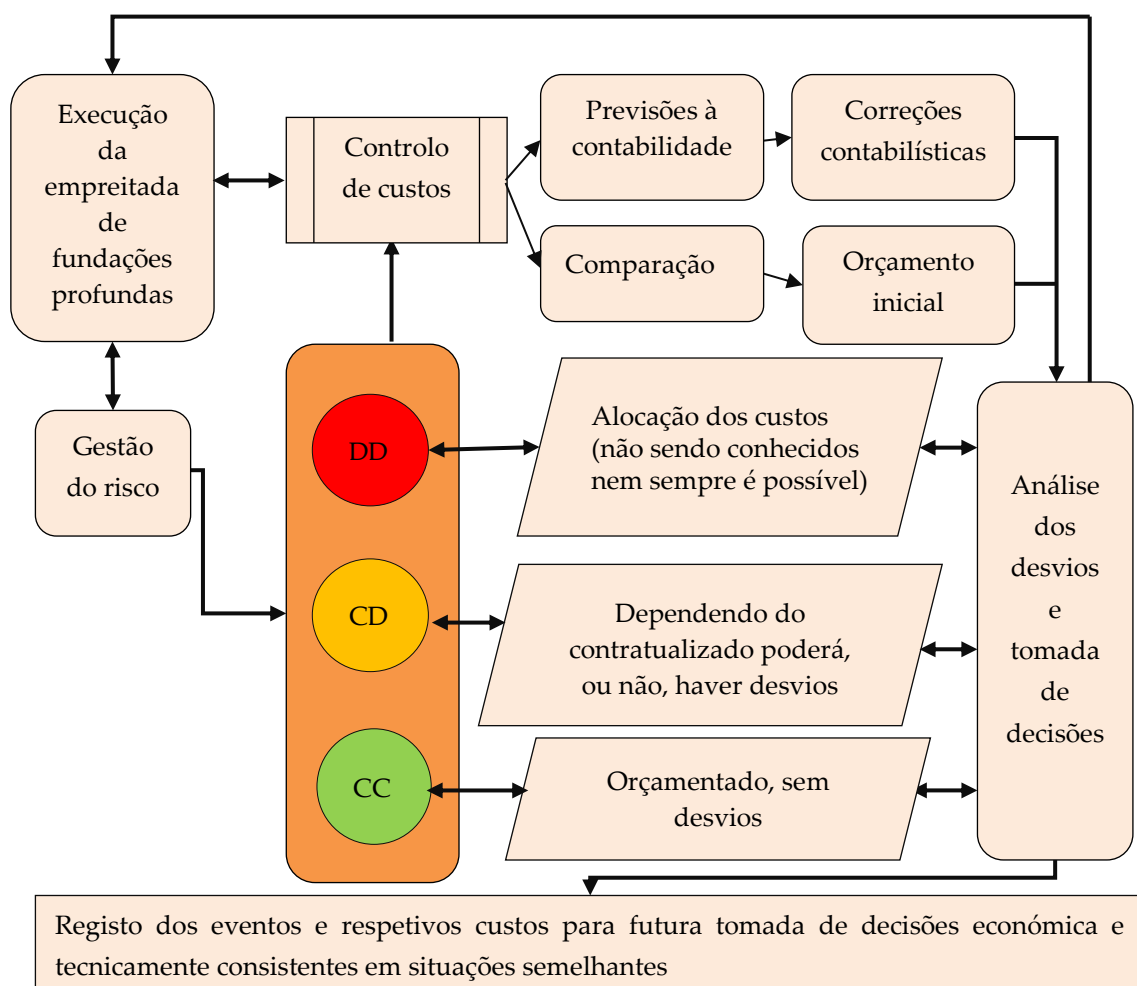
perigos, os interesses do executante, do adjudicatário⁵² e do dono de obra, abrange um leque de disciplinas como gestão, segurança, qualidade e engenharia; foca-se no sistema, sendo apoiado tanto pela técnica como pela gestão. Às vezes analisa-se apenas o risco e, outras vezes, gere-se o risco, respetivamente quando se trata de um elemento pontual em execução, como uma estaca isolada, ou quando se considera o conjunto de estacas a construir.

Partilha-se ainda o conceito de Whitman (2000), da complementarização de abordagens, isto é, consegue-se definir um custo, numericamente, no entanto para se definir uma probabilidade de ocorrência recorre-se à verosimilhança, de índole semi-quantitativa, baseadas em deduções e na experiência. Ainda segundo Whitman (*op. cit.*), as diferentes fases do projeto exigem abordagens diferentes na gestão do risco. Como já foi referido Capítulo 1, a metodologia desta dissertação aplica-se à fase construtiva, que se caracteriza por um período de tempo curto, relativamente à fase de exploração, pelo que a abordagem é mais simples. Contudo, refere-se ainda que o risco não terá apenas efeito momentâneo, mas também irá interagir com o desenvolvimento dos trabalhos (Deloitte e Touche 2012). A probabilidade de ocorrência de um evento depende do tempo e, na construção de uma estaca, pode-se considerar como unidade de referência a hora; contudo, o tempo de *vida útil* da mesma, deve ser da ordem de várias dezenas de anos. São escalas diferentes: uma dezena de anos (fase de exploração) corresponde a 87.600 h. Deste modo analisam-se os eventos terminais, de forma individual, antes dos danos, o que também se justifica pelo facto da gestão do risco considerada se basear em falhas económicas e financeiras, resultantes em desvios aos orçamentos da obra. Note-se que, nos casos considerados, os danos em fase de execução não se arrastam para a fase subsequente de exploração e, portanto, não há risco residual. Esta afirmação só pode ser realista considerando-se a existencia de um plano de controlo da qualidade adequado, que inclua um programa monitorização e ensaios eficaz.

A Figura 5.1 mostra como se pretende que seja a gestão do risco, com a interação da componente económica em tempo real, permitindo a análise dos desvios, considerando que o início do processo é a execução da empreitada.

⁵² É comum nas empreitadas de fundações, o adjudicatário e o dono de obra serem entidades diferentes devido à execução de fundações ser atribuída geralmente a empresas de fundações que, frequentemente, são subempreiteiros do empreiteiro geral ou adjudicatário.

O DO tem de acompanhar o desenrolar dos trabalhos da empreitada com um controlo de custos e com uma gestão dos riscos. O risco será qualificado como CC, CD, ou DD, conforme se mencionou anteriormente (Capítulo 3). O seu custo será estimado e alocado ao controlo de custos para se realizar uma análise dos desvios, por comparação com o orçamento inicial e, paralelamente, serão feitas previsões à contabilidade com correções contabilísticas. Cada um dos riscos referidos fornece geralmente um tipo de desvio. Uma vez concluída a análise dos desvios, decide-se qual a técnica mais adequada a adotar e o respetivo custo, para tratar o risco identificado. Este processo deve ser sempre acompanhado de um registo dos eventos e dos resultados verificados, para consulta posterior.



Mata et al. (2016b)

Figura 5.1 – Interação dos riscos com desvios e orçamentação numa empreitada de fundações profundas

O controlo de custos funcionará como previsão e simulação da obra e como previsão do custo associado às situações de perigo potencial por forma a poder-

se decidir se elas têm um risco que deve ser alvo de tratamento e, em caso afirmativo, qual o seu custo.

Paralelamente, pretende-se contribuir para o conhecimento deste tipo de situações para que as entidades executantes e os donos de obra possam precaver-se, contratualmente e evitar litígios poupando futuramente tempo e dinheiro aos *stakeholders*.

5.3. Aplicabilidade e descrição dos pressupostos do modelo

O modelo desenvolvido aplica-se a estacas moldadas com vara “Kelly” e a estacas dúcteis cravadas. Fundamenta-se nos casos de obra considerados e nas condicionantes geológicas, geotécnicas, culturais e económico-contabilísticas inerentes à localização geográfica da empreitada. Nesta investigação e como referido, os casos utilizados para testar a metodologia são de empreitadas em Angola, em solos grosseiros com intercalação de solos finos. Para aplicação noutras realidades, poder-se-á utilizar a mesma arquitetura, com adaptações, por parte dos interessados, inerentes às condicionantes acima citadas e adequadas à nova localização.

Tem-se como propósito desenvolver esquemas e diagramas que permitam, de uma forma simples, selecionar e adotar ações baseadas nos custos reais envolvidos e, consoante a apreciação do risco, aceitar o risco e intervir apenas caso se concretize, ou então eliminar ou mitigá-lo. Em particular, pretende-se aplicar o Custeio Baseado em Atividades – CBA, às empreitadas de fundações profundas e munir os intervenientes de uma metodologia padronizada e validada que permita conhecer em que atividade, ou atividades, da empreitada entram os custos referentes ao risco, e em que medida e como, se pode contribuir para obter um equilíbrio aceitável entre ambos. Paralelamente, esta forma de controlar os custos deverá ser coerente e comparável com as naturezas existentes na contabilidade analítica das empresas, para se poderem efetuar as respetivas correções e para que sejam perceptíveis a todos os intervenientes.

Em última análise, visa-se obter uma comparação entre os custos estimados pelo DO, com base nos requisitos técnicos e de segurança, e os previamente considerados na orçamentação comercial. Além disso, será também possível

comparar os custos previstos pelo DO com o orçamentado em tempo real permitindo, assim, tomar decisões sustentadas e não avaliar apenas o seu impacto após o lançamento dos valores dos custos pela contabilidade. Verifica-se que, muitas vezes, devido à curta duração da grande maioria das obras de fundações, quando se podem conhecer os valores do custo nos lançamentos contabilísticos, já a empreitada está terminada e não se pode tomar nenhuma decisão para a inverter a situação económica final. A metodologia deve possibilitar que sejam sempre feitas as comparações através da análise de desvios, quantificados monetariamente.

Utilizando uma identificação dos perigos e do controlo económico da empreitada, o DO deve preocupar-se com a gestão do risco, recorrendo para o efeito, ao esquema da Tabela 5.1, considerando o ponto de vista do executante, relativamente ao orçamentado na adjudicação da empreitada.

Tabela 5.1 – Perceção dos riscos *versus* orçamentação

Risco	Orçamentável	Não orçamentável
CC	OK	N/A
CD	OK	OK
DD	N/A	OK

As siglas da Tabela 5.1 são caracterizadas em seguida:

Risco CC orçamentável - Deverá ser analisado com base no projeto e na adequada investigação geológica e geotécnica para se conseguir chegar a um valor fidedigno. Estando a entidade executante na posse do conhecimento de um “Risco CC”, deve orçamentá-lo com a intenção de poder decidir se o elimina, mitiga ou incorre, isto sempre dentro de uma base aceitável de segurança/confiança;

Risco CD orçamentável – Corresponde a eventos que se conhecem e se suspeita estarem associados ao projeto e são da responsabilidade do executante. O custo inerente à efetivação do evento a que se refere o “Risco CD” poderá ser mitigado através de uma boa redação contractual, e ser assegurado com base na partilha de responsabilidades entre os diversos *stakeholders* e menos numa base de alocação direta e individual a uma identidade dessa responsabilidade. Essa alocação difere de país para país, pois há diferenças entre contratos. Coleman e Tipter (2016) referem este tema relativamente a estacas moldadas e salientam que se deve conhecer, adequadamente, os tipos de contratação em utilização no país

onde se desenrola a empreitada, bem como a necessidade de negociação específica, diretamente entre as partes e com os técnicos especialistas em fundações especiais, com a finalidade de se prever e precaver os riscos assim como a atribuição da responsabilidade relativa aos seus custos;

Risco CD não orçamentável - No caso de eventos conhecidos, mas que se desconhece estarem associados ao projeto, podendo ser da responsabilidade do executante ou da responsabilidade de outra entidade. A entidade executante deve precaver, na sua margem de lucro, um valor para tratar riscos conhecidos, mas que se encontram acima do aceitável;

Risco DD não orçamentável - Este risco poderá ser minimizado se a investigação geotécnica se estender pela fase de execução. A entidade executante não tem forma de se precaver, previamente, dos riscos que desconhece e não consegue conhecer, incluindo os que não estão inscritos num contrato. No entanto, se conseguirem ser contemplados, contratualmente, através de prospeção geotécnica complementar e/ou trabalhos permanentemente acompanhados por um especialista durante a fase de construção, pode-se mitigar estes riscos e incluí-los em “CD não orçamentável”.

Nesta fase, o acesso a todo o projeto numa base de dados 4D, conforme o sugerido por Mata et al., (2016a), contendo toda a informação geológico-geotécnica, implicaria ter de lidar apenas como uma pequena margem de riscos, os DD da Tabela 5.1. De acordo com aqueles autores, existiria uma base de dados geológicos onde todas as investigações geológicas e geotécnicas estariam registadas. Essa base de dados faria parte de um programa computacional que geraria os modelos 3D dos terrenos. Posteriormente, cada utilizador iria inserir o seu método executivo de fundações, parametrizar o espaço e tempo, e obter-se-ia uma modelação 4D da interação do método executivo com o meio geológico.

O que se pretende é implementar um processo para o controlo de custos de uma forma relativamente simples que pode funcionar apenas como um controlo das atividades a decorrer; no entanto, também pode ser utilizado como uma ferramenta de orçamentação para as diversas hipóteses de solução, sejam elas de ajustamento de projeto, ou de *best way out*. No caso de uma ocorrência danosa, é possível uma redução dos riscos. Assim sendo, todas as ações que sejam atribuídas à coluna “Não orçamentável” da Tabela 5.1, poderão ser quantificadas monetariamente. Utiliza-se o controlo de custos como uma ferramenta de decisão e previsão de riscos semelhante ao sugerido por Aven and Renn (2018).

O DO iniciaria o seu trabalho por uma análise cuidada do projeto, das condições geotécnicas e geológicas e das vicissitudes locais reais, contrapondo-as à adequabilidade do referido projeto. Nesta altura, recolheria toda a informação ao seu alcance, incluindo a relativa ao departamento comercial, em especial o orçamento e às premissas do projeto que o fundamentam. Em seguida, realizaria listas de verificação de perigos⁵³ e o orçamento de produção para compará-lo com o comercial. A empreitada seria iniciada com o respetivo orçamento baseado na realidade económica, possível naquele momento.

Somente após a realização do supracitado, partiria para uma esquematização dos perigos que poderia encontrar durante a execução das estacas. Para tal, aplicaria uma árvore de eventos como as que se apresentam nos pontos 5.5.5 e 5.5.6, sendo que estas podem ser utilizadas para os riscos CC ou CD.

A Figura 5.2 mostra como se correlacionam os conceitos mencionados. Os projetos iniciam-se devido à necessidade de se executar uma estrutura, após o que se investiga a sua exequibilidade, baseada essencialmente na informação geológica/geotécnica. Seguidamente, o Projetista elabora um projeto, onde considera certo tipo de riscos, sejam eles CC ou CD. Os riscos CC entram no projeto e, como tal, na orçamentação. Os CD geralmente não são contabilizados de forma assertiva nas obras de estacas, barretas e paredes moldadas, daí que na Figura 5.2 a linha esteja a tracejado, uma vez que normalmente são estimados e entram como um coeficiente de majoração ao custo.

⁵³ Semelhantes às constantes do Apêndice 3.

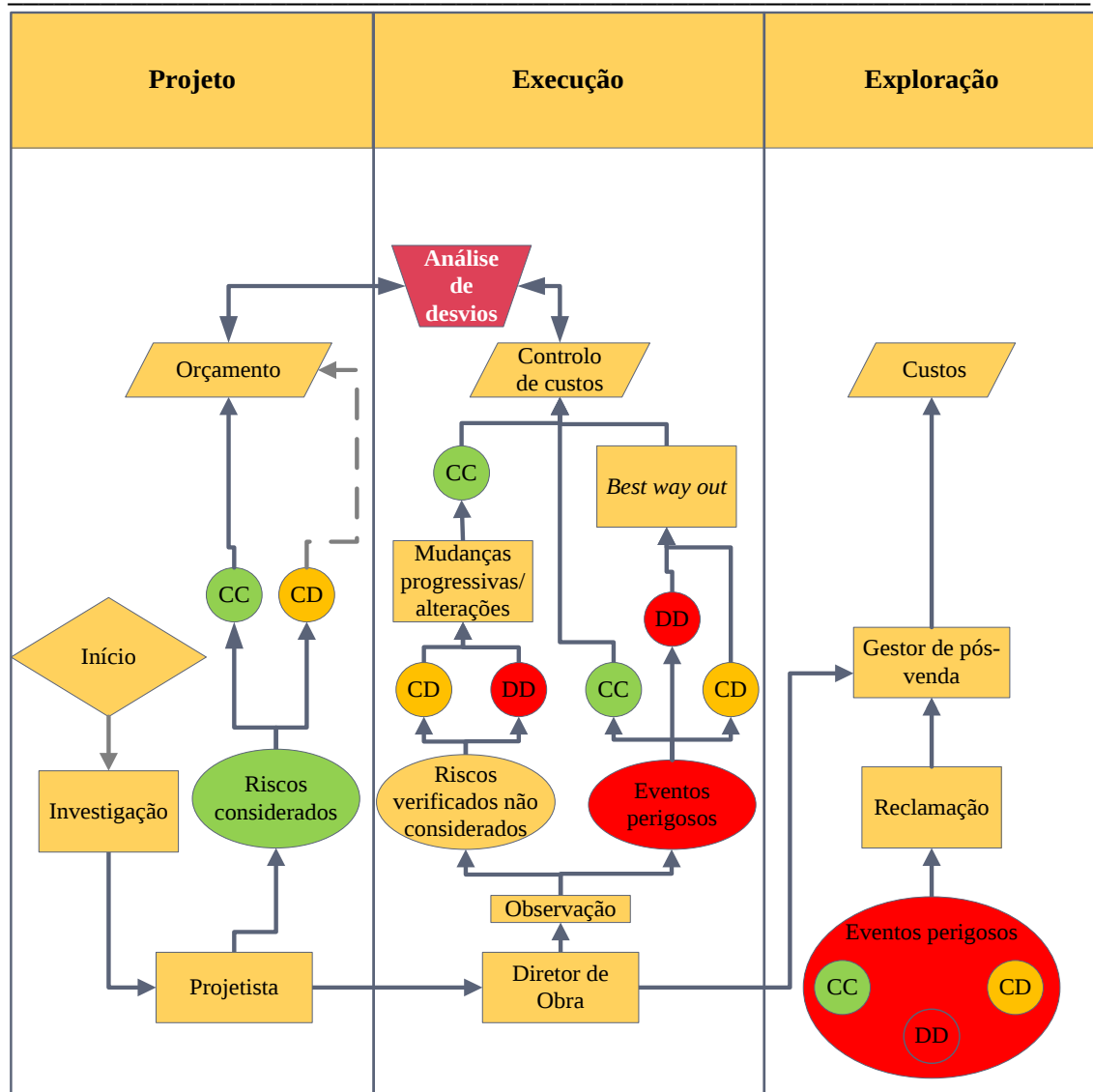


Figura 5.2 - Interação dos riscos versus custos nas fases de uma empreitada de construção

O DO, após ter analisado o projeto, inicia a sua execução. Se aplicar a gestão do risco durante a análise e realização dos trabalhos, é comum deparar-se com dois tipos de situações:

- Riscos verificados, não considerados no projeto, que podem ser CD ou DD;
- Perigos potenciais que provocam consequências mensuráveis e que as árvores de eventos propostas adiante (pontos 5.5.5 e 5.5.6) pretendem antever.

Concretizando para ambas as situações:

- Vão ser necessárias mudanças progressivas para tornar os riscos CD e DD, em CC. Com o controlo de custos, contabilizam-se economicamente essas alterações,

analisando o respetivo resultado de desvio ao orçamento executado para a proposta adjudicada. Assim, podem-se obter valores mais fidedignos para serem considerados em projetos vindouros com situações semelhantes, mas acima de tudo pode-se conhecer antecipadamente quais são as opções de mudança mais vantajosas para aquela obra.

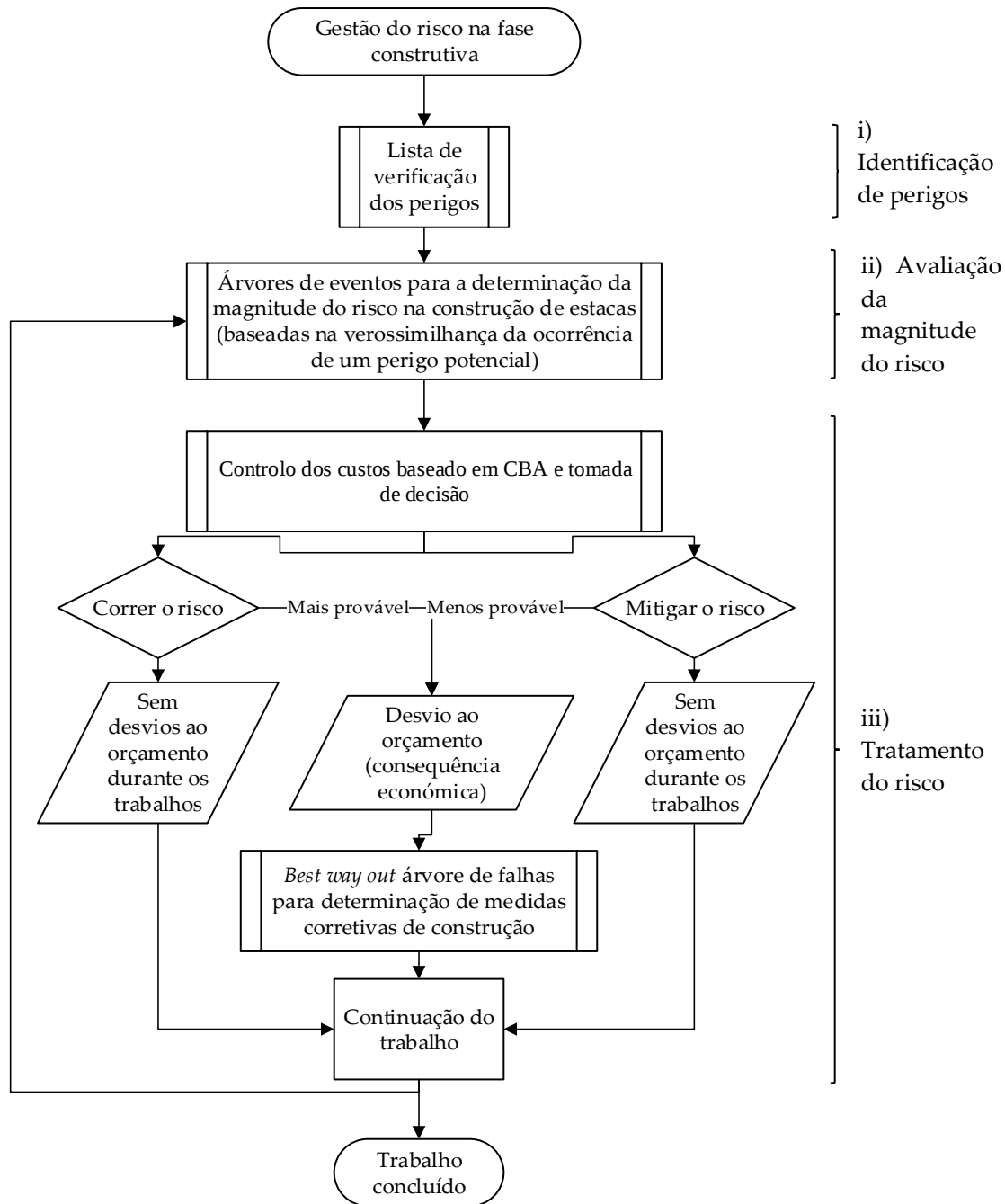
b) Os eventos perigosos e as consequências inerentes podem ser a concretização daqueles riscos, CC, CD ou DD. Se for um risco CC, tem a solução considerada na gestão do risco do projeto e está orçamentada. Se for um risco CD, pode ter solução, mas é comum não estar orçamentada, às vezes existe uma margem para estes eventos. Se for DD, o DO poderá considerar utilizar a opção *best way out* (secção 5.6). Também neste caso deve acompanhar-se a solução com um controlo de custos, com as vantagens já referidas na alínea anterior.

Quando o DO dá por concluída a empreitada, entrega a obra ao “gestor do pós-venda” e considera-se que ela passou à fase de exploração. Aqui podem existir eventualmente alguns eventos que levam a reclamações e, conseqüentemente, a custos adicionais. Essa análise encontra-se fora do âmbito desta investigação, no entanto está refletida na Figura 5.2, esperando-se que o seu custo venha a ser largamente mitigado ou eliminado pela gestão do risco adequada que se propõe desenvolver durante a construção das infraestruturas de fundação.

A Figura 5.3 esquematiza a metodologia para utilização em obra, sendo uma simplificação dos métodos comumente utilizados em gestão do risco (ver Capítulo 3).

As ações a desenvolver em obra são resumidas nas três fases representadas na Figura 5.3: i) Identificação do perigo; ii) Avaliação da magnitude do risco; iii) Tratamento do risco, que consiste na decisão acerca de aceitar, mitigar e/ou aplicar medidas corretivas. Na fase da decisão, o DO contará com os valores económicos, fundamentados pelo controlo de custos, de cada um dos cenários a incorrer, o que lhe permitirá decidir de uma forma sustentável, e onde consegue verificar os desvios ao orçamento comercial. É uma metodologia para ser aplicada em obra com o início dos primeiros trabalhos (estacas) ou já durante a construção, facultando respetivamente medidas e custos de mitigação ou medidas e custos corretivos, que apesar das semelhanças técnicas e económicas podem ser diferentes a nível financeiro, isto é para diferentes valores de custo se obter a mesma receita, fazendo variar a margem real. Resumindo, mitigando

antes da ocorrência o valor do custo é o da mitigação, aplicando medidas corretivas o valor do custo é o da correção adicionado ao que se perdeu.



Mata et al. (2021)

Figura 5.3 - Esquema da metodologia da gestão do risco a aplicar na construção de estacas

5.4. Processo de controlo do custo adequado à fase de construção

Um processo semelhante ao de Bles et al. (2003), referido no ponto 3.2.3, é proposto nesta dissertação, embora não com o propósito de definir a escolha do tipo de estacas, mas antes, estando estas a ser construídas, quais são as atividades e quais os eventos indesejados ou inesperados, sejam eles naturais, antrópicos ou tecnológicos, e os parâmetros que os influenciam, acrescentando-se uma vertente baseada em CBA que consiste na forma de valorizar, monetariamente, cada um destes cenários comparando-os ao comercialmente orçamentado para a elaboração da proposta adjudicada.

O processo de controlo de custos desenvolvido destina-se a ser utilizado em fase de construção, pelo responsável da obra, com a finalidade de se poder quantificar, monetariamente, as decisões, compará-las com as consideradas em fase comercial e, paralelamente, prevendo a margem final da empreitada de fundações. Posteriormente, ter-se-ia de contrapor os valores obtidos com os lançados na contabilidade, por naturezas, e executar as devidas correções para se obter um controlo efetivo e rigoroso dos custos associados à execução. O responsável da obra tem de conhecer como controlar os custos e quais os eventuais riscos e as técnicas de construção que se pode aplicar nas diversas situações, contabilizando-as monetariamente. Se não se estiver na posse deste tipo de conhecimento, deve-se ter uma pessoa na equipa que o faça.

O processo geral de como será o modelo de gestão a aplicar na fase construtiva, comparável com as naturezas contabilísticas utilizadas na empresa executante, inclui o fluxograma da Figura 5.4, onde os pontos 6 e 7 descrevem o procedimento a executar numa folha de cálculo, semelhante à constante do Apêndice 1. Neste caso, define-se o projeto num ficheiro de Excel que inclui um método de cálculo que permita estimar o custo da empreitada, por atividade e por natureza, baseado em rendimentos. Este ficheiro deve contemplar os princípios de CBA por natureza, podendo ser adaptado em cada empresa.

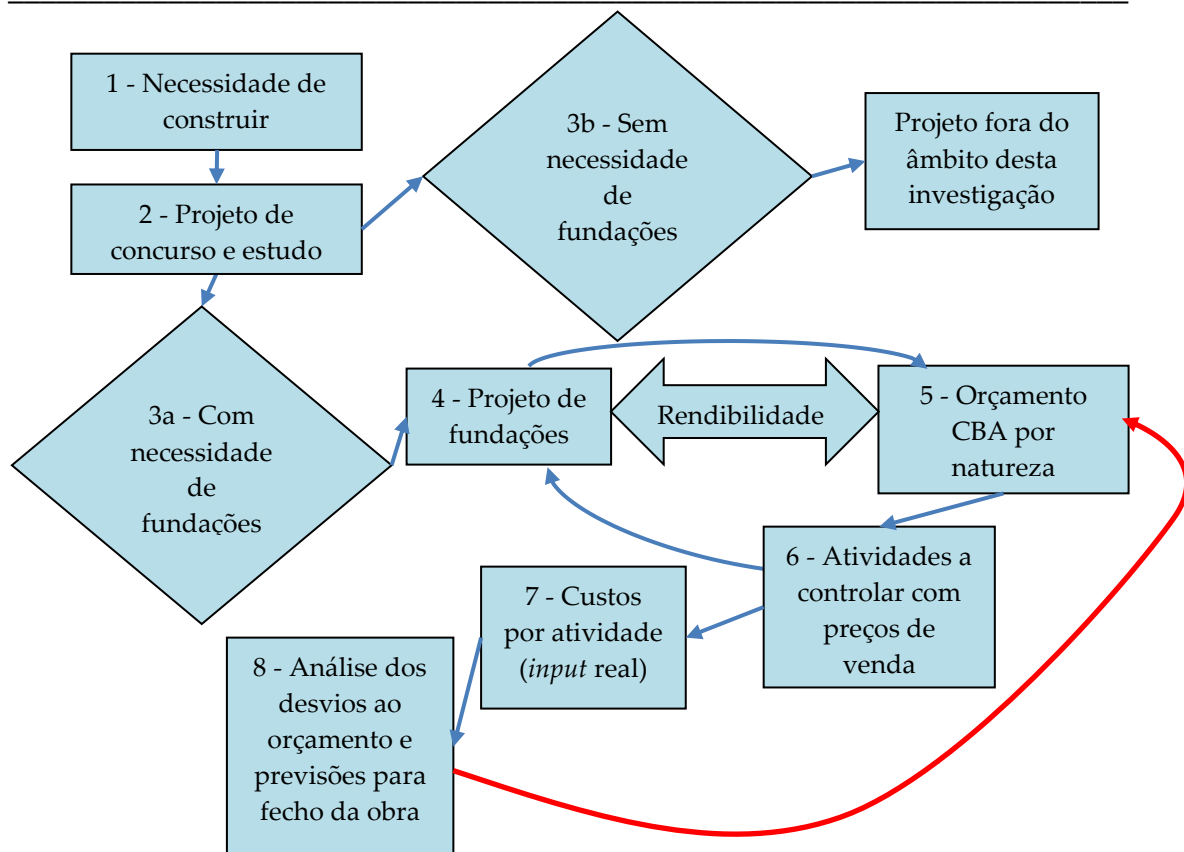


Figura 5.4 – Fluxograma do CBA por atividade ao longo da construção

Com vista à concretização da rentabilização (conforme a Figura 5.4) e considerando que os casos desta dissertação são fundamentados em estacas moldadas com vara “Kelly” e estacas cravadas de ferro dúctil (respetivamente pontos 4.3.2 e 4.3.3), equacionam-se os perigos, que podem ocorrer (ponto 5.5.1), as verosimilhanças (ponto 5.5.2) e os danos (ponto 5.5.3); calculam-se os custos e os riscos para as eventuais soluções técnicas eliminatórias ou mitigadoras e obtém-se o diagrama da Figura 5.5, que esquematiza o custo do risco e das soluções técnicas. Existirão, dessa forma, dois tipos de custo a ser considerados: o custo direto da mitigação do risco (através de soluções técnicas) e o custo do risco, que será tanto maior quanto maior for o risco que se incorrer. Sem qualquer mitigação, tem-se um custo do risco maior e, com mitigação, um custo nulo ou menor do risco ao qual se deve adicionar o da respetiva mitigação. Conforme o exposto na Figura 5.5 pretende obter-se um valor do risco com mitigação inferior ao aceitar o risco.

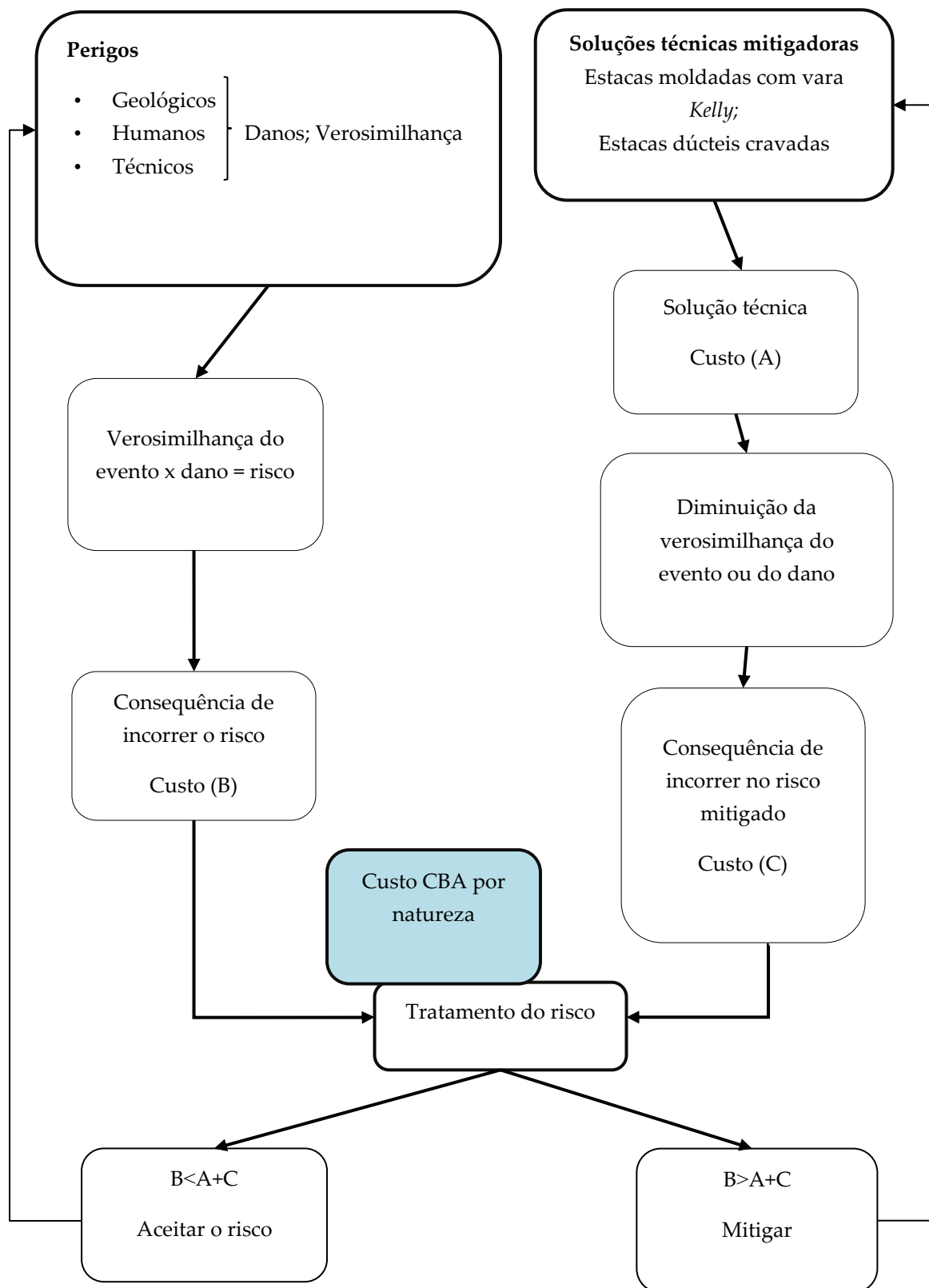


Figura 5.5 – Rendibilidade do custo do risco na fase construtiva

Tendo em conta o supracitado e contemplando as premissas do custo da Figura 5.5, em que se considera o custo (A), como aquele associado à, ou às, mitigações ou eliminação inerentes à alteração da solução técnica para diminuir a verosimilhança do dano; (B), é o custo relativo à reparação decorrente da efetivação do perigo, sem que tenha havido mitigação da verosimilhança do dano; (C) o custo relativo a incorrer o risco em caso da efetivação do perigo em que tenha havido mitigação incidindo na diminuição da verosimilhança da ocorrência.

O ideal será: $(A) + (C) < (B)$ (4.1)

Primeiro identificam-se os perigos, nomeadamente: geológicos e geotécnicos; humanos e técnicos. Verifica-se a verosimilhança do evento, o dano e calcula-se o risco, e decide-se correr o risco com um custo (B). Por outro lado, se se decidir mitigar ou eliminar, através das soluções técnicas⁵⁴, a solução vai ter um custo (A) e o que vai resultar é uma diminuição da verosimilhança do evento ou do dano que, por consequência, diminui o risco. Incorrer neste risco terá um custo (C). Após a análise destes custos (A), (B) e (C), que deve ser feita por CBA para se avaliar a quem é que os mesmos são alocados⁵⁵, toma-se a decisão:

- a) Corre-se o risco sem nenhuma ação, o que pode resultar num custo (B);
- b) Elimina-se ou mitiga-se o que tem à partida um custo (A);
- c) Mitigando, incorre-se num custo (C) no caso do risco se manifestar.

No caso de $B < A + C$, deve-se correr o risco; no caso de $B > A + C$, deve-se mitigar. Contudo, Crainich et al., (2015) referem que existe ambiguidade entre a vontade de pagar para a redução da probabilidade e, consequentemente, mitigar o risco, e a aversão ao risco. A ambiguidade surge porque o investimento na mitigação piora o resultado económico e, no caso de ocorrer o evento adverso, influencia negativamente a utilidade da riqueza do investidor. Ainda assim, segundo Spross et al. (2015), os critérios para decidir tratar um risco baseiam-se em práticas geotécnicas estabelecidas e na experiência do engenheiro em projetos

⁵⁴ Como soluções técnicas, consideram-se as que se referem a alterações no processo construtivo, no equipamento ou na melhoria de formação dos intervenientes.

⁵⁵ Os custos podem ser alocados internamente na empresa, apurando a responsabilidade da sua ocorrência, para tal é necessário serem classificados com as naturezas contabilísticas corretas e saber a que situações correspondem. Também podem ser alocados externamente; neste caso basta saber a que correspondem e apresentá-los à entidade responsável pelos mesmos.

prévios, considerando as possíveis consequências. De acordo com Hansson (2010), pretende-se uma análise do risco que otimize a redução do mesmo, equacionando o valor despendido nessa ação.

Na situação em que se elimina o risco, o que se pretende é que o custo da eliminação seja inferior ao do risco, sendo a comparação entre estes dois custos direta.

5.5. Implementação da metodologia na construção de estacas moldadas com vara “Kelly” e dúcteis cravadas

Como referido, a análise do risco preconizada nesta dissertação é de aplicação em fase construtiva, que se considera desde o momento em que o projeto é entregue à equipa que gere a empreitada, normalmente liderada pelo DO. Os riscos com que o DO se deve preocupar de imediato são os CC, conhecidos e que se preveem para a obra; seguidamente, deve-se identificar os que conhece com base na sua experiência e no conhecimento de situações semelhantes, mas que desconhece se se vão efetivar na empreitada, os riscos CD. O objetivo é ter planos de contingência orçamentados. Estas etapas descrevem-se em seguida.

5.5.1 Perigos identificados nas empreitadas analisadas

O perigo pode ser definido como a fonte potencial de dano (Comissão Técnica 180, 2017) isto é, uma condição com potencial para causar consequências indesejáveis (Oboni e Oboni, 2020). É pela identificação dos perigos potenciais que se inicia a aplicação desta metodologia baseada nas técnicas de construção de estacas.

Os perigos podem ser os mais variados e dependem da perceção de cada um (Rozell, 2020), contudo os considerados nesta investigação baseiam-se na experiência do autor, em empreitadas de construção de estacas moldadas com vara “Kelly” e dúcteis cravadas. Consideram-se os perigos incluídos na Tabela 5.2 e na Tabela 5.3 como geradores dos eventos ocorridos nas empreitadas consideradas.

Conforme referido no Capítulo 4, os perigos associados à construção de estacas em solos sedimentares podem ser de índole (Mata et al., 2021):

- a) Geológica e geotécnica - aqueles que têm como fonte potencial do dano a geologia ou as características geotécnicas dos terrenos sedimentares.

Consideram, geralmente, as maiores condicionantes à construção, bastando pequenas variações na litologia ou no nível freático para todo o processo construtivo ter de ser repensado. Mesmo com uma excelente campanha de prospeção geotécnica, podem sempre existir situações imponderáveis, intrínsecas aos depósitos sedimentares; de facto não é economicamente sustentável ter uma sondagem para cada estaca a construir;

- b) Humana, que têm como fonte potencial do dano as equipas de intervenientes devido à falta de conhecimentos. A formação e experiência das equipas de construção são também relevantes para a construção de fundações. A cultura local influencia de forma direta a produtividade, sendo necessário conhecer os costumes para se poder maximizar a produtividade. Não se considera nesta investigação o erro humano, uma vez que nos casos em que se baseou este estudo ele nunca se verificou, correspondendo-lhe assim uma verosimilhança nula.
- c) Técnica, que têm como origem a inadequação ou incapacidade do equipamento. A disponibilidade de equipamento é condicionada pela capacidade de meios da empresa executante, mas também pela localização geográfica das empreitadas, uma vez que uma empresa pode possuir os meios necessários, mas não estarem disponíveis localmente.

Nas tabelas seguintes enumeram-se os perigos, geológicos e geotécnicos, humanos e técnicos, associados às técnicas construtivas de estacas moldadas com fluidos estabilizadores, entubadas e estacas dúcteis cravadas que se usam para validar o modelo da gestão do risco, sendo esses perigos subdivididos em perigos explícitos.

Na Tabela 5.2 sintetizam-se os perigos verificados nas obras referidas no ponto 4.2.2 e relativos a obras de estacas contruídas com vara “Kelly”.

Na Tabela 5.3 listam-se os principais perigos identificados na construção de estacas dúcteis cravadas (referidas no ponto 4.2.2) em solos, predominantemente grosseiros, e que decorrem mais frequentemente do terreno, nomeadamente a presença de calhaus ou blocos.

Além dos perigos inumerados existem muitos outros que não se manifestaram nas empreitadas analisadas impedindo o cálculo de uma verosimilhança da ocorrência, pelo que os mesmos não são utilizados neste estudo.

Tabela 5.2 – Estacas com vara “Kelly”: principais perigos na construção

Técnica	Perigos construtivos		
	Geológicos e geotécnicos	Humanos	Técnicos
Com suspensão bentonítica	• Presença de cascalheiras ou blocos • Presença de argilas que contaminam a bentonite • Presença de água salobra ou salgada	• Fraco domínio da técnica	• Inadequação do método ou do equipamento
Com tubos moldadores	• Ocorrência de zona rochosa ou blocos • Presença de areias e níveis freáticos artesianos		
A seco, com tubo guia	• Nível freático • Litologia sem capacidade autoportante		

Tabela 5.3 – Estacas dúcteis cravadas: principais perigos na construção

Técnica	Perigos construtivos		
	Geológicos e geotécnicos	Humanos	Técnicos
Não injetadas	• Profundidade anormal do terreno passível de “nega” • Presença de calhaus ou blocos	• Fraco domínio da técnica construtiva	• Inadequação do método ou do equipamento
Injetadas	• Presença de calhaus ou blocos		

Refere-se que os perigos identificados nas duas técnicas construtivas de estacas dúcteis cravadas (injetadas e não injetadas) apenas diferem na profundidade do

terreno passível de nega, o que em princípio deverá ser determinado antes do início dos trabalhos⁵⁶, mitigando ou eventualmente eliminando este perigo.

5.5.1.1 Perigos verificados nas empreitadas de estacas moldadas

O conhecimento da evolução temporal da construção de uma estaca é importante para se poder antecipar eventos. Na construção de estacas, em que estabilização da perfuração recorra a um fluido estabilizador, do tipo bentonite ou polímero, a produção processar-se-ia de acordo com a Figura 5.6.

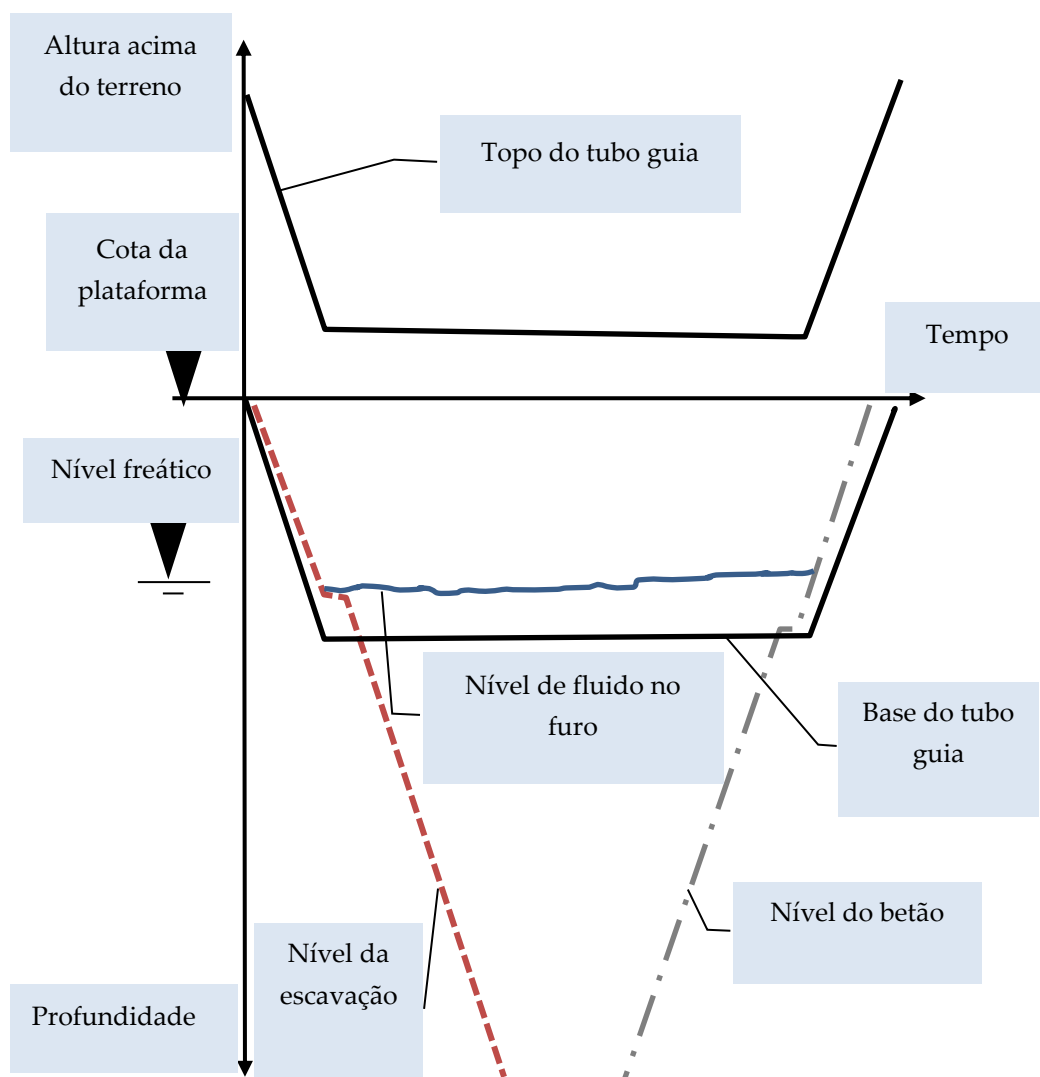


Figura 5.6 – Processo de produção para estacas com recurso a fluido estabilizador

⁵⁶ A forma mais comum de se identificar as profundidades que as estacas dúcteis cravadas vão atingir é correlacionando-as com os resultados dos ensaios SPT.

A determinação dos perigos foi sustentada pela ocorrência de eventos verificados nas empreitadas descritas no Capítulo 4. A caracterização detalhada dos eventos e dos perigos explícitos, inclui-se no ponto 5.5.5, à medida em que se explicam as árvores de eventos definidas.

Na Tabela 5.4 apresentam-se os eventos verificados nas empreitadas de estacas moldadas realizadas com suspensões bentoníticas, referidas no ponto 4.2.2.

Tabela 5.4 – Eventos ocorridos em estacas moldadas com suspensões bentoníticas em Angola

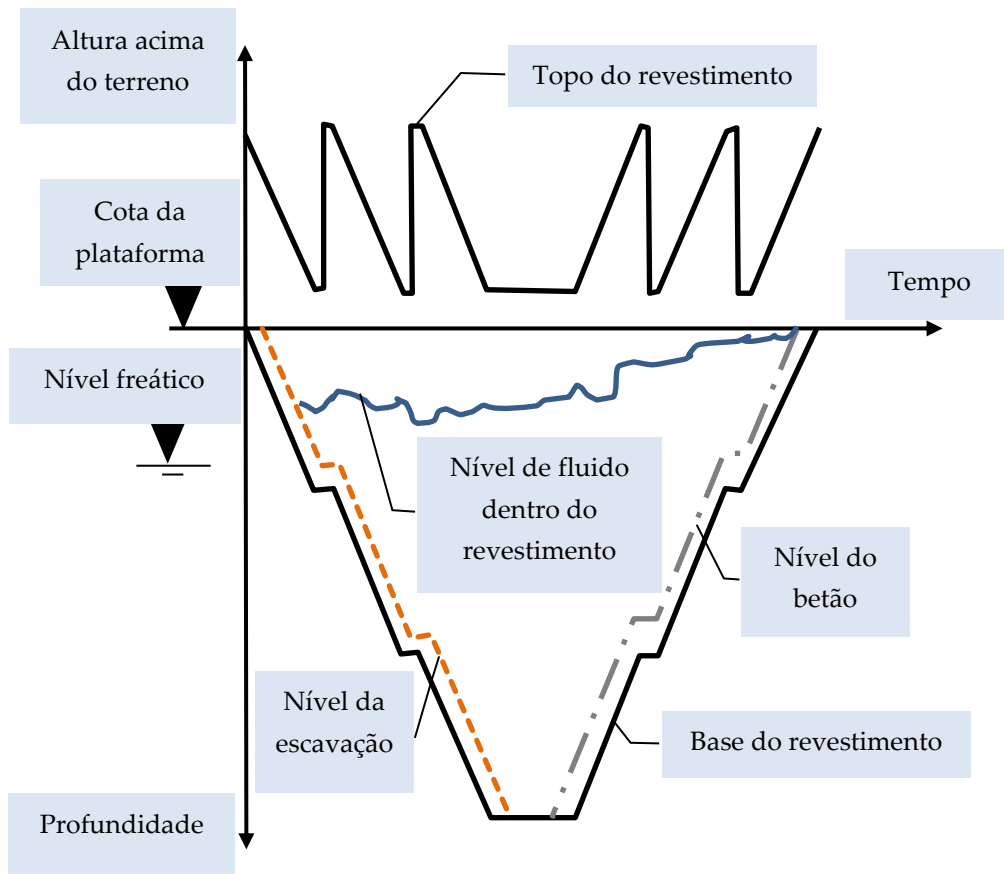
Eventos	Perigos	
	Explícito	Tipo
Colapso da perfuração	Presença de cascalheiras ou blocos	Geológicos e geotécnicos
Perda de fluído estabilizador		
Impedimento do avanço da perfuração		
Aumento da densidade	Presença de argilas que contaminam a bentonite	
Perda da tixotropia		
Floculação da bentonite	Presença de água salobra ou salgada	
Perda da tixotropia		
Desempenho inadequado	Fraco domínio da técnica	Humanos
Diminuição da eficiência ou impedimento da perfuração	Inadequação do método ou equipamento	Técnicos

Na Tabela 5.5 apresentam-se os eventos verificados nas empreitadas de estacas moldadas realizadas com suspensões poliméricas, referidas no ponto 4.2.1.

Tabela 5.5 – Eventos ocorridos em estacas moldadas com suspensões poliméricas

Eventos	Perigos	
	Explícito	Tipo
Colapso da perfuração	Presença de cascalheiras ou blocos	Geológicos e geotécnicos
Perda de fluído estabilizador		
Impedimento do avanço da perfuração		
Colapso da perfuração	Presença de aquíferos com variação do nível em areias muito permeáveis	
Impedimento do avanço da perfuração		
Desempenho inadequado	Fraco domínio da técnica	Humanos
Diminuição da eficiência da perfuração	Inadequação do método ou equipamento	Técnicos

O conhecimento da evolução temporal da construção de uma estaca é importante para se poder antecipar eventos. No caso de estacas moldadas com tubos moldadores recuperáveis, o processo de produção pode ser esquematizado de acordo com a Figura 5.7.



(Katzenbach e Leppla 2016, adaptado)

Figura 5.7 – Processo de produção para estacas com tubo moldador recuperável

Na Tabela 5.6 apresentam-se os eventos verificados nas empreitadas de estacas moldadas realizadas com tubos moldadores, referidas no ponto 4.2.2.

Tabela 5.6 – Eventos ocorridos em estacas moldadas com tubos moldadores em Angola

Eventos	Perigos	
	Explícito	Tipo
Impedimento do avanço da perfuração	Presença de cascalheiras ou blocos	Geológicos e geotécnicos
Aumento do tempo da perfuração		
Subida de areia no interior dos tubos moldadores	Presença de areias com nível freático artesianos	
Desempenho inadequado	Fraco domínio da técnica	Humanos
Diminuição da eficiência da perfuração	Inadequação do método ou equipamento	Técnicos

Na Tabela 5.7 apresentam-se os eventos verificados nas empreitadas de estacas moldadas realizadas com tubo guia, referidas no ponto 4.2.1.

Tabela 5.7 – Eventos ocorridos em estacas moldadas com tubo guia em Angola

Eventos	Perigos	
	Explícito	Tipo
Colapso da perfuração	Presença de nível freático	Geológicos e geotécnicos
	Litologia sem capacidade autoportante	
Desempenho inadequado	Fraco domínio da técnica	Humanos
Diminuição da eficiência da perfuração	Inadequação do método ou equipamento	Técnicos

5.5.1.2 Perigos identificados nas empreitadas de estacas dúcteis cravadas

Como o referido no ponto anterior, a determinação dos perigos foi sustentada pela ocorrência de eventos, verificados nas empreitadas. A descrição detalhada dos eventos apresenta-se no ponto 5.5.5, para a explicação das respetivas árvores.

Na Tabela 5.8 apresentam-se os eventos verificados nas empreitadas de estacas dúcteis cravadas não injetadas, referidas no ponto 4.2.2.

Tabela 5.8 – Eventos ocorridos em estacas dúcteis cravadas não injetadas em Angola

Eventos	Perigos	
	Explícito	Tipo
Execução de uma estaca esbelta	Profundidade do terreno passível de “nega”	Geológicos e geotécnicos
Encurvamento da estaca	Presença de calhaus ou blocos	
Obtenção de falsa nega		
Desempenho inadequado	Fraco domínio da técnica	Humanos
Diminuição da eficiência ou impedimento da cravação	Inadequação do método ou equipamento	Técnicos

Na Tabela 5.9 apresentam-se os eventos verificados nas empreitadas de estacas dúcteis cravadas não injetadas, referidas no ponto 4.2.2.

Tabela 5.9 – Eventos ocorridos em estacas dúcteis cravadas injetadas em Angola

Eventos	Perigos	
	Explícito	Tipo
Encurvamento da estaca	Presença de calhaus ou blocos	Geológicos e geotécnicos
Impedimento da progressão		
Desempenho inadequado	Fraco domínio da técnica	Humanos
Diminuição da eficiência ou impedimento da cravação	Inadequação do método ou equipamento	Técnicos

Para a aferição dos perigos mais comuns na construção das estacas moldadas e cravadas elaborou-se uma *Checklist* exemplificativa, de verificação, para se identificarem previamente alguns desses perigos, assim como, os perigos explícitos (Apêndice 3).

5.5.2 Verossimilhanças para a ocorrência de eventos perigosos

Segundo Eskesen et al. (2004), nos túneis pode-se calcular a probabilidade de ocorrência de um dado evento com base em tabelas publicadas ou com base nos pareceres de profissionais da área. Para as fundações profundas sugere-se que uma equipa de técnicos, diretores de obra e investigadores sejam consultados para a realização destas empreitadas, pois na área da geotecnia, uma análise documentada por especialistas é frequentemente considerada mais adequada do que apenas os cálculos matemáticos (Schubert, 2004).

Cada responsável pela empreitada de construção de fundações, deve definir a relação respetiva entre o custo da consequência e a margem comercial por unidade da atividade considerada na obra, baseado nas premissas do orçamento comercial ou de produção, com um valor baseado na percentagem dessa mesma relação. Pode assim implementar uma tabela de magnitude do risco, $R = \text{Dano} \times \text{Verossimilhança}$ ⁵⁷ (Tabela 5.28), e realizar árvores de eventos idênticas às que se apresentam no ponto 5.5.5.

Tendo em conta a necessidade de se obter uma probabilidade da ocorrência, e em virtude de não existirem tabelas com essas probabilidades para a execução de

⁵⁷ Simplificando a equação (1.1) para um risco único e utilizando a verossimilhança correspondente

estacas, propõe-se uma escala qualitativa, composta pelas seguintes classes: 5 - Muito frequente; 4 - Frequente; 3 - Ocasional; 2 - Raro; 1 - Muito raro. Esta escala de verosimilhança baseia-se no conceito descrito por Cândido (2010) para os túneis e nas definições das probabilidades de danos do Project Management Institute (2017), mas ajustada com base na experiência do autor, uma vez que, como referido anteriormente, não existem publicações relativas às ocorrências de eventos na construção de estacas que permitam designar as classes supracitadas de uma forma apenas quantitativa. Os valores adotados incluem-se nas Tabela 5.10 a Tabela 5.13, baseadas na quantidade, em metros, respetivamente, de estacas moldadas e estacas dúcteis cravadas, executadas nas obras seleccionadas para a obtenção de dados (ponto 4.2.2).

Tabela 5.10 – Verosimilhança da ocorrência de eventos para estacas moldadas com vara “Kelly” e suspensão bentonítica em Angola

Verosimilhança	Classe	Eventos em 19.548 m
Muito frequente	5	> 40
Frequente	4	21 a 40
Ocasional	3	11 a 20
Raro	2	4 a 10
Muito raro	1	< 4

Tabela 5.11 - Verosimilhança da ocorrência de eventos para estacas moldadas com vara “Kelly” e tubos moldadores em Angola

Verosimilhança	Classe	Eventos em 5.355 m
Muito frequente	5	> 10
Frequente	4	5 a 10
Ocasional	3	3 a 4
Raro	2	=2
Muito raro	1	=1

Tabela 5.12 – Verosimilhança da ocorrência de eventos para estacas dúcteis cravadas não injetadas em Angola

Verosimilhança	Classe	Eventos em 38.663m
Muito frequente	5	> 80
Frequente	4	40 a 80
Ocasional	3	20 a 40
Raro	2	8 a 20
Muito raro	1	< 8

Tabela 5.13 - Verosimilhança da ocorrência de eventos para estacas dúcteis cravadas injetadas em Angola

Verosimilhança	Classe	Eventos em 6.030m
Muito frequente	5	> 12
Frequente	4	6 a 12
Ocasional	3	3 a 5
Raro	2	=2
Muito raro	1	=1

Exemplificando, na operação de betonagem, os danos em fase construtiva são quase sempre a perda da estaca, por corte, por inclusão de impurezas ou por subida da armadura. Na Tabela 5.14 resume-se esta afirmação.

Tabela 5.14 – Exemplo de danos em operação de betonagem de estacas moldadas com vara “Kelly”

Ação	Perigo	Eventos	Verosimilhança	Danos
Manobras com coluna de betonagem	Fraco domínio da técnica	Corte no fuste da estaca	2	Perda da estaca = valor de execução de mais uma estaca ou injeção de colagem da mesma + arrastamento de estaleiro
Retirada dos tubos moldadores		Inclusão de material do terreno no fuste da estaca		

Os valores de verosimilhanças apresentados referem-se às realidades verificadas nas obras seleccionadas (secção 4.2) e que devem apenas ser adotados quando os principais perigos geológicos e geotécnicos, humanos e técnicos forem semelhantes e tendo em consideração a sua natureza semi-quantitativa. Seguidamente, resumem-se as verosimilhanças verificadas por tipo de técnica construtiva e por evento relativamente ao dano causado. As verosimilhanças da ocorrência de um evento perigoso semelhante podem ter valores diferentes, ou não, consoante o perigo explícito ou dano a que esse evento corresponda. Na Tabela 5.15 apresentam-se as verosimilhanças da ocorrência de eventos perigosos em estacas moldadas com suspensão bentonítica.

Tabela 5.15 – Verosimilhanças da ocorrência de eventos perigosos em estacas moldadas suspensões bentoníticas

Perigos	Evento	Verosimilhança (classe)	Dano
Geológicos e geotécnicos	Colapso da perfuração	1	Perda da estaca
		2	Sobreconsumo
	Perda de fluído estabilizador	4	Colapso da estaca
		3	Perda de rendimento
	Impedimento do avanço da perfuração	1	Impedimento da execução
	Aumento da densidade da bentonite	3	Impedimento ou dificuldade na bombagem
	Perda da tixotropia	3	Colapso da estaca
		4	Perda de rendimento
	Floculação da bentonite	3	Colapso da estaca
Humanos	Desempenho inadequado	1	Colapso da estaca
		2	Perda de rendimento
		3	Registo incompleto ou inexistente de um evento
Técnicos	Diminuição da eficiência da perfuração	1	Colapso da estaca
		2	Paragem da perfuração
		3	Perda de rendimento

A Tabela 5.16 inclui as verosimilhanças da ocorrência de eventos perigosos verificados em estacas moldadas com suspensões de polímero.

Tabela 5.16 – Verosimilhanças da ocorrência de eventos perigosos em estacas moldadas com fluído estabilizador de polímero

Perigos	Evento	Verosimilhança (classe)	Dano
Geológicos e geotécnicos	Perda de fluído estabilizador	2	Colapso da estaca
		3	Perda de rendimento
	Impedimento do avanço da perfuração	1*	Impedimento da execução
	Colapso da perfuração	1	Perda da estaca
		2	Sobreconsumo
	Impedimento do avanço da perfuração	2*	Impedimento da execução
Humanos	Desempenho inadequado	1	Colapso da estaca
		2	Perda de rendimento
		3	Registo incompleto ou inexistente de um evento
Técnicos	Diminuição da eficiência da perfuração	1	Colapso da estaca
		3	Perda de rendimento
			Paragem da perfuração

*Os valores de verosimilhanças diferentes para um mesmo evento e um mesmo dano devem-se a perigos explícitos diferentes, como nas figuras 5.15 e 5.16.

A Tabela 5.17 mostra as verosimilhanças da ocorrência de eventos perigosos na construção de estacas moldadas com tubos moldadores.

Tabela 5.17 – Verosimilhanças da ocorrência de eventos perigosos em estacas moldadas com tubos moldadores

Perigos	Evento	Verosimilhança (classe)	Dano
Geológicos e geotécnicos	Impedimento do avanço da perfuração	1	Impedimento da execução
	Aumento do tempo de perfuração	3	Perda de rendimento
	Ascensão da areia no interior dos tubos moldadores	1	Impedimento da execução
			Inclusões no fuste da estaca
		3	Subida da armadura
Humanos	Desempenho inadequado	2	Perda de rendimento
		3	Registo incompleto ou inexistente de um evento
Técnicos	Diminuição da eficiência da perfuração	1	Paragem da perfuração
		2	Perda de rendimento

A Tabela 5.18 apresenta as verosimilhanças da ocorrência de eventos perigosos na construção de estacas moldadas com tubo guia.

Tabela 5.18 – Verosimilhanças da ocorrência de eventos perigosos em estacas moldadas com tubo guia

Perigos	Evento	Verosimilhança (Classe)	Dano
Geológicos e geotécnicos	Colapso da perfuração	1	Perda da estaca
		2	Sobreconsumo
Humanos	Desempenho inadequado	2	Perda de rendimento
		3	Registo incompleto ou inexistente de um evento
Técnicos	Diminuição da eficiência da perfuração	1	Paragem da perfuração
		2	Perda de rendimento

A Tabela 5.19 inclui as verosimilhanças da ocorrência de eventos perigosos na execução de estacas dúcteis cravadas não injetadas.

Tabela 5.19 – Verosimilhanças da ocorrência de eventos perigosos em estacas dúcteis cravadas não injetadas

Perigos	Evento	Verosimilhança (classe)	Dano
Geológicos e geotécnicos	Execução de uma estaca esbelta	1	Abandono da técnica
			Perda da estaca
	Encurvamento da estaca	2	Perda de rendimento
		3	Registo incompleto ou inexistente de um evento
	Obtenção de falsa “nega”	1	Abandono da técnica
		2	Perda da estaca
Humanos	Desempenho inadequado	2	Perda de rendimento
		3	Registo incompleto ou inexistente de um evento
Técnicos	Diminuição da eficiência ou impedimento da cravação	1	Paragem da cravação
		2	Desvio ou desaprumo da estaca
		4	Perda de rendimento

A Tabela 5.20 mostra as verosimilhanças da ocorrência de eventos perigosos na execução de estacas dúcteis cravadas injetadas.

Tabela 5.20 – Verosimilhanças da ocorrência de eventos perigosos em estacas dúcteis cravadas injetadas

Perigos	Evento	Verosimilhança (classe)	Dano
Geológicos e geotécnicos	Encurvamento da estaca	1	Abandono da técnica
			Perda da estaca
	Impedimento da progressão	1	Abandono da técnica
		2	Perda da estaca
		3	Recálculo da capacidade
Humanos	Desempenho inadequado	3	Perda de rendimento
		4	Registo incompleto ou inexistente de um evento
Técnicos	Diminuição da eficiência ou impedimento da cravação	1	Paragem da cravação
		2	Desvio ou desaprumo da estaca
		4	Perda de rendimento

5.5.3 Principais danos associados identificados

Desenvolve-se uma classificação contabilizável economicamente para os danos. Os valores económicos e a classificação do dano baseiam-se no custo percentual da respetiva solução de reparação, face ao custo executivo, que é o valor

monetário da construção da estaca, sem desvios ao orçamento comercial. Os custos correspondem aos do sistema de contabilidade das empresas, pelo que não se efetua o seu cálculo, contudo podem ser determinados recorrendo a uma folha de cálculo semelhante à que se apresenta no Apêndice 1.

Os custos fixos da estrutura, que influenciam os custos das empreitadas, são diferentes em cada empresa e, como tal, devem ser fornecidos pelo respetivo departamento financeiro ou de contabilidade. Estes valores, fornecidos pelo sistema contabilístico podem ser usados diretamente; contudo, o responsável económico da empreitada deve aferi-los, pois é comum verificarem-se lançamentos errados na contabilidade. Estes erros devem-se, sobretudo, a lançamentos fora da natureza a que correspondem, geralmente por falta de comunicação entre a produção e a contabilidade.

Sempre que a percentagem do custo executivo dos danos é variável, adota-se o pior valor, uma vez que é utilizado para se calcular a magnitude do risco. Segundo Cox (2008), esta solução diminui a possibilidade de inconsistência na matriz do risco, que posteriormente é utilizada para decidir o tratamento do risco. A Tabela 5.21 apresenta a classe numérica dos danos, variando de 1 (menor) a 6 (maior), mediante a percentagem do custo construtivo associado. Esta classificação é utilizada no modelo aqui proposto.

Tabela 5.21 – Classe dos danos em função da percentagem do custo construtivo associado

% do custo executivo	Classe do dano
+ de 100	6
80 a 100	5
60 a 79	4
40 a 59	3
20 a 39	2
1 a 19	1

A descrição dos danos associados é efetuada à medida que os mesmos são incluídos nas árvores de eventos no ponto 5.5.5.

A Tabela 5.22 e a Tabela 5.23 listam os danos considerados para as estacas moldadas com fluidos estabilizadores, respetivamente, bentonite e polímero em função da percentagem do custo construtivo e da respetiva classe.

Tabela 5.22 – Danos em estacas moldadas utilizando suspensões de bentonite e respectivas classes

Danos	% do custo executivo	Classe do dano
Paragem da perfuração	75 a +100	6
Perda da estaca	100	5
Impedimento da execução	20 a 75	4
Colapso da estaca	40 a 55	3
Impedimento ou dificuldade na bombagem	15 a 35	2
Sobreconsumo de betão	10 a 25	2
Perda de rendimento	1 a 15	1
Registo incompleto ou inexistente de um evento	1 a 10	1

Tabela 5.23 - Danos em estacas moldadas utilizando suspensões com polímeros e respectivas classes

Danos	% do custo executivo	Classe do dano
Paragem da perfuração	65 a +100	6
Impedimento da execução	35 a +100	6
Perda da estaca	100	5
Colapso da estaca	40 a 55	3
Registo incompleto ou inexistente de um evento	5 a 50	3
Sobreconsumo de betão ⁵⁸	10 a 25	2
Perda de rendimento	1 a 15	1

A Tabela 5.24 e a Tabela 5.25 incluem os danos adotados para as estacas moldadas com tubos moldadores e com tubos guia, respetivamente, em função da percentagem do custo construtivo e da respetiva classe de dano.

Tabela 5.24 – Danos em estacas moldadas com tubos moldadores e respetivas classes

Danos	% do custo executivo	Classe do dano
Paragem da perfuração	65 a +100	6
Inclusões no fuste da estaca	20 a 100	5
Impedimento da execução	50 a 85	5
Subida da armadura	25 a 65	4
Perda de rendimento	1 a 10	1
Registo incompleto ou inexistente de um evento	1 a 10	1

⁵⁸ Subentenda-se que, quando nas figuras se refere sobreconsumo, é relativamente ao betão.

Tabela 5.25 – Danos em estacas moldadas a seco com tubo guia e respetivas classes

Danos	% do custo executivo	Classe do dano
Paragem da perfuração	De 65 a +100	6
Perda da estaca	100	5
Sobreconsumo	10 a 25	2
Perda de rendimento	1 a 15	1
Registo incompleto ou inexistente de um evento	1 a 10	1

A Tabela 5.26 e a Tabela 5.27 listam os danos considerados para as estacas dúcteis cravadas, respetivamente não injetadas e injetadas, em função da percentagem do custo executivo e da classe atribuída.

Tabela 5.26 – Danos em estacas dúcteis cravadas não injetadas e respetivas classes

Danos	% do custo executivo	Classe do dano
Abandono da técnica	100 ou +	6
Perda da estaca	100	5
Desvio ou desaprumo da estaca	20 a 75	4
Paragem da cravação	5 a 65	4
Perda de rendimento	1 a 50	3
Registo incompleto ou inexistente de um evento	1 a 10	1

Tabela 5.27 – Danos em estacas dúcteis cravadas injetadas e respetivas classes

Danos	% do custo executivo	Classe do dano
Abandono da técnica	100 ou +	6
Perda da estaca	100	5
Desvio ou desaprumo da estaca	De 20 a 75	4
Paragem da cravação	De 5 a 65	4
Perda de rendimento	De 1 a 65	4
Registo incompleto ou inexistente de um evento	De 1 a 10	1
Recálculo da capacidade	5	1

5.5.4 Análise e avaliação dos riscos

Nesta investigação, a avaliação dos riscos contempla efetivamente quer a magnitude do dano, quer os custos económicos inerentes, estando o conceito de custo ou de proveito incluído no risco (Garvey, 2014). A Tabela 5.28 (Mata et al.

2021) utiliza-se para definir o tratamento do risco para um valor máximo de verosimilhança de 5 (Tabela 5.10 a 5.13) e do dano de 6 (Tabela 5.21). Esta tabela é semelhante às utilizadas por outros autores. nomeadamente por Kalsnes et al. (2016) ou Cândido (2010) e a sua utilização permite decidir, em fase de construção, se se elimina, mitiga ou se incorre o risco.

Tabela 5.28 – Magnitude dos riscos

Classes da verosimilhança	Classes do dano					
	1	2	3	4	5	6
1	1	2	3	4	5	6
2	2	4	6	8	10	12
3	3	6	9	12	15	18
4	4	8	12	16	20	24
5	5	10	15	20	25	30
Magnitude do risco						
Aceitável Significativo Elevado Intolerável						

Para os riscos da construção de uma estaca, aceitáveis, elevados e intoleráveis, a decisão é imediata; contudo, para os riscos significativos torna-se mais difícil de decidir (Cox, 2008). Nessa zona de fronteira, dependendo dos valores financeiros envolvidos, das condições contratuais e da autonomia e conhecimento de factos influenciáveis do risco por parte do responsável, assim se deverá optar pela sua mitigação ou não. Nesta abordagem atribuíram-se classificações económicas com as mesmas nomenclaturas do risco considerando quatro magnitudes para facilidade de leitura, comparação e compreensão. Estas magnitudes são determinadas mediante a margem económica dos projetos em apreço, sendo que sempre que se consuma a mesma com a implicação económica, o risco deve ser considerado intolerável. Contudo, o que é intolerável depende das políticas internas de cada empresa. Existem também situações em que o risco individual, apesar de ser aceitável ou significativo, deve ser mitigado. A Figura 5.8 representa a forma como a implicação económica do risco do conjunto de estacas altera a ação sugerida face ao risco singular. Sendo a avaliação do risco singular aceitável e havendo uma implicação económica, tem de se avaliar ainda o risco total das estacas a construir. Consoante essa implicação económica associada aumenta, assim se deve mudar a atuação perante o risco. No caso de se partir de um risco significativo, a situação é abordada de forma semelhante; contudo, como o ponto de partida após a verificação da “Implicação económica” é mais

significativo, já se está num patamar de risco mais elevado, portanto a ação sugerida na mitigação do mesmo será mais exigente.

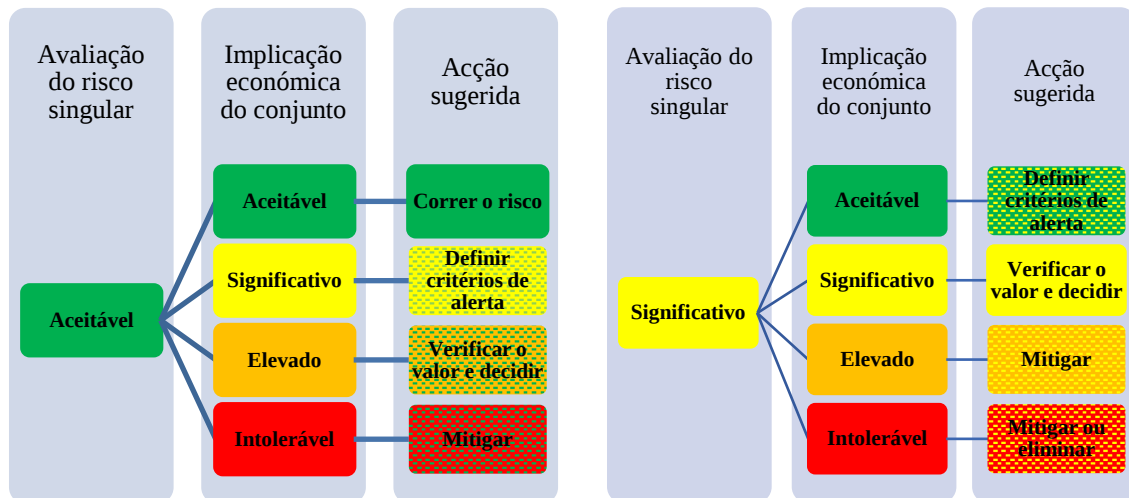


Figura 5.8 – Riscos aceitáveis e significativos *versus* implicações económicas e ações sugeridas

Por exemplo, considere-se um conjunto de estacas onde o solo das paredes do furo vai derrocando durante a sua perfuração, mas no final mantém-se estável para a betonagem. Isto acontece frequentemente em areias argilosas, quando se está a perfurar com fluído estabilizador, de densidade controlada, nomeadamente bentonite, e com diâmetros superiores a 600 mm. Para uma estaca singular, existe risco na fase de construção aceitável, que se pode traduzir num mero sobreconsumo de betão. Contudo, no total da empreitada, pode-se ter um desvio considerável ao orçamento comercial e a implicação económica ser intolerável. Então, apesar do risco ser tecnicamente aceitável, o mesmo deve ser mitigado ou mesmo eliminado por motivos económicos. Se apenas se ficasse pela análise do risco em fase construtiva sem o inerente controlo de custos com previsão orçamental para o final da empreitada, não se iria dar o ênfase necessário à situação exemplificada, terminando-se a empreitada provavelmente com um resultado económico inferior ao expectável. Apesar desta constatação se assemelhar a uma confirmação do óbvio, em fase construtiva e caso não exista um CBA que seja diretamente comparável com os dados contabilísticos, não é possível ser implementada.

Este procedimento inicia-se a partir do tipo de perfuração e por tipo de solo envolvido classificado de acordo com o diagrama de Feret (Figura 4.1). Nas situações em que se encontram mais do que um tipo de solos, dever-se-á adotar como solução técnica de perfuração a que garanta o suporte do trecho com

comportamento geotécnico mais crítico. Por exemplo, ao perfurar alternâncias de camadas de areias e argilas e na ausência de nível freático, deve-se considerar as argilas mais estáveis do que as areias, e aplicar-se o método mais conveniente para as sustentar, como se exemplifica na Figura 5.9.

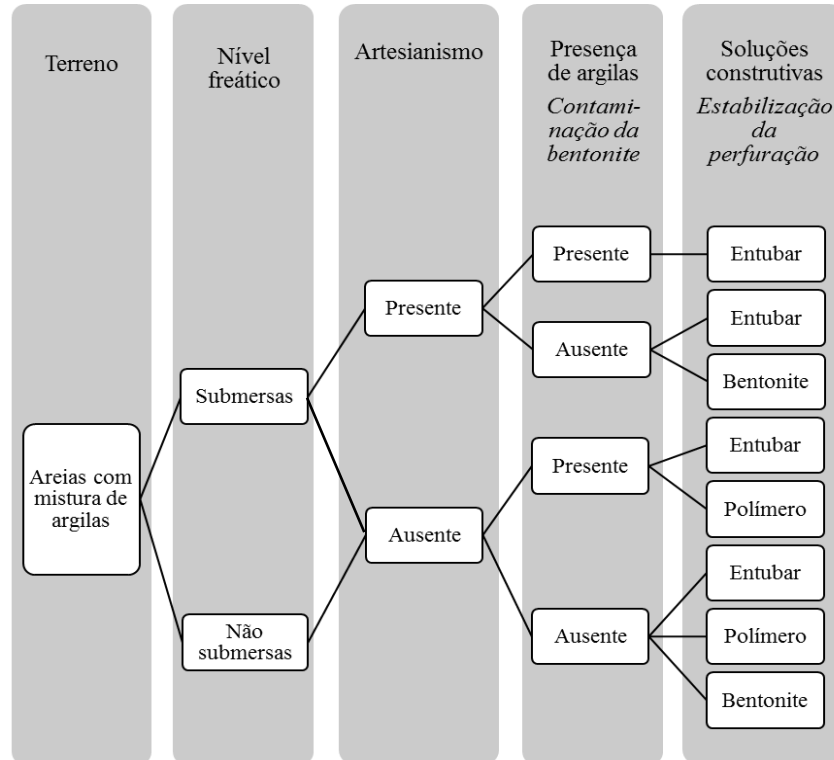


Figura 5.9 – Fluxograma exemplificativo de seleção do método de perfuração na presença de alternâncias de areias e argilas

Esta figura demonstra como realizar-se uma análise de uma situação construtiva. Contudo, estes diagramas só podem ser relacionados com riscos CC ou CD, pois para os riscos DD só se consegue procurar uma solução depois do perigo se manifestar. Neste processo, deve-se adotar uma abordagem “modificações progressivas” como o recomendado pelo EC7 (NP EN1997-1, 2010), mas ao concretizar-se um perigo desconhecido, deve-se passar para uma abordagem *Best way out*.

5.5.5 Árvores de eventos para estacas moldadas

As árvores de eventos apresentadas em seguida referem-se sempre a perigos, eventos perigosos e danos em fase construtiva. As figuras são compostas de 5 caixas principais, cinzentas: Perigo; Evento; Ocorrência; Danos; Riscos. Os valores que se encontram entre as caixas de “Ocorrência” e de “Danos” são as

verosimilhanças para a ocorrência. Cada um dos danos já está acompanhado da sua classe numérica.

Os valores das verosimilhanças estão de acordo com as Tabela 5.10 a 5.13. Os valores inscritos nas caixas dos danos, correspondem aos apresentados na Tabela 5.21 e discriminados na Tabela 5.22 e da Tabela 5.24 à Tabela 5.27.

Os riscos são obtidos através de uma equação semelhante à Equação (3.1), aplicada apenas a uma consequência de uma dada ocorrência, ou potencial impacte, no caso Dano (D), multiplicado pela verosimilhança (v), Equação (5.1).

$$R = D \times v \quad (5.1)$$

Os riscos assim obtidos são classificados de acordo com as classes da Tabela 5.28.

Nas descrições das árvores de eventos que se apresentam seguidamente, descrevem-se os “Perigos”, “Eventos” ou “Danos” na primeira árvore em que aparecem, mantendo-se doravante a respetiva descrição.

5.5.5.1 Recorrendo a suspensões bentoníticas

a) Perigos geológicos e geotécnicos

A Figura 5.10 representa a árvore de eventos relativa ao perigo “**Presença de cascalheiras ou blocos**” e descreve o que pode suceder na construção. Esta ocorrência na construção de estacas moldadas a bentonite, pode despoletar três eventos: colapso da perfuração; perda de fluido estabilizador e impedimento do avanço da perfuração⁵⁹ - Tabela 5.4.

O evento “Colapso da perfuração” concretiza-se quando, durante a escavação, a parede do furo se desmorona, parcial ou totalmente, devido à presença de calhaus ou blocos, mas sem se registar perda de fluido estabilizador. Este acontecimento verifica-se quando os calhaus ou blocos estão envoltos numa matriz argilosa ou areno-argilosa que confere uma certa impermeabilidade à camada com grossos de maior calibre, mas que a bentonite não estabiliza eficazmente.

⁵⁹ Sempre que ocorra mais do que um evento, considera-se o de risco mais elevado para o cálculo dos custos; esta afirmação aplica-se a todas as árvores de eventos deste capítulo.

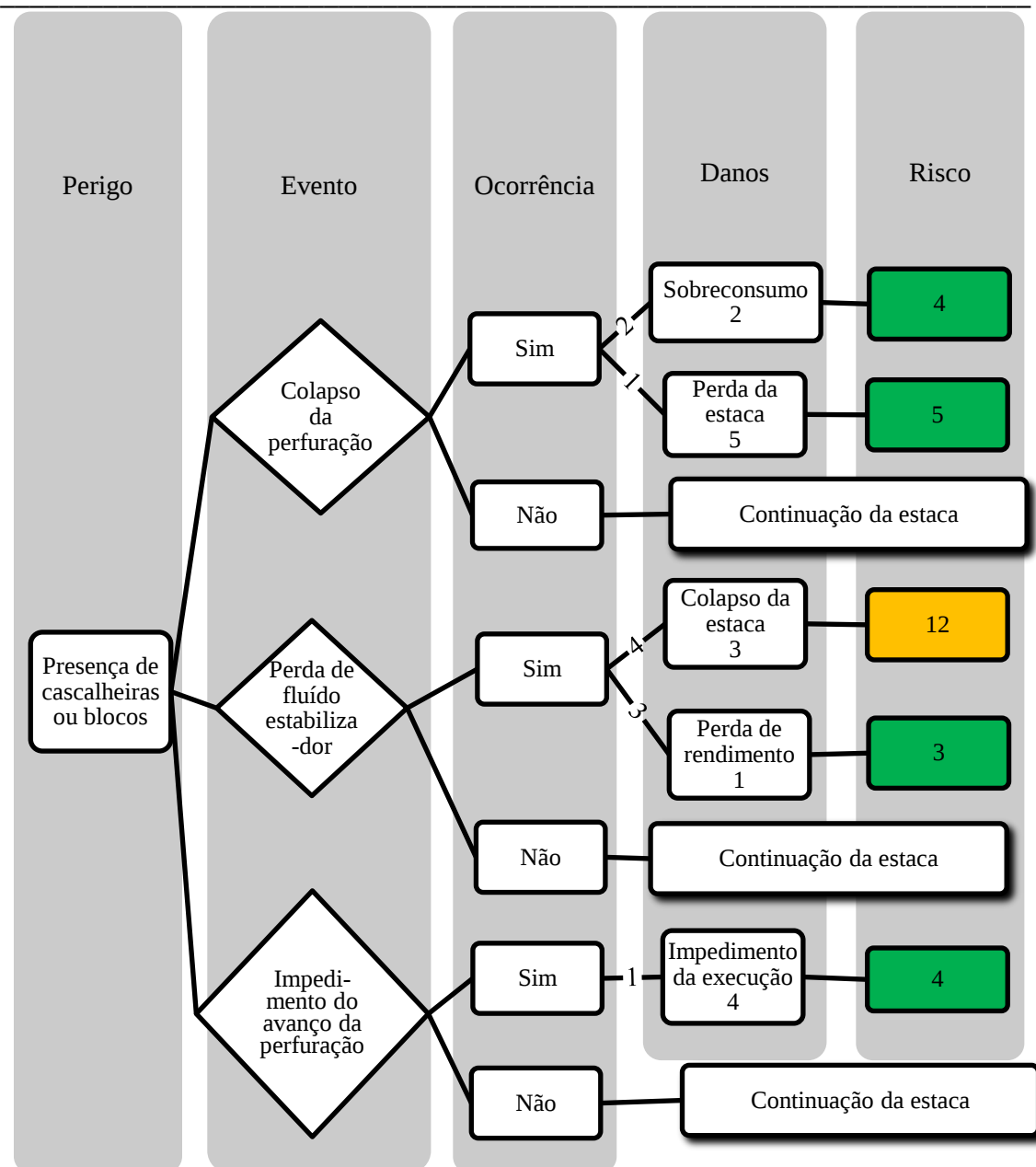


Figura 5.10 – Árvore de eventos para presença de cascalheiras ou blocos na construção de estacas moldadas com suspensões bentoníticas

A “Perda de fluido estabilizador” verifica-se quando há uma descida do nível do fluido estabilizador no interior da perfuração, devido ao atravessamento do trecho com calhaus ou blocos que tornam muito permeável a camada onde se encontram, mas devido ao seu imbricamento, não chegam a colapsar. Contudo, podem vir a instabilizar potencialmente outras camadas, por abaixamento do nível do fluido e consequente perda de gradiente hidráulico ou de capacidade do *cake*.

Considera-se o evento “Impedimento do avanço da perfuração” quando a quantidade de calhaus ou blocos não permite o avanço.

O dano “Perda da estaca” é a perda da perfuração da estaca e ocorre quando o furo desmorona após a perfuração estar concluída. Optou-se por chamar “Perda da estaca” para simplificação das figuras.

Considera-se o dano “Colapso da estaca” à perda parcial da perfuração da estaca devido a um evento que origina o desmoronamento durante perfuração. Optou-se por chamar “Colapso da estaca” para simplificação das figuras.

Define-se que existe “Sobreconsumo” quando o volume de betão utilizado na betonagem da estaca é superior ao considerado no orçamento comercial⁶⁰.

Considera-se o dano “Perda de rendimento” quando a rendibilidade da construção da estaca for inferior à prevista.

Existe “Impedimento da execução” quando o processo de construção tem de ser parado até à adoção de novas soluções técnicas.

Considera-se que há “Continuação da estaca” quando a operação em curso decorre sem problemas permitindo a conclusão da estaca.

Com base nos casos analisados (ponto 4.2.2), para ocorrência do evento “Colapso da perfuração”, obteve-se a verosimilhança de 2 para o dano “Sobreconsumo de betão”, e a verosimilhança de 1 para o dano “Perda da estaca” (Tabela 5.15), sendo as classes dos danos 2 e 5, respetivamente (Tabela 5.22).

Com a ocorrência do evento “Perda de fluído estabilizador”, obteve-se a verosimilhança de 4 para o dano “Colapso da estaca” e a verosimilhança de 3 para o dano “Perda de rendimento” (Tabela 5.15), sendo as classes dos danos, 3 e 1 respetivamente (Tabela 5.22).

Com a ocorrência do evento “Impedimento do avanço da perfuração” obteve-se a verosimilhança de 1 para o dano “Impedimento da execução”, Tabela 5.15, sendo a classe de dano 4 (Tabela 5.22).

Tendo em consideração as verosimilhanças e os danos supracitados, obtiveram-se riscos aceitáveis e elevados que devem ser abordados conforme o descrito no ponto 5.5.4.

⁶⁰ O volume de betão é o considerado no orçamento comercial e não o teórico, uma vez que existe um sobreconsumo considerado para as oscilações da ferramenta utilizada.

Considerando o apresentado na Figura 5.10, o evento que implica maior risco na construção é a “Perda de fluido estabilizador” pelo que o seu nível deve ser monitorizado constantemente por observação visual.

A Figura 5.11 representa a árvore de eventos relativa ao perigo geológico/geotécnico “**Presença de argilas contaminantes**” e reporta à presença, nas camadas a ser perfuradas, de materiais argilosos que se misturam com a suspensão bentonítica. Na construção destas estacas, esta ocorrência pode despoletar dois eventos: “Aumento da densidade da bentonite” ou “Perda da tixotropia” (Tabela 5.4).

O evento “Aumento da densidade” da bentonite decorre da argila presente no solo contaminar o fluido estabilizador, deixando-o mais denso e impedindo ou dificultando a sua bombagem durante a respetiva reciclagem (dano potencial).

A “Perda da tixotropia” é provocada pela contaminação da mistura bentonítica pela argila presente no solo envolvente e que vai eliminar, total ou parcialmente, aquela propriedade do fluido estabilizador.

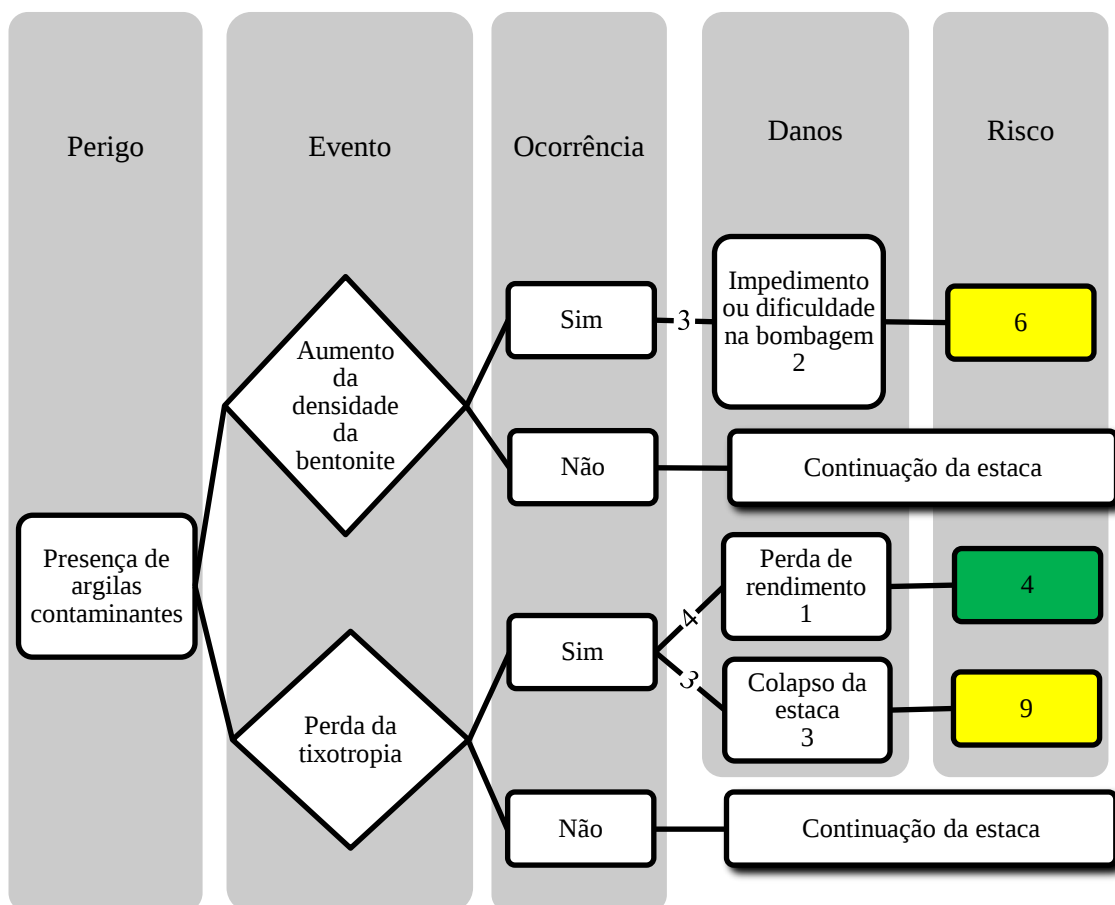


Figura 5.11 – Árvore de eventos para a presença de argilas contaminantes na construção de estacas moldadas com suspensões bentoníticas

O dano “Impedimento ou dificuldade na bombagem” acontece quando a lama bentonítica na perfuração se torna mais viscosa.

Com a ocorrência do evento “Aumento da densidade da bentonite”, obteve-se verosimilhança de 3 para o dano “Impedimento ou dificuldade na bombagem” (Tabela 5.15), sendo a classe de dano 2 (Tabela 5.22).

Para o evento “Perda da tixotropia” obteve-se a verosimilhança de 4 para o dano “Perda de rendimento”, e de 3 para o dano “Colapso da estaca” (Tabela 5.15), sendo as classes dos danos 1 e 3, respetivamente, (Tabela 5.22).

Tendo em consideração as verosimilhanças e os danos supracitados, obtiveram-se riscos aceitáveis e significativos (Figura 5.11) que devem ser abordados conforme o descrito no ponto 5.5.4. Assim na iminência do perigo “Presença de argilas contaminantes”, a equipa de obra deve estar atenta ao evento “Perda da tixotropia”.

A Figura 5.12 representa a árvore de eventos relativa ao perigo geológico/geotécnico **“Presença de água salobra ou salgada”** e refere-se à interceção, pela perfuração, de aquíferos, com estas características. Na execução de estacas moldadas com fluido estabilizador de bentonite, esta ocorrência pode despoletar dois eventos: a “Floculação da bentonite” ou a “Perda da tixotropia” (Tabela 5.4).

O evento “Floculação da bentonite” decorre sempre da reação entre os sais contidos nos níveis de água no terreno e a mistura bentonítica, produzindo flocos derivados dessa reação, que destrói as moléculas de bentonite, inutilizando-a como fluído de sustentação do furo.

Considera-se o evento “Perda da tixotropia” quando aquela reação não gera os supracitados flocos, mas a bentonite perde a tixotropia devido à reação química entre os sais da água no solo e as suas moléculas de argila. Estas reações muito variadas e complexas não são âmbito desta dissertação.

Para a ocorrência do evento “Floculação da bentonite”, obteve-se a verosimilhança de 3 para o dano “Colapso da estaca”, (Tabela 5.15), sendo a classe de dano 3 (Tabela 5.22).

Com a ocorrência do evento “Perda de tixotropia” obteve-se a verosimilhança de 4 para o dano “Perda de rendimento”, e de 3 para o dano “Colapso da estaca” (Tabela 5.15), sendo as classes dos danos 1 e 3, respetivamente (Tabela 5.22).

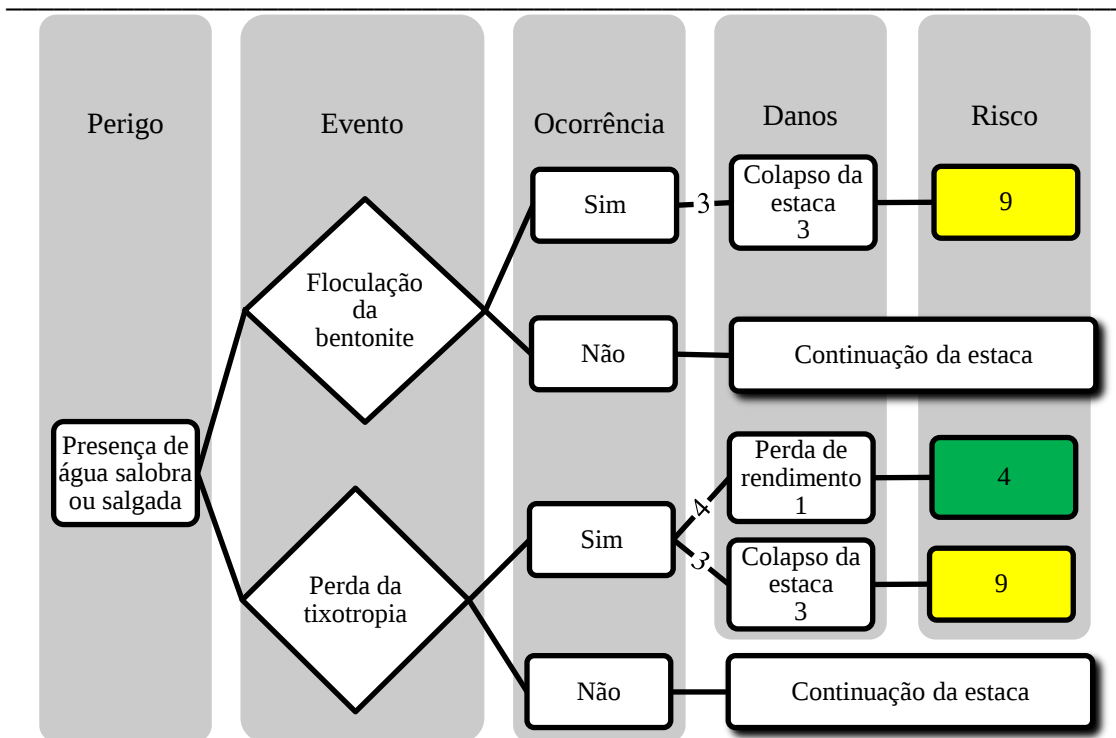


Figura 5.12 – Árvore de eventos para a presença de água salobra ou salgada na construção de estacas moldadas com suspensões bentoníticas

Considerando as verosimilhanças e os danos supracitados, obtiveram-se riscos aceitáveis e significativos (Figura 5.12) que devem ser abordados conforme o descrito no ponto 5.5.4; assim, na iminência do perigo “Presença de água salobra ou salgada” deve-se ter em atenção ambos os eventos identificados em Angola, pois qualquer um deles implica um risco significativo.

b) Perigos humanos

A Figura 5.13 representa a árvore de eventos relativa ao perigo humano “**Fraco domínio da técnica**”, que se verifica quando técnico encarregue da obra não domina o processo construtivo. Este perigo tem de ser avaliado por cada DO, ou até de projeto, pois é intrínseco ao técnico; contudo, nas sociedades em vias de desenvolvimento, esta situação é recorrente devido à falha nos conhecimentos técnicos do pessoal disponível, associado a lacuna de informação por falta de registos. Presentemente, encontram-se nas fundações em curso encarregados de obra que não preenchem, corretamente, as partes diárias, o que se traduz numa falta de elementos para se constituírem bases de dados e obter uma estatística dos eventos ocorridos.

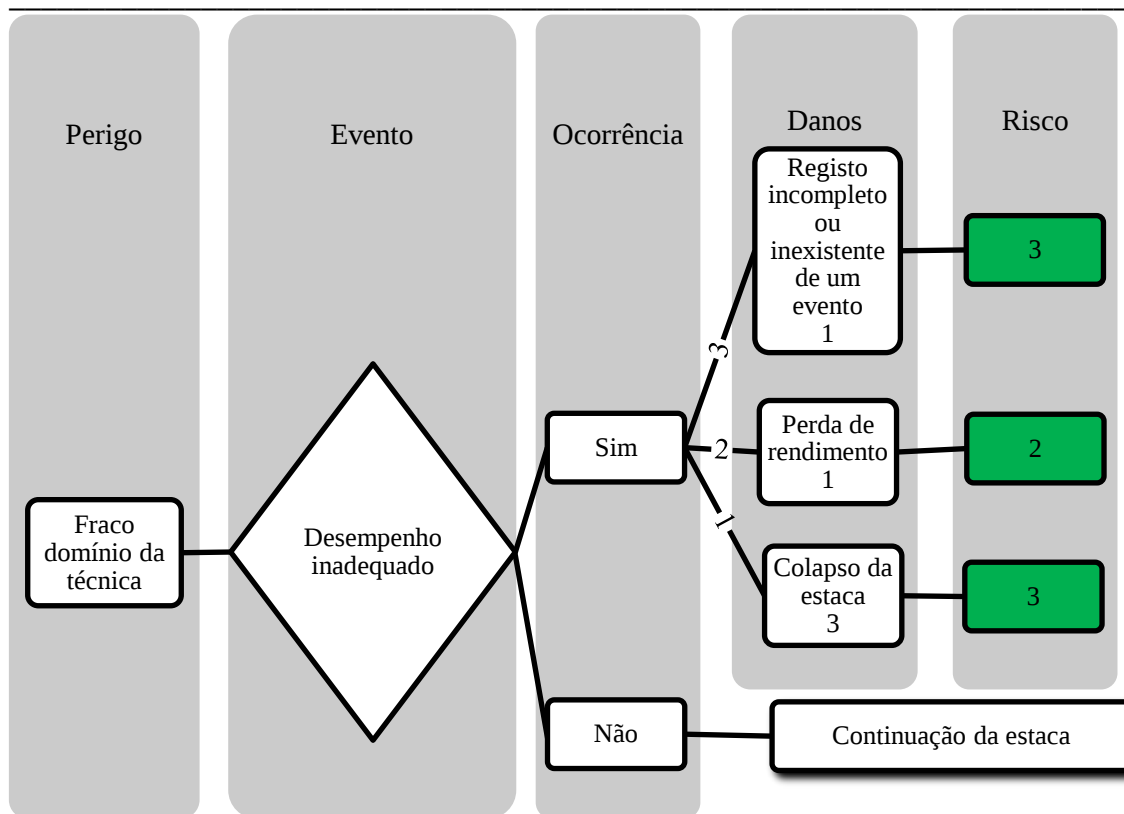


Figura 5.13 – Árvore de eventos para fraco domínio da técnica na construção de estacas moldadas com suspensões bentoníticas

Os respetivos DO ou projetistas de empreitadas, geralmente expatriados, devem dar especial atenção a estes perigos humanos, pois são muito comuns e frequentemente impercetíveis numa abordagem preliminar. Assim, é aconselhável que cada diretor conheça bem a sua equipa e a cultura social de cada elemento-chave, para que não existam falhas de comunicação. Este problema também se estende à expressão escrita e falada. É habitual os intervenientes alegarem fazer, desta ou daquela forma o mesmo trabalho ao longo de diversos anos; contudo, estas situações devem ser verificadas à luz das melhores práticas e da teoria que sustenta a execução de certos processos, pois é comum verificar-se que existem pontos passíveis de melhoria em quase todas as situações. Caso a técnica de fundações profundas a executar seja a mais comum na região, constata-se que o evento se manifesta menos ao existir um maior domínio da técnica por parte dos potenciais intervenientes, para tal pode-se recorrer a uma listagem de verificação de perigos conforme o sugerido na secção 5.5.

Considera-se o evento “Desempenho inadequado” quando a equipa de obra não consegue fornecer soluções técnicas para manter a produtividade expectável na construção de um elemento - estaca (Tabela 5.4).

O dano “Registro incompleto ou inexistente de um evento” ocorre sempre que não são elaborados os documentos que atestam os eventos que lhe deram origem, perdendo-se a garantia da segurança e qualidade do trabalho executado, o que acarreta um custo à empreitada.

Com a ocorrência do evento “Desempenho inadequado” obtiveram-se as verosimilhanças de 3 para o dano “Registro incompleto ou inexistente de um evento”, de 2 para o dano “Perda de rendimento” e de 1 para o dano “Colapso da estaca” (Tabela 5.15), sendo as classes dos danos de 1, 1 e 3 respectivamente (Tabela 5.22).

Considerando as verosimilhanças e os danos acima referidos, obtiveram-se riscos aceitáveis (Figura 5.13) que devem ser abordados conforme o descrito no ponto 5.5.4. Note-se que apesar de existir o dano “colapso da estaca”, o risco é baixo devido à verosimilhança ser de 1.

c) Perigos técnicos

A Figura 5.14 representa a árvore de eventos relativa ao perigo “**Inadequação do método ou do equipamento**”, que se concretiza quando o método construtivo e/ou o equipamento em utilização não se adequam às condições reais do local. Na construção de estacas moldadas com suspensão bentonítica, esta ocorrência pode gerar o evento “Diminuição da eficiência da perfuração” (Tabela 5.4). Ocorrendo o evento, o mais comum é perder-se rendimento na execução do trabalho tendo, às vezes de se parar a construção da estaca; no entanto, pode-se verificar o colapso da estaca.

O evento “Diminuição da eficiência da perfuração” acontece se o equipamento em operação não consegue perfurar o terreno, ou o avanço é inferior ao orçamentado.

Considera-se o dano “Paragem da perfuração”, quando se imobiliza a empreitada para alterar o método construtivo ou para ajustar ou substituir o equipamento.

Para a ocorrência do evento “Diminuição da eficiência da perfuração”, obtiveram-se as verosimilhanças de 3 para o dano “Perda de rendimento”, de 2 para o dano “Paragem da Perfuração” e de 1 para o dano “Colapso da estaca” (Tabela 5.15), sendo as classes dos danos 1, 6 e 3 respectivamente (Tabela 5.22).

Considerando as verosimilhanças e os danos da Figura 5.14, obtiveram-se riscos aceitáveis e elevados que devem ser abordados conforme o descrito no ponto

5.5.4. O risco elevado deve-se ao custo do dano “Paragem da perfuração”, pois apesar de uma baixa verosimilhança, tem magnitude 12.

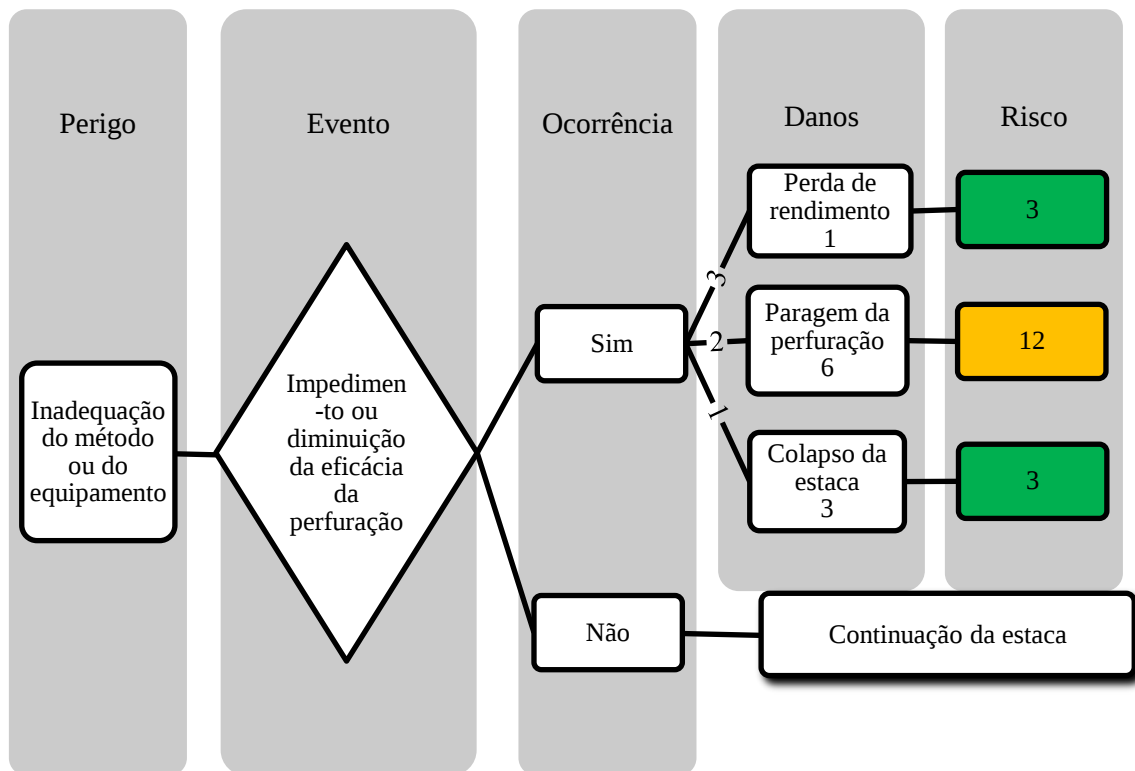


Figura 5.14 – Árvore de eventos para a inadequação do método ou do equipamento na construção de estacas moldadas com suspensões bentoníticas

5.5.5.2 Recorrendo a suspensões de polímeros

a) Perigos geológicos e geotécnicos

A Figura 5.15 representa a árvore de eventos relativa ao perigo “**Presença de cascalheiras ou blocos**” que na execução de estacas moldadas com polímero pode despoletar qualquer dos seguintes três eventos: colapso da perfuração, perda de fluido estabilizador e impedimento do avanço da perfuração (Tabela 5.5).

Considera-se o evento “Perda de fluido estabilizador” sempre que se verifica uma descida do nível do fluido estabilizador no interior da perfuração devido ao atravessamento de cascalheiras ou blocos que tornam permeável a camada onde se encontram; contudo, devido à sua justaposição, os mesmos, não colapsam, podendo-o fazer, ou não, outras camadas devido ao abaixamento do nível e consequente perda do fluido.

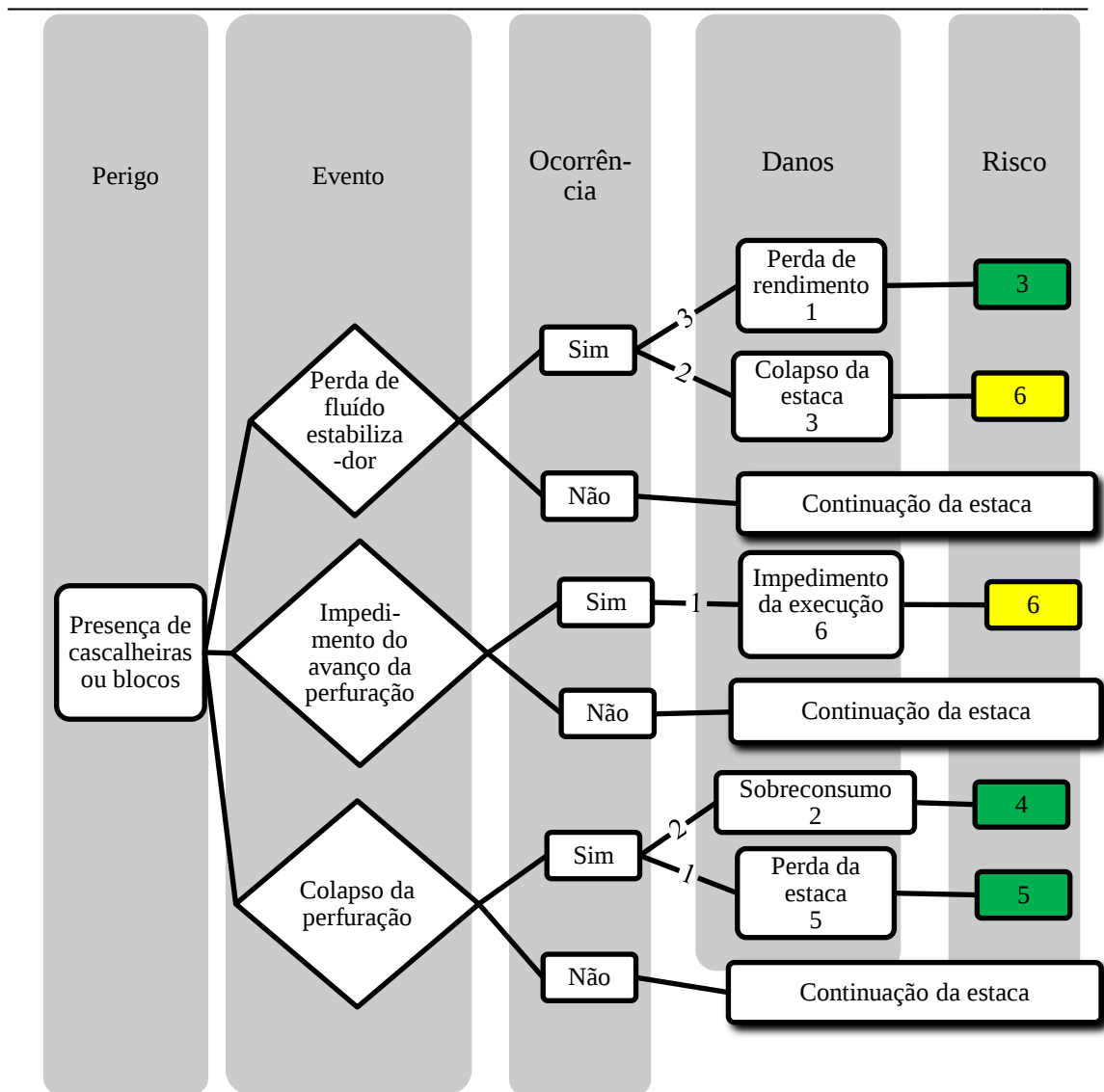


Figura 5.15 – Árvore de eventos para a presença de cascalheiras ou blocos na construção de estacas moldadas com suspensões poliméricas

Para a ocorrência do evento “Perda de Fluido estabilizador”, obtiveram-se as verossimilhanças de 3 para o dano “Perda de rendimento” e de 2 para o dano “Colapso da estaca” (Tabela 5.16), sendo as classes dos danos de 1 e 3, respetivamente (Tabela 5.23).

A ocorrência do evento “Impedimento do avanço da perfuração” obteve a verossimilhança de 1 para o dano “Impedimento da execução” (Tabela 5.16), sendo a classe deste dano 6 (Tabela 5.23).

Para o evento “Colapso da perfuração” obtiveram-se as verossimilhanças de 2 para a dano “Sobreconsumo de betão”, e de 1 para o dano “Perda da estaca” (Tabela 5.16), sendo as classes dos danos associados de 2 e 5, respetivamente (Tabela 5.23).

Tendo em consideração as verosimilhanças e os danos supracitados, obtiveram-se riscos aceitáveis e significativos (Figura 5.15) que devem ser abordados conforme o descrito no ponto 5.5.4.

A Figura 5.16 representa a árvore de eventos relativa ao perigo “**Presença de aquíferos com variação de nível em areias muito permeáveis**” que se refere ao atravessamento de camadas grosseiras, permeáveis, em que se manifestam, de forma imediata, as subidas e descidas do nível freático. Na execução de estacas moldadas com suspensões de polímeros pode o colapso da perfuração ou o impedimento do avanço da perfuração ocorrer (Tabela 5.5).

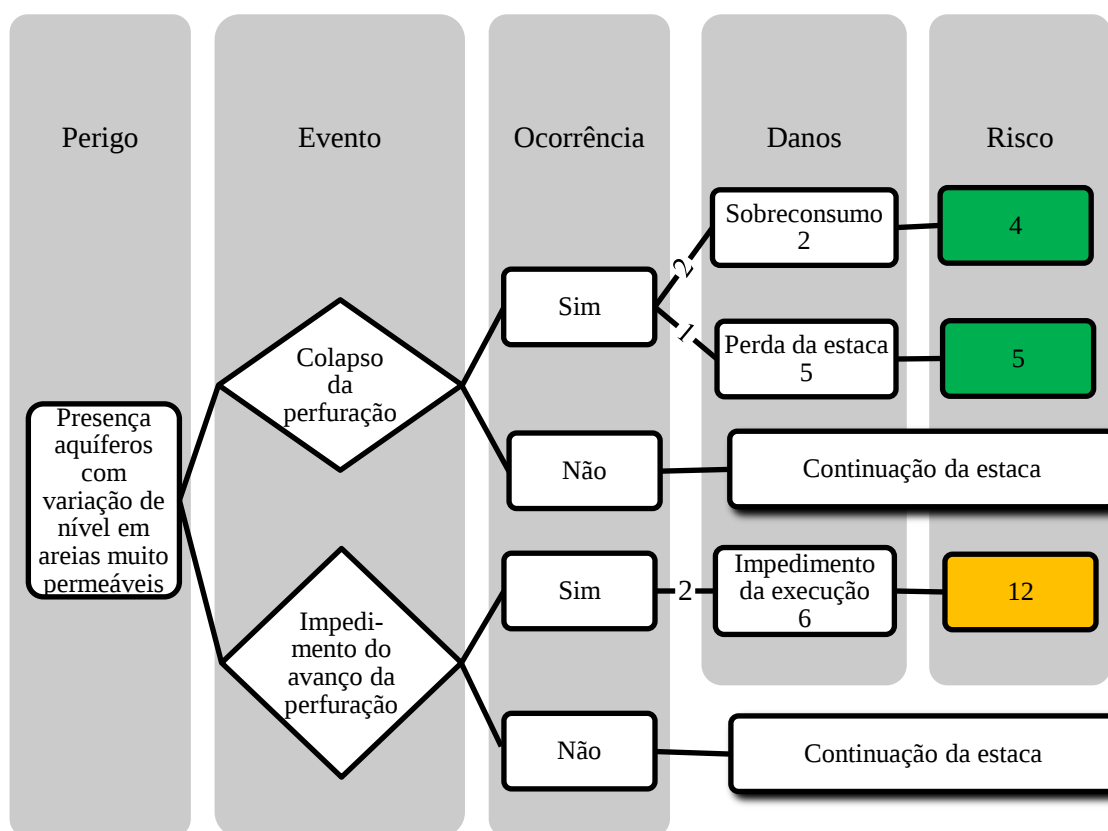


Figura 5.16 – Árvore de eventos para a presença de aquíferos com variação do nível freático em areias muito permeáveis na construção de estacas moldadas com suspensões poliméricas

O evento “Colapso da perfuração” ocorre quando a pressão da água no aquífero faz com que o fuste da estaca colapse.

O evento “Impedimento do avanço da perfuração” concretiza-se devido à força pressão repuxante do aquífero que impede a progressão, isto é, por muito material que se retire a profundidade da perfuração não aumenta, por aluimento das paredes do furo.

Verificando-se o evento “Colapso da perfuração” obteve-se a verosimilhança de 2 para o dano “Sobreconsumo”, e de 1 para o dano “Perda da estaca” (Tabela 5.16), sendo as classes dos danos 2 e 5 respetivamente (Tabela 5.23).

Para o evento “Impedimento do avanço da perfuração”, a verosimilhança associada é de 2 para o dano “Impedimento da execução” (Tabela 5.16), sendo a classe do dano 6 (Tabela 5.23).

Tendo em consideração as verosimilhanças e os danos mencionados, os riscos associados são aceitáveis e elevados (Figura 5.16) e devem ser abordados conforme o descrito no ponto 5.5.4. À semelhança do verificado anteriormente na Figura 5.14, o risco elevado é devido sobretudo ao custo do dano.

b) Perigos humanos

A Figura 5.17 mostra a árvore de eventos para o perigo humano “**Fraco domínio da técnica**” que na execução de estacas moldadas com fluído estabilizador de polímero pode gerar eventos (Tabela 5.5) semelhantes aos apresentados no ponto 5.5.5.1b), para as estacas moldadas com suspensão de bentonite. Contudo, verifica-se que esta técnica de construção de fundações profundas de perfuração com polímero ainda é menos dominada por parte dos encarregados de obra, devendo-se dar bastante atenção e apoio às equipas se for a utilizada.

Para a ocorrência do evento “Desempenho inadequado”, obteve-se a verosimilhança de 3 para o dano “Registo incompleto ou inexistente de um evento”, de 2 para a dano “Perda de rendimento”, e de 1 para o dano “Colapso da estaca” (Tabela 5.16), sendo a classe dos danos 3, 1 e 3 respetivamente (Tabela 5.23).

Tendo em consideração as verosimilhanças e os danos supracitados, obtiveram-se riscos aceitáveis e significativos (Figura 5.17) que devem ser abordados conforme o descrito no ponto 5.5.4. Refere-se o facto de existirem riscos de magnitudes superiores aos da perfuração com bentonite. Isto deve-se ao facto das equipas nas empreitadas analisadas dominarem melhor a técnica de perfuração com bentonites, pelo que os riscos com polímeros, nestas condições, são mais elevados.

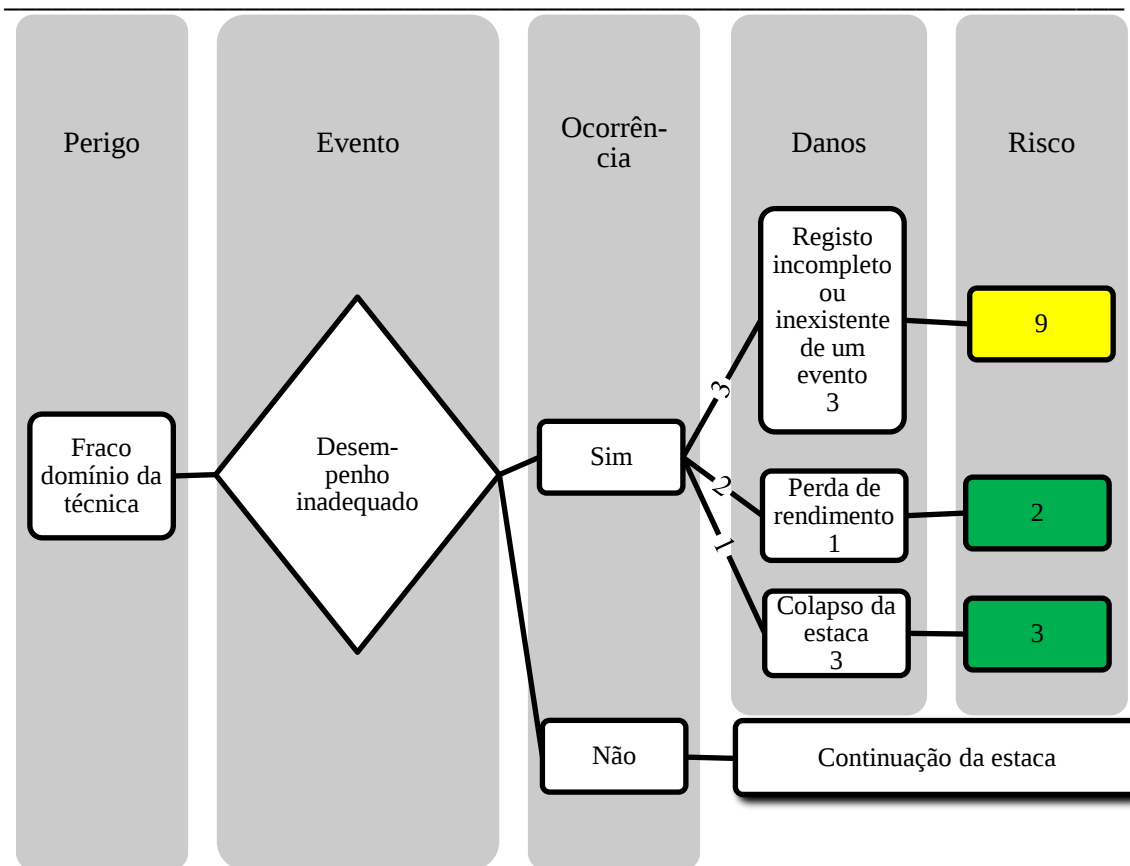


Figura 5.17 – Árvore de eventos para o fraco domínio da técnica na construção de estacas moldadas com suspensões poliméricas

c) Perigos técnicos

A Figura 5.18 representa a árvore de eventos relativa ao perigo técnico **“Inadequação do método ou do equipamento”**, que na execução de estacas moldadas com suspensões de polímero pode gerar o evento “Diminuição da eficiência da perfuração” (Tabela 5.5). Caso este se concretize, o mais comum é perder-se rendimento na execução da estaca, tendo às vezes que se parar o equipamento. Contudo, em casos extremos, pode-se verificar o colapso da perfuração, tal como o anteriormente referido para as estacas com fluidos com bentonite.

O evento “Diminuição da eficiência da perfuração”, apresenta a verosimilhança de 3 para os danos “Paragem da perfuração” e “Perda de rendimento”, e de 1 para o dano “Colapso da estaca” (Tabela 5.16), sendo as classe dos danos de 6, 1 e 3 respetivamente (Tabela 5.23).

Tendo em consideração as verosimilhanças e os danos supracitados obtiveram-se riscos aceitáveis e intoleráveis (Figura 5.18) que devem ser abordados conforme o descrito no ponto 5.5.4. Nesta situação existe a possibilidade de se

manifestar um risco intolerável de magnitude 18, que advém de um custo do dano elevado devido à presença de uma grua auxiliar em obra para execução das betonagens, aumentando o custo fixo (considerando que a obra foi dimensionada em termos de equipamento para ter a melhor rentabilidade possível).

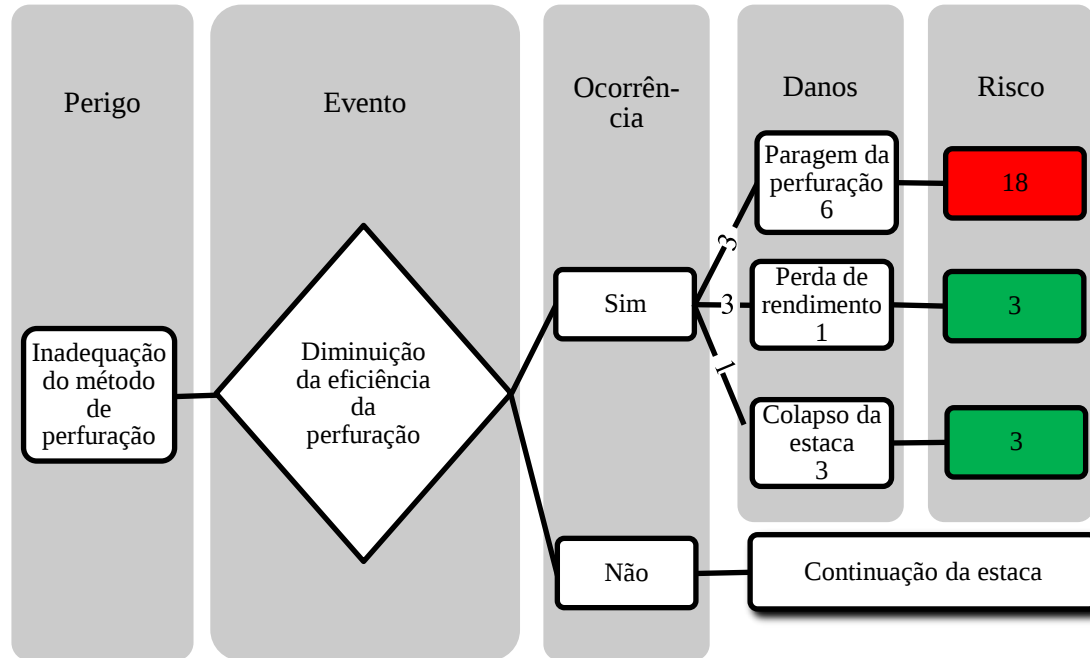


Figura 5.18 – Árvore de eventos para a inadequação do método ou do equipamento na construção de estacas moldadas com suspensões poliméricas

5.5.5.3 Recorrendo a tubos moldadores

a) Perigos geológicos e geotécnicos

A Figura 5.19 representa a árvore de eventos relativa ao perigo “**Presença de cascalheiras ou blocos**” que na execução de estacas moldadas com recurso a tubos moldadores pode despoletar qualquer dos seguintes dois eventos: “Impedimento do avanço da perfuração” ou “Aumento do tempo de perfuração” (Tabela 5.6).

O “Impedimento do avanço da perfuração” consiste na interseção cascalheiras ou blocos durante a perfuração com valores de resistência à compressão uniaxial superiores a 200 MPa, que não permitem o avanço dos tubos moldadores. Note-se que o diâmetro destes tubos é superior ao da ferramenta.

O “Aumento do tempo de perfuração” corresponde à situação em que os tubos moldadores ainda conseguem avançar, mas a uma velocidade mais baixa do que a do avanço da ferramenta de corte.

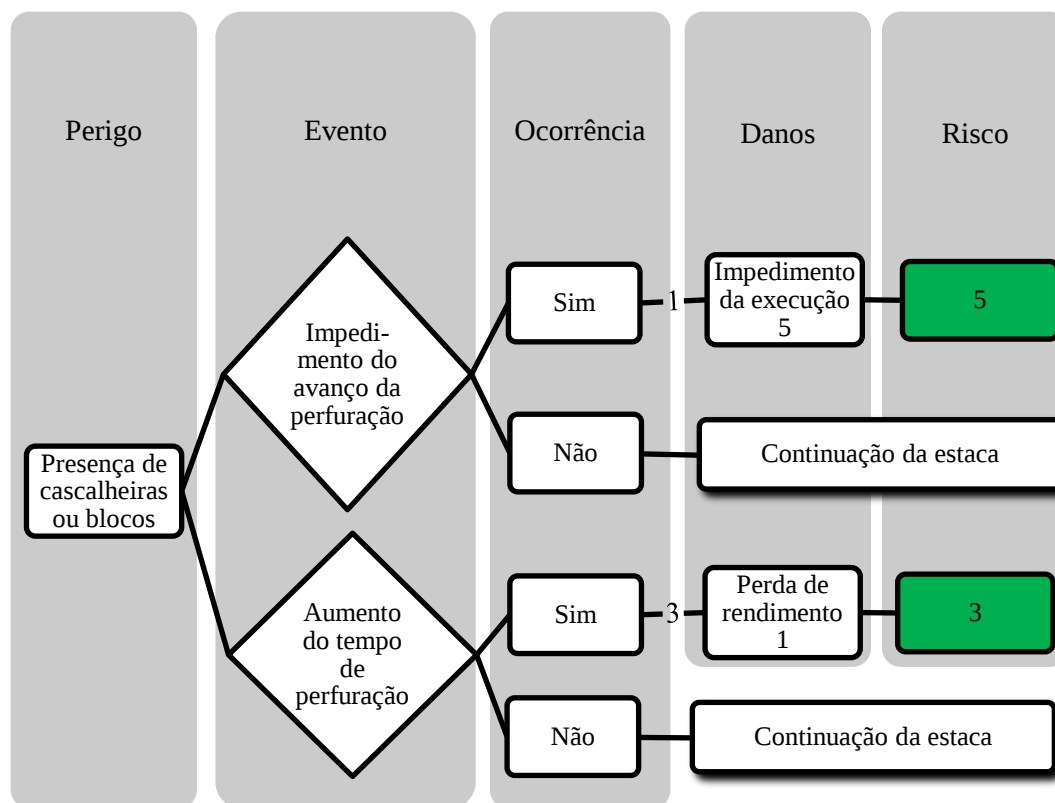


Figura 5.19 – Árvore de eventos para a presença de cascalheiras ou blocos na construção de estacas moldadas com tubos moldadores

Para a ocorrência do evento “Impedimento do avanço da perfuração”, obteve-se a verosimilhança de 1 para o dano “Impedimento da execução”, Tabela 5.17, sendo a classe do dano 5 (Tabela 5.24).

À ocorrência do evento “Aumento do tempo de perfuração” corresponde a verosimilhança de 3 para o dano “Perda de rendimento” (Tabela 5.17) e a classe do dano é 1 (Tabela 5.24).

Considerando as verosimilhanças e os danos supramencionados, obtiveram-se riscos aceitáveis (Figura 5.19) que devem ser abordados conforme o descrito no ponto 5.5.4.

A Figura 5.20 representa a árvore de eventos relativa ao perigo “**Presença de areias com nível freático artesiano**” que se refere à perfuração de camadas de solos arenosos onde existe um lençol freático confinado, que ao ser intercetado o torna repuxante. Sempre que estes níveis freáticos são intercetados neste tipo de solos, verifica-se uma propensão para a ocorrência do evento “Subida da areia no interior dos tubos moldadores”, durante ou após a perfuração (Tabela 5.6).

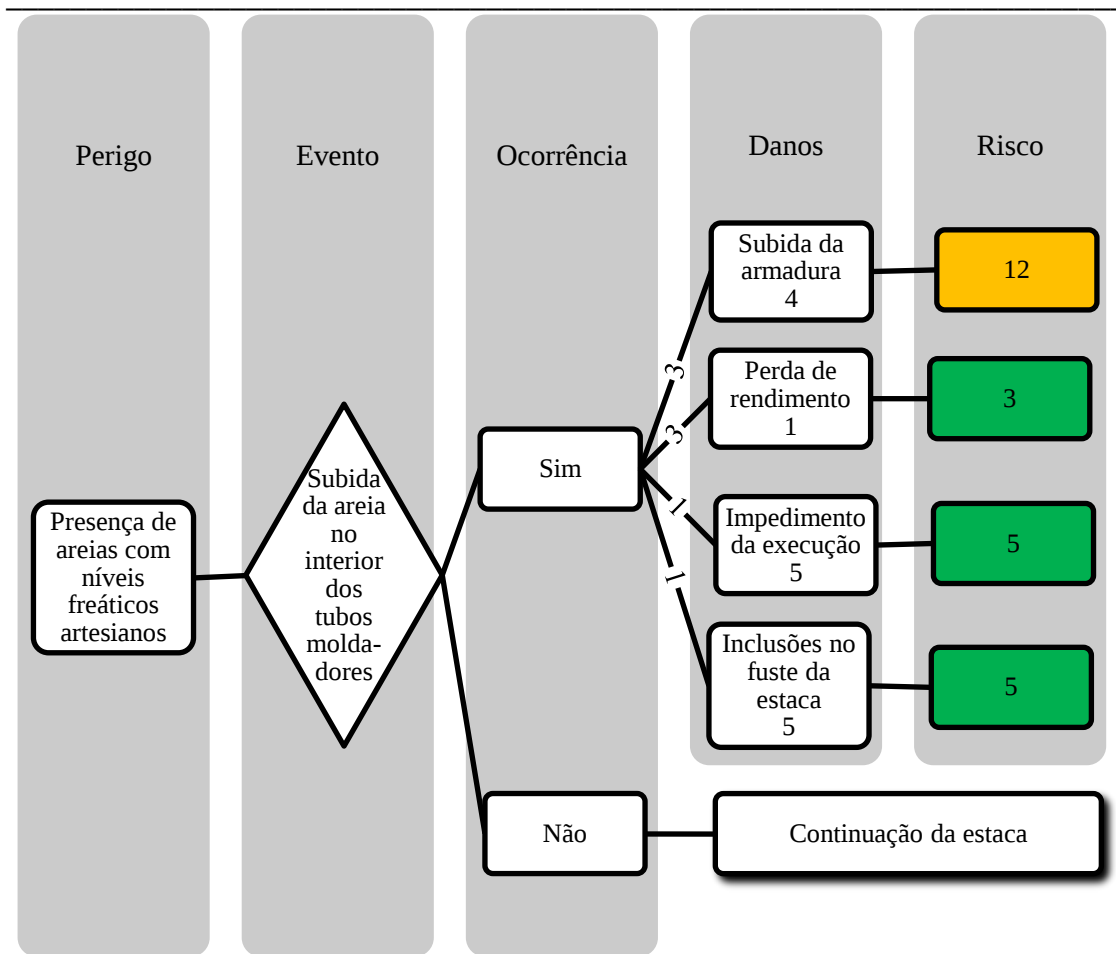


Figura 5.20 – Árvore de eventos para a presença de areias com níveis freáticos artesianos na construção de estacas moldadas com tubos moldadores

A “Subida da areia no interior dos tubos moldadores” manifesta-se durante a perfuração de uma estaca entubada no atravessamento de solos grosseiros, com nível freático artesianos, e as areias ascendem por dentro dos tubos moldadores.

Considera-se o dano “Subida da armadura” quando, durante a operação de betonagem e no momento de retirada de troços dos tubos moldadores, a armadura ascende com os tubos.

O dano “Inclusões no fuste da estaca” existe se, durante a betonagem, as areias se misturam com o betão no interior dos tubos não sendo arrastadas na sua totalidade na frente do mesmo e ficando assim envolvidas nele, formando inclusões de areia na estaca. Este dano só se consegue verificar após o término da estaca através da realização de ensaios, sónicos, ou carotagem da estaca.

Associado ao evento “Ascensão da areia no interior dos tubos moldadores”, obtiveram-se verosimilhanças de 3 para os danos “Subida da armadura” e “Perda de rendimento” e de 1 para os danos “Impedimento da execução” e “Inclusões

no fuste da estaca” (Tabela 5.17), sendo as classes dos danos respetivamente 4, 1, 5 e 5 (Tabela 5.24).

Para as verosimilhanças e os danos citados, obtiveram-se riscos aceitáveis e elevado (Figura 5.20) que devem ser abordados conforme o descrito no ponto 5.5.4. Nesta situação, obteve-se um risco elevado de magnitude 12 devido à conjugação da verosimilhança e do custo do dano (subida da armadura). Apesar dos custos dos danos relativos a “impedimento da execução” e “inclusões no fuste da armadura” terem valores altos, a baixa verosimilhança confere-lhe um risco de magnitude aceitável.

b) Perigos humanos

A Figura 5.21 apresenta a árvore de eventos relativa ao perigo “**Fraco domínio da técnica**” que na execução de estacas moldadas com tubos moldadores pode gerar um evento semelhante ao anteriormente apresentado, “Desempenho inadequado”, mas relativamente às estacas moldadas com revestimento (Tabela 5.6).

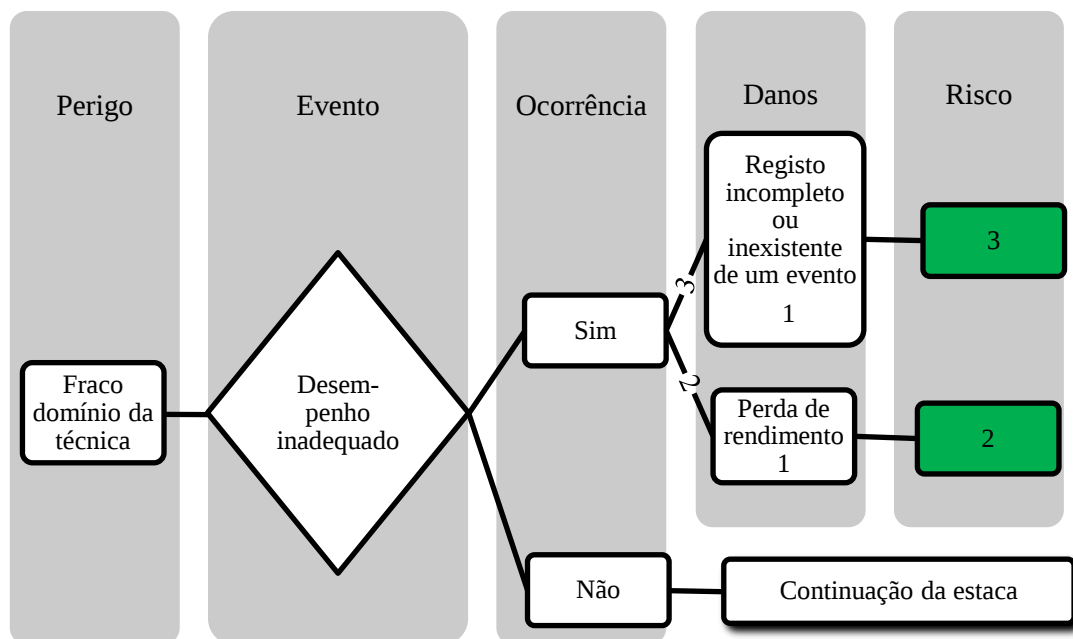


Figura 5.21 – Árvore de eventos para o fraco domínio da técnica na construção de estacas moldadas com tubos moldadores

Para o evento “Desempenho inadequado”, obteve-se a verosimilhança de 3 para o dano “Registo incompleto ou inexistente de um evento” e de 2 para o dano “Perda de rendimento” (Tabela 5.17), sendo as classes do dano de 1 para ambos (Tabela 5.24).

Considerando as verosimilhanças e os danos supracitados obtiveram-se riscos aceitáveis (Figura 5.21) que devem ser abordados conforme o descrito no ponto 5.5.4.

c) Perigos técnicos

A Figura 5.22 mostra a árvore de eventos relativa ao perigo “**Inadequação do método ou do equipamento**” que, na execução de estacas moldadas com tubos moldadores, pode despoletar o evento “Diminuição da eficiência da perfuração” (Tabela 5.6).

Este evento apresenta uma verosimilhança de 2 para o dano “Perda de rendimento”, e de 1 para o dano “Paragem da perfuração” (Tabela 5.17), sendo as classes dos respetivos danos de 1 e 6 (Tabela 5.24).

Considerando as verosimilhanças e os danos supracitados, obtiveram-se riscos aceitáveis e significativos (Figura 5.22) que devem ser abordados conforme o descrito no ponto 5.5.4. Conforme o verificado anteriormente com outras técnicas de perfuração, a maior magnitude de risco verifica-se para a paragem da perfuração.

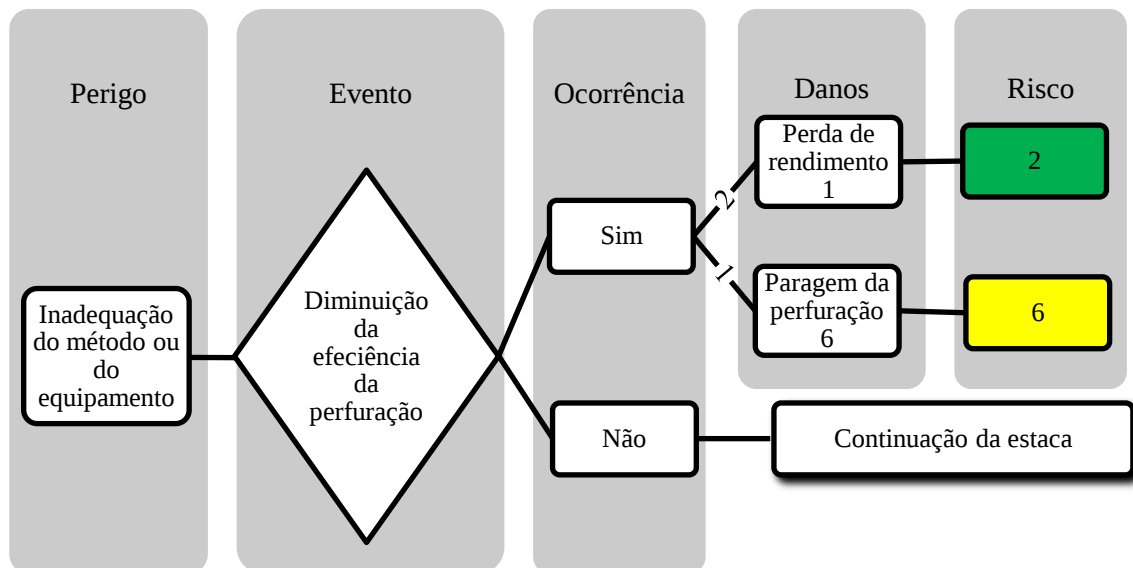


Figura 5.22 – Árvore de eventos para a inadequação do método ou do equipamento na construção de estacas moldadas com tubos moldadores

5.5.5.4 A seco recorrendo a tubo guia

a) Perigos geológicos e geotécnicos

A Figura 5.23 representa a árvore de eventos relativa ao perigo “**Presença do nível freático**” que para as estacas moldadas a seco com tubo guia, isto é, sem utilização de fluidos estabilizadores, pode despoletar o evento “Colapso da perfuração” (Tabela 5.7).

O perigo potencial “Presença de nível freático” existe sempre que a perfuração encontra um nível freático imprevisto ou com características diferentes do considerado no projeto. Esta situação pode ocorrer quando as sondagens da fase de projeto são executadas na época de estio e as estacas se constroem na estação chuvosa.

Na sequência do evento “Colapso da perfuração”, obteve-se uma verosimilhança de 1 para o dano “Perda da estaca” e de 2 para o dano “Sobreconsumo” de betão (Tabela 5.18), sendo as classes dos danos respetivos de 5 e 2 (Tabela 5.25).

Para as verosimilhanças e os danos supracitados, obtiveram-se riscos aceitáveis (Figura 5.23) que devem ser abordados conforme o descrito no ponto 5.5.4. Nalgumas das situações anteriores o dano maior é a “Perda da estaca”, mas ocorreu poucas vezes, conferindo-lhe uma verosimilhança de 1 e, conseqüentemente, gerando um risco de magnitude 5.

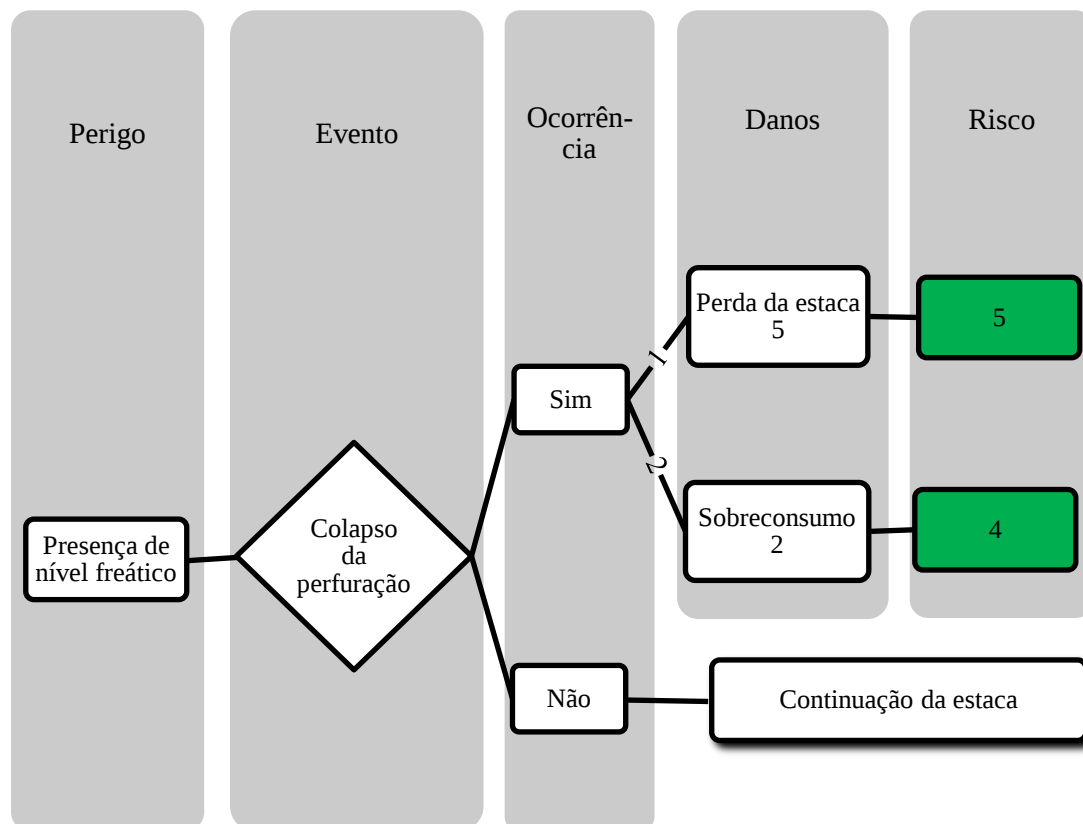


Figura 5.23 – Árvore de eventos para a presença de nível freático na construção de estacas moldadas a seco com tubo guia

A Figura 5.24 representa a árvore de eventos relativa ao perigo “**Litologia sem capacidade autoportante**” que, no caso de estacas moldadas a seco com tubo guia, pode também gerar o evento “Colapso da perfuração” (Tabela 5.7).

Este perigo concretiza-se quando a litologia a atravessar pela estaca não proporciona a autocontenção da parede da perfuração, contudo essa característica não seria previsível com os estudos realizados previamente à construção.

Com a ocorrência do evento “Colapso da perfuração”, obteve-se uma verosimilhança de 1 para o dano “Perda da estaca” e de 2 para o dano “Sobreconsumo” (Tabela 5.18), sendo as classes dos danos de 5 e 2 respetivamente (Tabela 5.25).

Tendo em consideração as verosimilhanças e os danos supramencionados obtiveram-se riscos aceitáveis (Figura 5.24) que devem ser abordados conforme o descrito no ponto 5.5.4. Este perigo tem ocorrências e danos semelhantes à “Presença de nível freático” tendo magnitudes de risco também iguais.

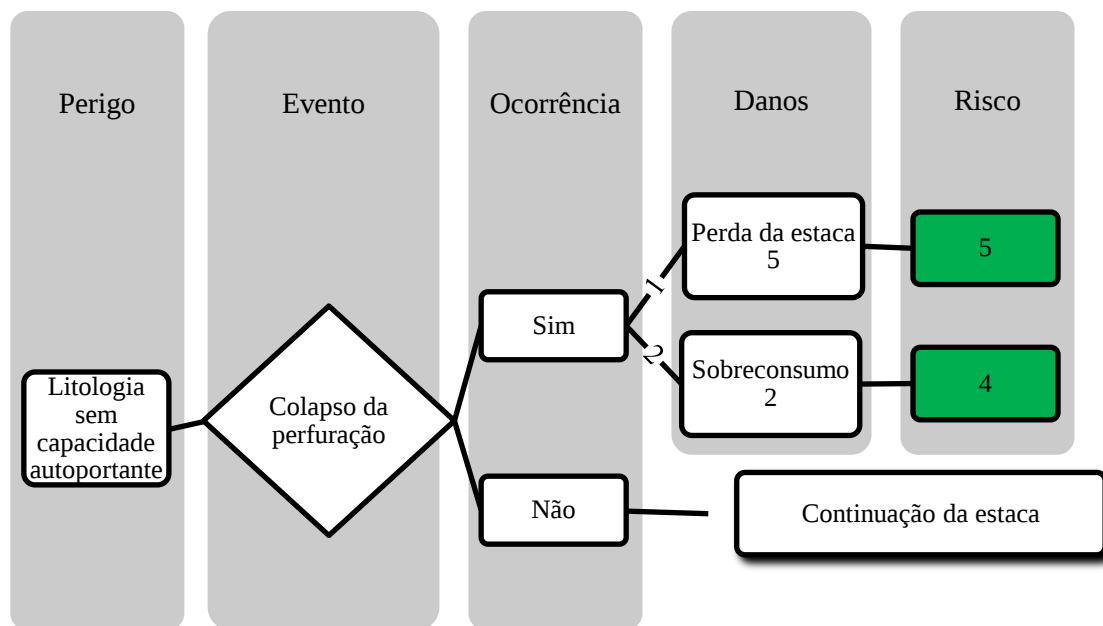


Figura 5.24 – Árvore de eventos para a litologia sem capacidade autoportante na construção de estacas moldadas a seco com tubo guia

b) Perigos humanos

A Figura 5.25 representa a árvore de eventos relativa ao perigo “**Fraco domínio da técnica**” que na execução de estacas moldadas a seco com tubo guia pode

despoletar um evento semelhante aos anteriormente descritos, mas relativamente às estacas moldadas apenas com tubo de guia, (Tabela 5.7).

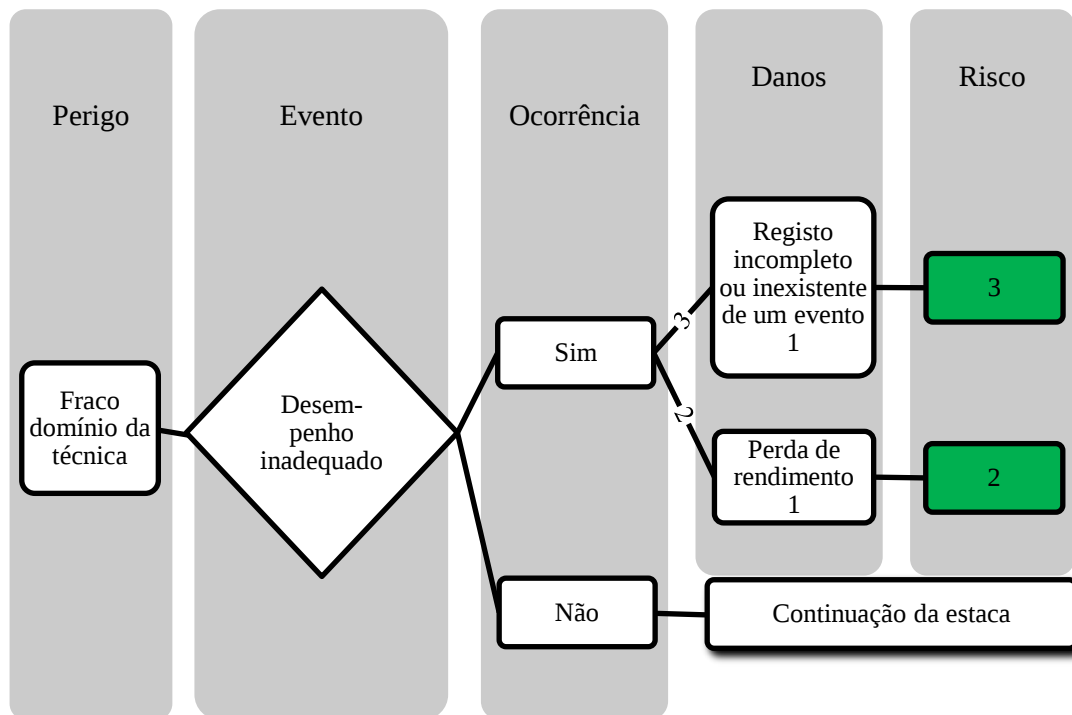


Figura 5.25 – Árvore de eventos para o fraco domínio da técnica na construção de estacas moldadas a seco com tubo guia

Para a ocorrência do evento “Desempenho inadequado”, obteve-se a verosimilhança de 3 para o dano “Registo incompleto ou inexistente de um evento” e de 2 para o dano “Perda de rendimento” (Tabela 5.18), sendo ambos os danos de classe 1 (Tabela 5.25).

Considerando as verosimilhanças e os danos citados, obtiveram-se riscos aceitáveis (Figura 5.25) que devem ser tratados conforme o descrito no ponto 5.5.4.

c) Perigos técnicos

A Figura 5.26 representa a árvore de eventos relativa ao perigo “**Inadequação do método ou do equipamento**”, que na execução de estacas moldadas com tubos guia a seco pode despoletar o evento “Diminuição da eficiência da perfuração” (Tabela 5.7).

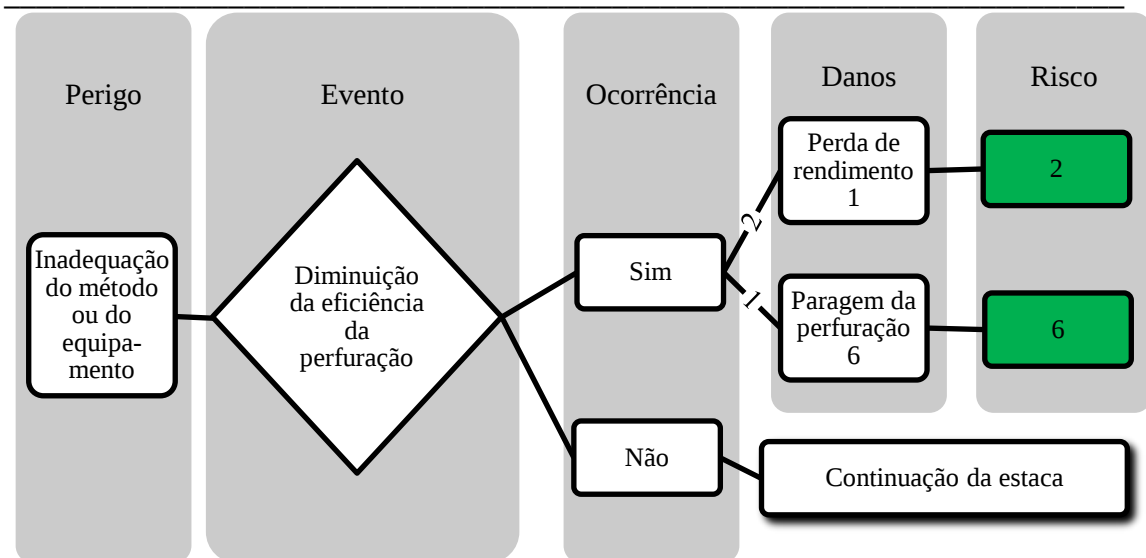


Figura 5.26 – Árvore de eventos para a inadequação do método ou do equipamento na construção de estacas moldadas a seco com tubo guia

Ao evento “Diminuição da eficiência da perfuração”, corresponde a verosimilhança de 2 para o dano “Perda de rendimento”, e de 1 para o dano “Paragem da perfuração” (Tabela 5.18), sendo as classes dos danos de 1 e 6 respetivamente (Tabela 5.25).

Para estas verosimilhanças e os danos obtiveram-se riscos aceitáveis (Figura 5.26), que devem ser abordados conforme o descrito no ponto 5.5.4.

5.5.6 Árvores de eventos para estacas dúcteis cravadas

5.5.6.1 Não injetadas

a) Perigos geológicos e geotécnicos

A Figura 5.27 representa a árvore de eventos relativa ao perigo “**Profundidade do terreno passível de *nega***” aborda a possibilidade de não se encontrar, à profundidade estipulada em projeto, o terreno onde se previa obter a “nega”. O evento despoletado por esta ocorrência é a “Execução de uma estaca esbelta” (Tabela 5.8), que acontece se o comprimento final da estaca, a dividir pelo diâmetro for superior a 50. Como “Dano” associado, pode-se ter de abandonar a técnica ou, no caso de ser pontual, considerar-se essa estaca perdida.

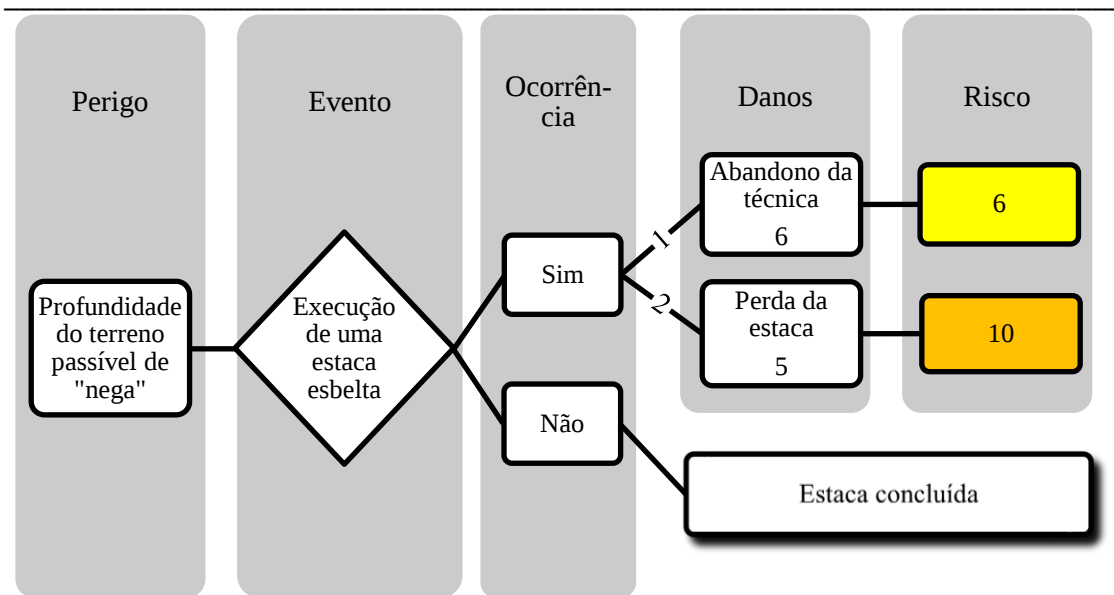


Figura 5.27 – Árvore de eventos para a profundidade do terreno passível de nega na construção de estacas dúcteis cravadas não injetadas

Como o nome indica, o dano “Abandono da técnica” implica que método construtivo em utilização seja trocado por outro.

Considera-se o dano “Perda da estaca”, quando a estaca executada não for utilizada nem considerada na empreitada.

À “Estaca concluída” corresponde a construção com sucesso da estaca inicial.

Para o evento, “Execução de uma estaca esbelta” obtiveram-se verosimilhanças de 1 para ambos os danos associados, “Eventual abandono da técnica” e “Perda da estaca” (Tabela 5.19), sendo as classes dos respetivos danos 6 e 5 (Tabela 5.26).

Para as verosimilhanças e os danos citados, obtiveram-se riscos significativos e elevados (Figura 5.27) que devem ser abordados conforme o descrito no ponto 5.5.4. O custo dos danos é o maior com o abandono da técnica (6) mas devido à verosimilhança de 2, com o dano perda da estaca o risco é maior.

A Figura 5.28 representa a árvore de eventos relativa ao perigo “**Presença de calhaus ou blocos**” e descreve quando, na execução de uma estaca dúctil, se intersejam esses tipos de elementos grosseiros. Esta ocorrência pode despoletar dois tipos de eventos: o encurvamento da estaca ou uma falsa “nega” (Tabela 5.8).

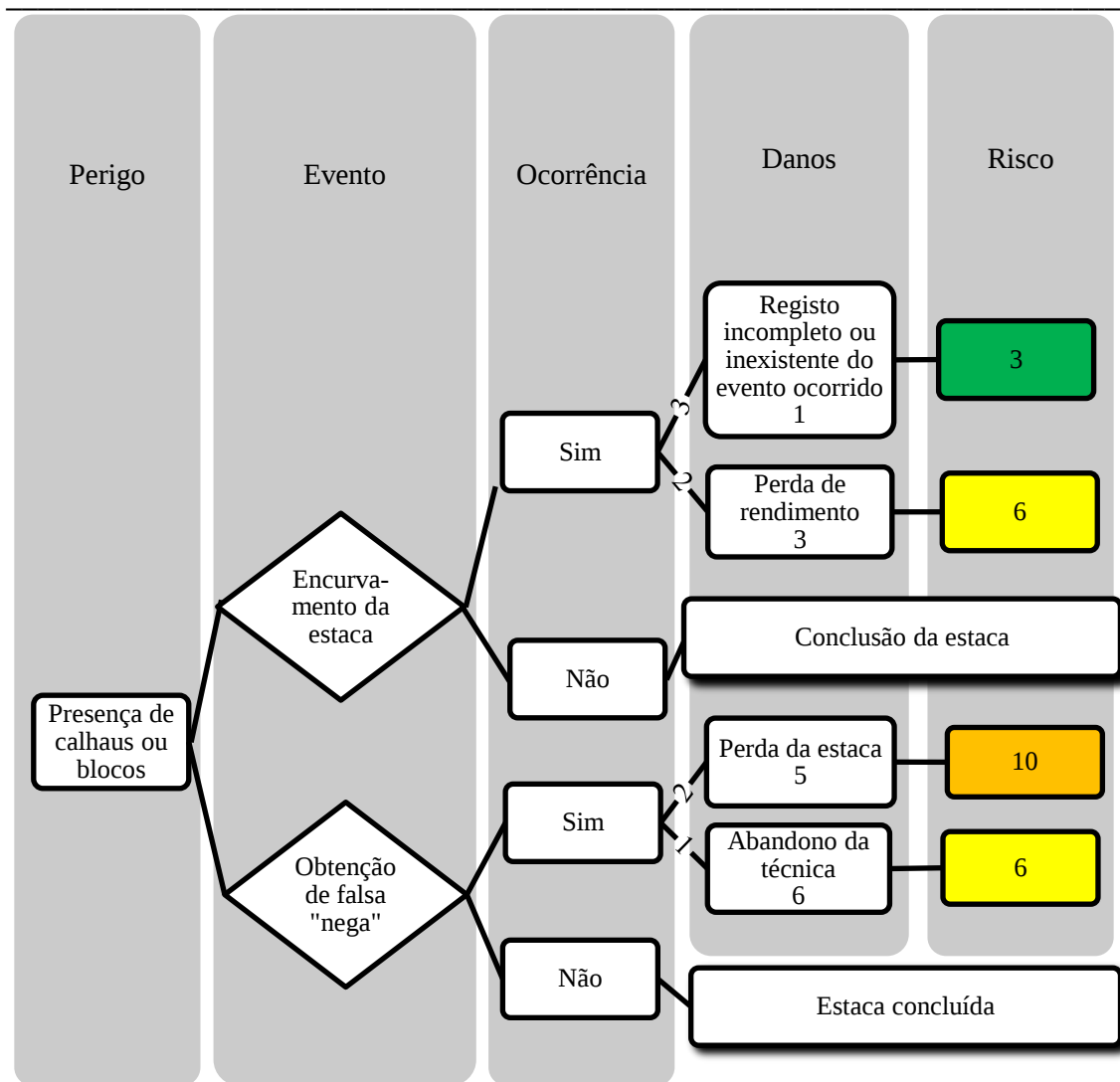


Figura 5.28 – Árvore de eventos para a presença de calhaus ou blocos na construção de estacas dúcteis cravadas não injetadas

Considera-se o evento “Encurvamento da estaca” quando se verifica uma deformação ao longo do fuste da estaca. Esta situação é difícil de ser detetada, contudo em caso de suspeita e antes do preenchimento da armadura da estaca (tubo de ferro dúctil) pode-se fazer descer um pêndulo inclinométrico e verificar a respetiva linearidade.

O evento “Falsa *nega*” corresponde à obtenção dos valores considerados como “nega”, devidos à presença de um obstáculo – os elementos grosseiros. Pode ser verificado por comparação, entre os valores do SPT de projeto (caso existam), e a profundidade a que aquela ocorre. No caso de estacas contíguas, é suspeito quando uma obtém “nega” a menor profundidade do que as outras. No entanto, a experiência da execução da técnica para a deteção precoce destes eventos é

essencial, nomeadamente quando a nega for imediata, e não progressiva, devendo-se parar e tentar averiguar a razão dessa ocorrência.

Para o “Encurvamento da estaca” verifica-se uma verosimilhança de 3 para o dano “Registo incompleto ou inexistente do ocorrido” e de 2 para o dano “Perda de rendimento” (Tabela 5.19). As classes dos danos são respetivamente de 1 e 3 (Tabela 5.26).

Para a ocorrência do evento “Obtenção de falsa *nega*”, obtiveram-se verosimilhanças de 2 para a “Perda da estaca”, e de 1 para o “Abandono da técnica” (Tabela 5.19), sendo as classes dos danos associados de 5 e 6, respetivamente (Tabela 5.26).

Tendo em consideração as verosimilhanças e os danos supracitados, obtiveram-se riscos aceitáveis, significativos e elevados (Figura 5.28) que devem ser abordados conforme o descrito no ponto 5.5.4. A presença de um risco de magnitude elevada devido ao evento obtenção de falsa nega é potenciada pelo valor do custo do dano “Perda da estaca”.

b) Perigos humanos

A Figura 5.29 representa a árvore de eventos para o perigo “**Fraco domínio da técnica**” na execução de uma estaca dúctil, que pode despoletar o evento “Desempenho inadequado” (Tabela 5.8).

Para o evento “Desempenho inadequado”, obteve-se uma verosimilhança de 3 para o dano “Registo incompleto ou inexistente de um evento”, e uma verosimilhança de 2 para o dano “Perda de rendimento” (Tabela 5.19), sendo as classes dos danos de 1 e 3, respetivamente (Tabela 5.26). Considerando as verosimilhanças e os danos referidos, obtiveram-se magnitudes de riscos aceitáveis e significativos (Figura 5.29) que devem ser abordados conforme o descrito no ponto 5.5.4. Note-se que, relativamente às estacas moldadas para o perigo “Fraco domínio da técnica” se obteve para as estacas cravadas um risco significativo. Isto deve-se ao facto de estas estacas serem normalmente preteridas em função da sua rapidez de execução, o que faz com que no caso de perda de rendimento se tenha uma perda percentual da margem mais significativa.

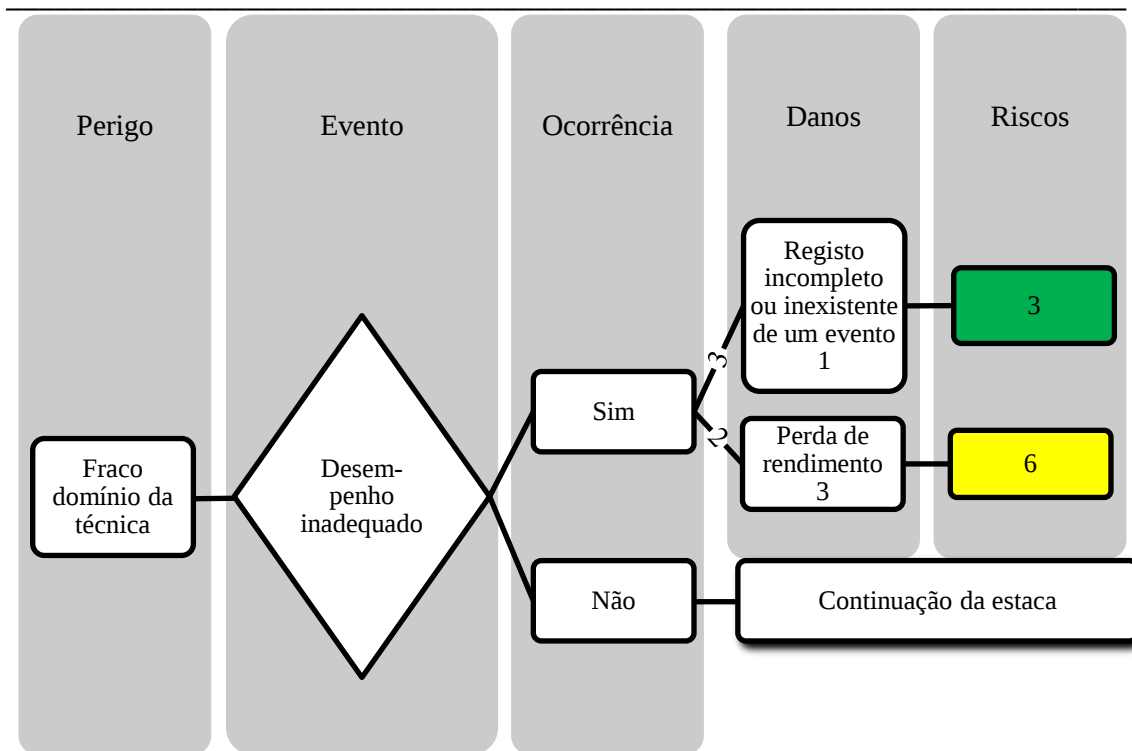


Figura 5.29 – Árvore de eventos para o fraco domínio da técnica na construção de estacas dúcteis cravadas não injetadas

c) Perigos técnicos

A Figura 5.30 representa a árvore de eventos para o perigo, advindo dos meios técnicos **“Inadequação do método ou do equipamento”**. Este tipo de perigo potencial produz um evento que se refere como **“Impedimento ou diminuição do desempenho de cravação”** (Tabela 5.8). Que se verifica quando, por exemplo, se utiliza uma giratória para a cravação de estacas verticais e, devido ao movimento em arco do braço da giratória onde se apoia o martelo, ser difícil conseguir um movimento de cravação retilíneo.

O evento **“Impedimento ou diminuição do desempenho de cravação”** corresponde ao equipamento em operação não conseguir cravar a estaca ou o avanço ser inferior ao expectável.

Considera-se o dano **“Desvio ou desaprumo da estaca”** se o elemento de fundação ficar implantado fora da localização de projeto ou apresentar uma inclinação diferente da estipulada para ele.

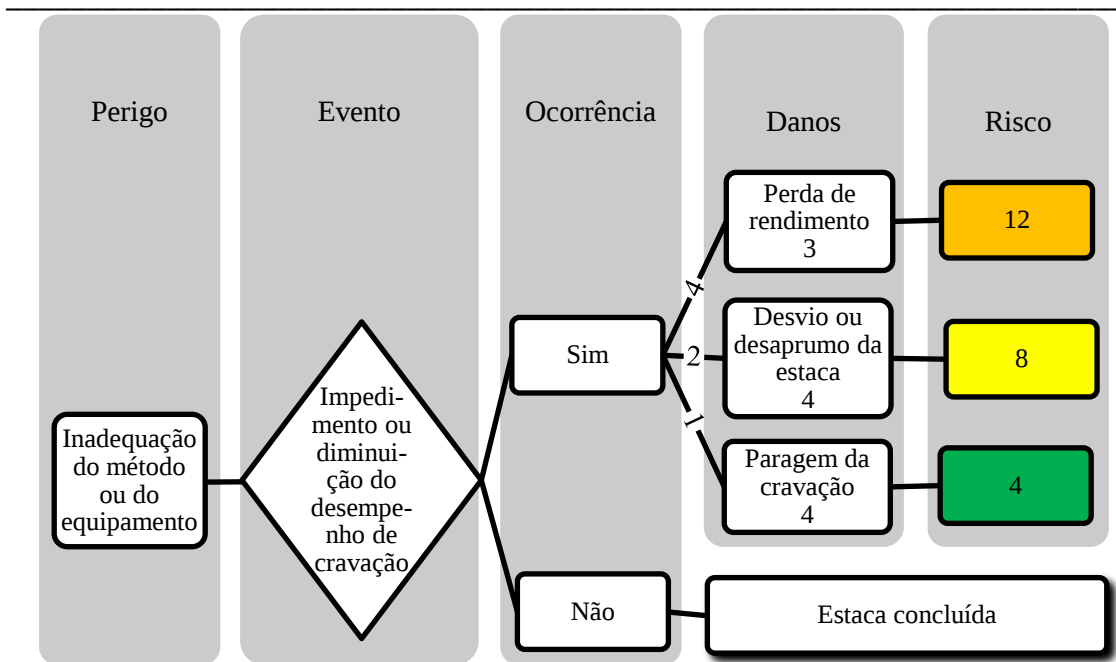


Figura 5.30 – Árvore de eventos para a inadequação do método ou do equipamento na construção de estacas dúcteis cravadas não injetadas

O dano “Paragem da cravação” corresponde à interrupção da cravação para ajuste do equipamento, ou até para a alteração da técnica construtiva.

Para a ocorrência do evento “Impedimento ou diminuição do desempenho de cravação”, obteve-se a verosimilhança de 4 para o dano “Perda de rendimento”, de 2 para o dano “Desvio ou desaparecimento da estaca”, e de 1 para o dano “Paragem da cravação” (Tabela 5.19), a que correspondem classes de dano de 3, 4 e 4 respetivamente (Tabela 5.26).

As verosimilhanças e os danos citados permitiram obter riscos aceitáveis, significativos (Figura 5.30) e elevados, que devem ser remediados conforme o descrito no ponto 5.5.4. A presença do risco elevado deve-se à sua frequência de ocorrência (verosimilhança 4) e ao custo associado à perda de rendimento.

5.5.6.2 Injetadas

a) Perigos geológicos/geotécnicos

A Figura 5.31 representa a árvore de eventos para o perigo “**Presença de calhaus ou blocos**” semelhante ao perigo anteriormente referido a propósito da Figura 5.28. A maior diferença reside no facto de, as estacas referidas na Figura 5.28 responderem apenas por ponta e as da Figura 5.29 responderem por atrito lateral e, como tal, nestas pode-se recalcular e determinar a carga admissível para profundidade em que ocorreu o evento.

Considera-se o evento “Impedimento da progressão” quando, para uma estaca dúctil cravada injetada, não se consegue atingir a profundidade estipulada em projeto.

O dano “Recálculo da capacidade” sempre que se refizer o cálculo para determinar a nova capacidade da estaca para a profundidade atingida.

Para a ocorrência do evento “Encurvamento da estaca” obtiveram-se verosimilhanças de 1 para os danos “Abandono da técnica” e “Perda da estaca” (Tabela 5.20), sendo as classes dos respectivos danos de 6 e 5 (Tabela 5.27).

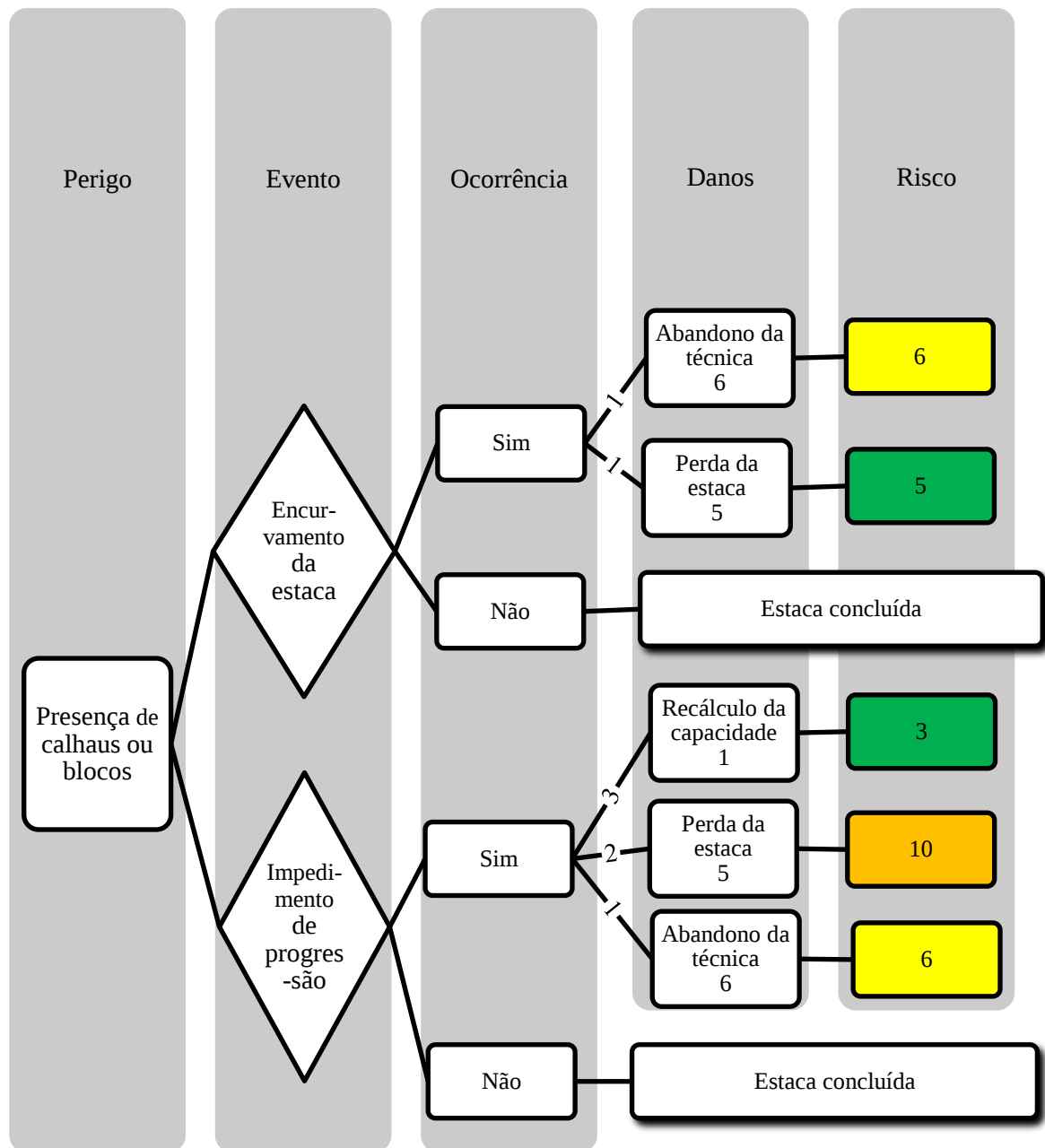


Figura 5.31 – Árvore de eventos para a presença de calhaus ou blocos na construção de estacas dúcteis cravadas injetadas

A ocorrência do evento “Impedimento de progressão” está associada a uma verosimilhança de 3 para o dano “Recálculo da capacidade”, de 2 para o dano “Perda da estaca” e de 1 para o dano “Abandono da técnica” (Tabela 5.20), sendo as classes dos respetivos danos 1, 5 e 6 (Tabela 5.27).

Atendendo às verosimilhanças e aos danos supramencionados, obtiveram-se riscos aceitáveis, significativos e elevados (Figura 5.31) que devem ser abordados conforme o descrito no ponto 5.5.4.

b) Perigos humanos

A Figura 5.32 apresenta a árvore de eventos relativa ao perigo “**Fraco domínio da técnica**”, semelhante à da Figura 5.29. As técnicas referenciadas nestas duas figuras apenas se distinguem porque nesta secção há injeção de betão ao longo da perfuração nas estacas dúcteis injetadas. Contudo, havendo mais uma ação, a injeção, existe mais um registo que deve ser feito, acrescem ainda os ensaios ao betão em obra para a verificação se as características do mesmo correspondem ao estipulado no projeto e, como tal existem mais probabilidades de aparecerem falhas nos registos.

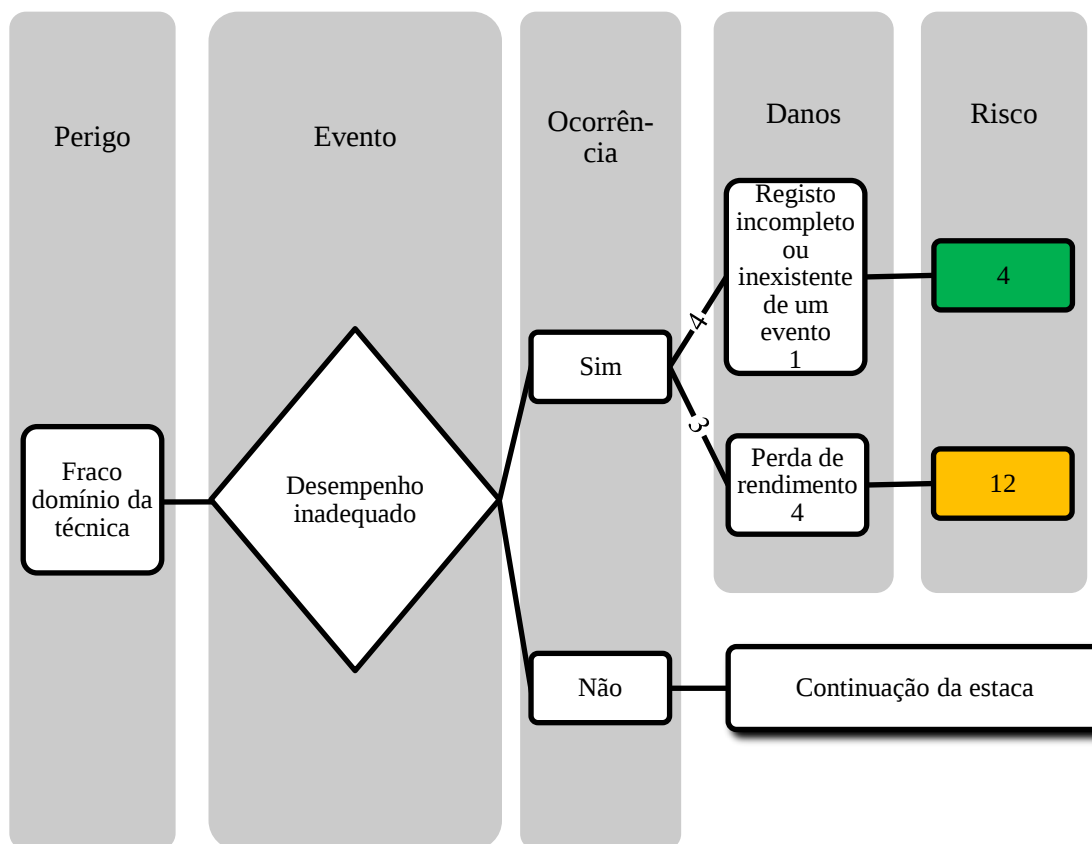


Figura 5.32 – Árvore de eventos para o fraco domínio da técnica na construção de estacas dúcteis cravadas injetadas

Para a ocorrência do evento “Desempenho inadequado”, obteve-se a verosimilhança de 3 para o dano “Perda de rendimento” e de 4 para o dano “Registo incompleto ou inexistente de um evento” (Tabela 5.20), sendo as classes dos respetivos danos de 4 e 1, (Tabela 5.27).

Considerando as verosimilhanças e os danos supracitados (Figura 5.32), obtiveram-se riscos aceitáveis e elevados (Figura 5.32) que devem ser abordados conforme o descrito no ponto 5.5.4. Como se pode verificar nas figuras (árvores) anteriores relativas a estacas cravadas, a perda de rendimento potencia negativamente a magnitude do risco.

c) Perigos técnicos

A Figura 5.33 mostra a árvore de eventos para o perigo associado à **“Inadequação do método ou do equipamento”**, semelhante à Figura 5.30. Contudo, a técnica construtiva respeitante à Figura 5.33 inclui mais um equipamento, uma bomba de betão, a qual tem de possuir capacidade para fazer ascender o betão do fundo da estaca até à superfície de forma continua a uma pressão regular. Atualmente, os equipamentos de bombagem utilizados, designados de bombas de betão estáticas, encontram-se munidas de um regulador contínuo de variação de pressão, o que no caso da bomba estar sobredimensionada resolvem a questão da continuidade de bombagem, contudo se estiver subdimensionada, nada resolverá.

A ocorrência do evento “Impedimento ou diminuição do desempenho de cravação”, obteve uma verosimilhança de 4 para a dano “Perda de rendimento”, de 2 para o dano “Desvio ou desaprumo da estaca”, e de 1 para o dano “Paragem da cravação” (Tabela 5.20); a classe dos danos referidos é sempre 4, (Tabela 5.27).

Tendo em consideração as verosimilhanças e os danos citados, obtiveram-se riscos aceitáveis, significativos e intoleráveis (Figura 5.33) que devem ser abordados conforme o descrito no ponto 5.5.4. De acordo com o que tem vindo a verificar-se nas árvores de eventos relativas a estacas cravadas, a magnitude do risco mais elevada, neste caso intolerável, tem como dano a perda de rendimento associada a uma verossimilhança de valor 4.

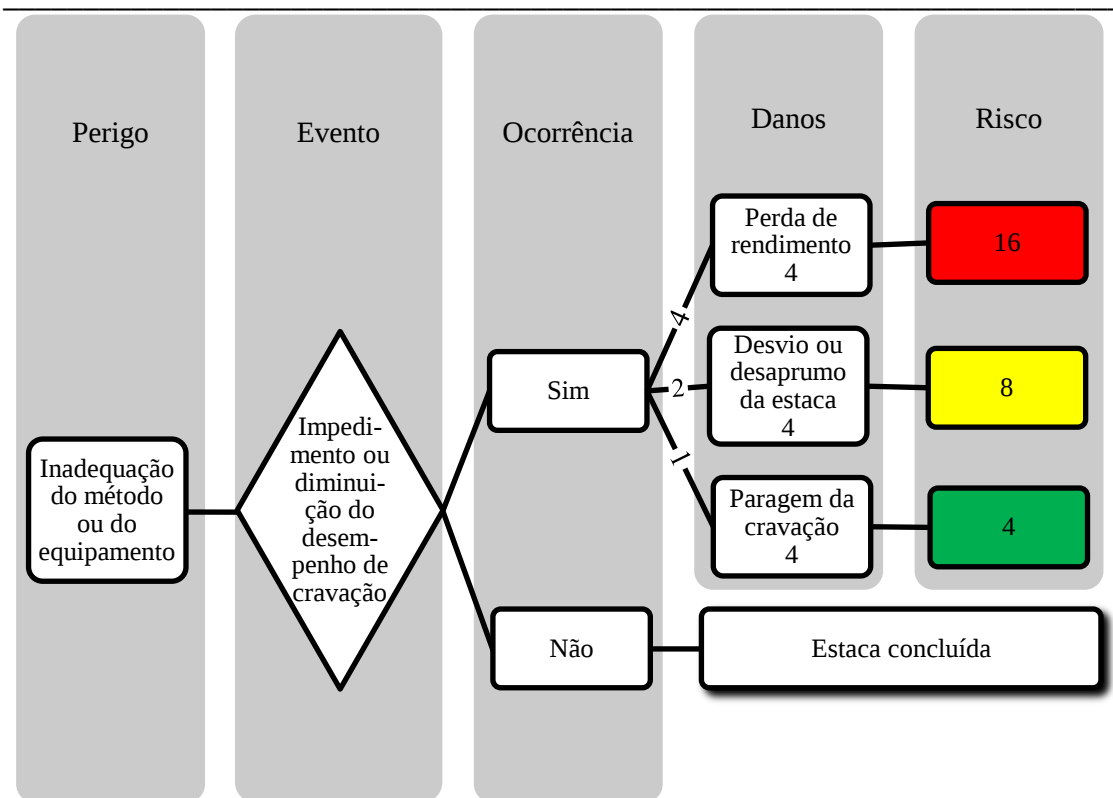


Figura 5.33 – Árvore de eventos para a inadequação do método ou do equipamento na construção de estacas dúcteis cravadas injetadas

5.6. Avaliação dos danos em situação de “best way out” ou da necessidade de mitigação

As empreitadas de construção de estacas não permitem geralmente muito tempo para reagir aos eventos uma vez que as ocorrências são praticamente imediatas, pelo que é importante ter uma metodologia com planos de contingência de implementação rápida. Com frequência, costuma-se efetuar uma análise aos documentos existentes relativos à empreitada de construção, projeto, relatório geotécnico, contrato, orçamento e premissas de orçamentação, com vista à determinação do método construtivo, o qual deverá ter também como fundamento o conhecimento de situações verificadas em empreitadas anteriores com condições geológico/geotécnicas, humanas e técnicas semelhantes. Deve iniciar-se a empreitada utilizando as técnicas construtivas adequadas ao projeto que permitam o melhor compromisso de viabilidade, riscos e custo construtivos. Assim, só deverão existir ocorrências de eventos relativos a perigos DD, com as potenciais medidas de mitigação.

Os fluxogramas desenvolvidos neste ponto destinam-se a ser utilizados na fase construtiva face a um risco a mitigar ou, em caso de um determinado dano se efetivar, são diagramas de ação face a um dano. Funcionarão como medidas mitigadoras de riscos previamente identificados ou como uma solução *best way out* (DD).

Estes diagramas são apenas para estacas moldadas com suspensões bentoníticas ou entubadas e para as estacas dúcteis, por serem os exemplos que correspondem aos casos de obra apresentados na secção 4.3 e para os quais se tem verossimilhanças. São diagramas exemplificativos e não devem ser considerados para aplicação direta a qualquer tipo de estacas. Contudo podem ser utilizados como uma primeira abordagem e ser incrementada por cada DO que a utilize, baseando-se no seu conhecimento e experiência.

Os custos abordados no ponto 5.6.1 são explicados na sua primeira aparição neste documento, após a qual só se voltam a detalhar caso a sua definição seja diferente, independentemente de serem de estacas dúcteis ou moldadas. Sempre que se trocam técnicas de construção, equipas e/ou meios mecânicos, no final da orçamentação para se ter o custo real é necessário retirar os custos relativos ao item que foi substituído. Estes custos serão sempre acrescentados à empreitada.

Os custos apresentados não são quantificados, pois dependem sempre da realidade local e temporal da sua geração. Deverão ser calculados para cada caso pelo orçamentista da empresa interessada, para que o decisor possa ter valores reais para cada solução, ou para optar entre soluções alternativas.

5.6.1 Danos em estacas moldadas com suspensões bentoníticas

5.6.1.1 Perda da estaca

A Figura 5.34 refere-se ao dano “Perda da estaca” na execução de estacas moldadas com bentonite como fluído estabilizador e apresentam-se duas medidas corretivas:

- Refazer com tubo moldador, que é a solução menos dispendiosa, pois geralmente consiste apenas em mobilizar a campânula e os tubos;
- Refazer com outra técnica de perfuração, quando não é possível prosseguir com a técnica em uso.

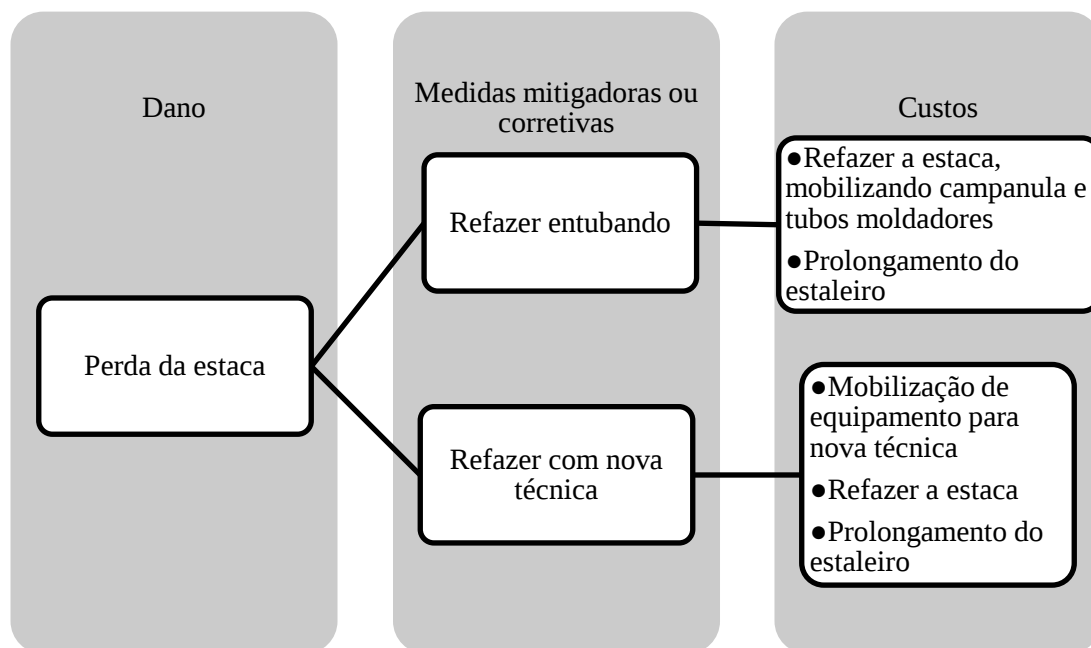


Figura 5.34 – Diagrama de ação perante o dano perda de estacas

No custo de refazer o elemento, inclui-se o projeto e os novos materiais necessários.

O prolongamento do estaleiro inclui todos os custos diretamente abrangidos pelo arrastamento no tempo da empreitada de construção, como alugueres, salários fixos, rendas e combustíveis que sejam superiores ao orçamentado para a duração inicialmente prevista da empreitada.

Contudo, e como referido ao mobilizar novo equipamento, implica a desmobilização do anterior e que o mesmo deixa de pagar aluguer.

Os custos relativos a refazer com tubos moldadores, referem-se a:

- Refazer a estaca e mobilizar os tubos moldadores e campânula (1 camiã);
- Prolongamento do estaleiro, refere-se ao acréscimo de tempo de permanência do estaleiro, que se a decisão for tomada de forma consciente e atempada, é recuperado ao longo da empreitada.

Os custos relativos a se refazer com outra técnica de perfuração devem-se a:

- Mobilizar equipamento para a nova técnica;
- Refazer a estaca;
- Prolongamento do estaleiro.

5.6.1.2 Sobreconsumo

A Figura 5.35 refere-se ao dano “Sobreconsumo” de betão na execução de estacas moldadas com suspensão bentonítica, para a qual se consideram duas alternativas:

- Aumentar o pedido de betão, como se procede para a resolução imediata durante uma betonagem;
- Utilizar tubos moldadores nas estacas futuras;

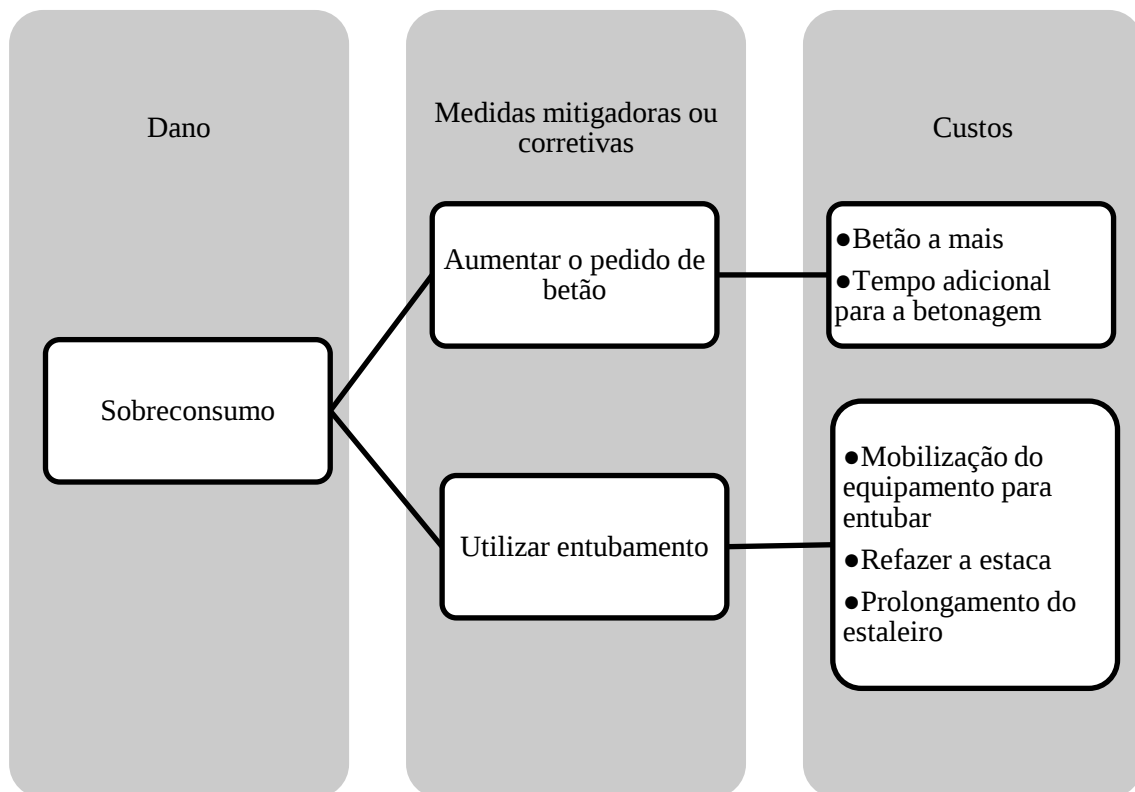


Figura 5.35 – Diagrama de ação perante o dano sobreconsumo

Os custos relativos a aumentar o pedido de betão referem-se:

- Ao consumo de betão adicional;
- Ao tempo adicional que as equipas têm de fazer para terminar a betonagem.

Os custos relativos à utilização de tubos moldadores referem-se a:

- Mobilização de equipamento para entubar;
- Refazer a estaca;
- Prolongamento do estaleiro, que como referido pode vir a ser recuperado.

5.6.1.3 Colapso da estaca

A Figura 5.36 refere-se ao dano “Colapso da estaca” na execução de estacas moldadas com suspensão bentonítica, para a qual se contemplam três soluções possíveis, a saber:

- Injetar o terreno com calda de cimento e refazer a estaca;
- Passar a utilizar tubos moldadores na construção da estaca;
- Betonar com betão pobre o que for possível da perfuração colapsada e refazer a estaca.

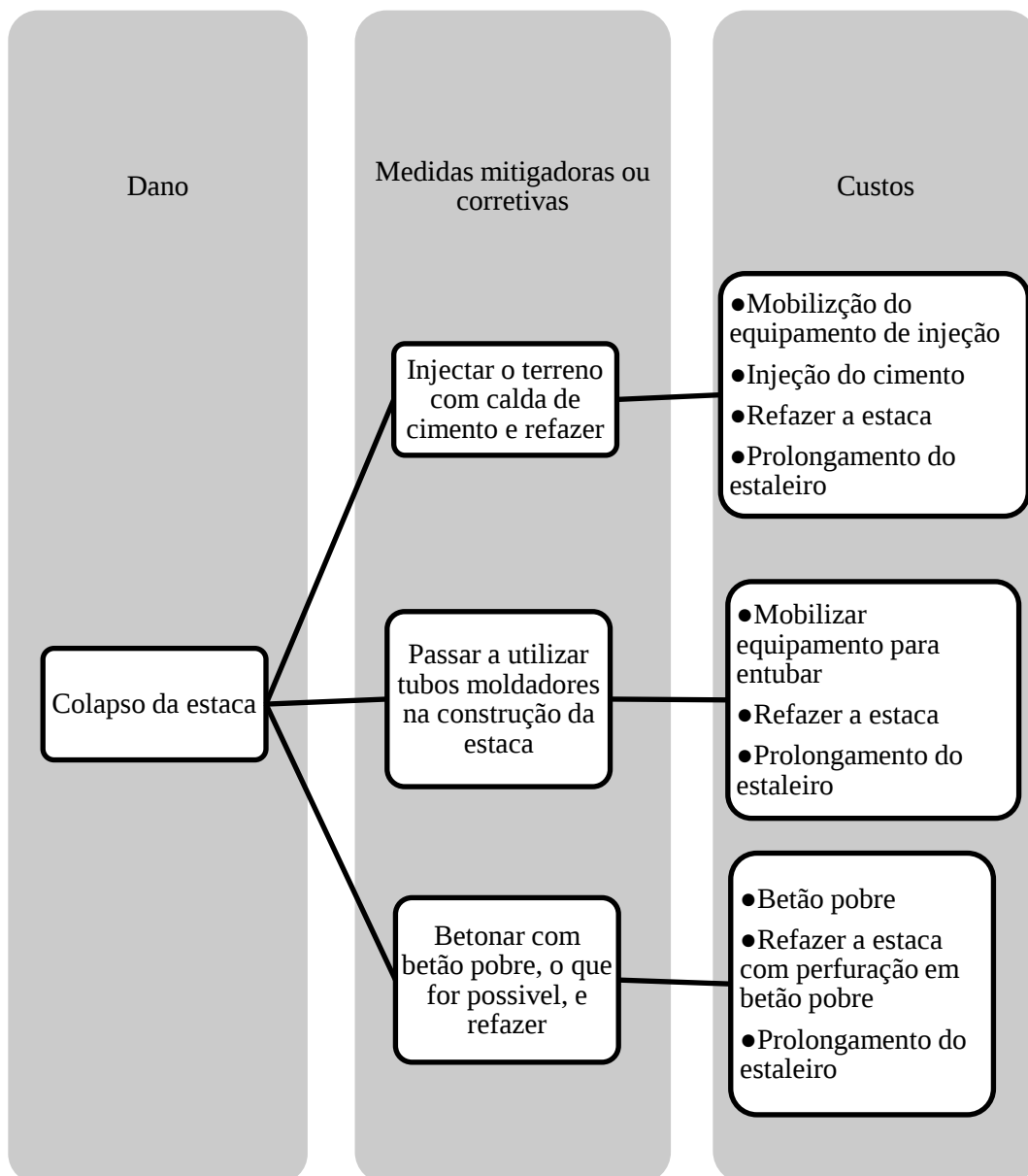


Figura 5.36 – Diagrama de ação perante o dano colapso da estaca

Os custos relativos a injetar o terreno com calda de cimento e refazer a estaca referem-se:

- À mobilização do equipamento para injeções de calda;
- Ao valor da calda injetada;
- Ao refazer da estaca;
- Ao prolongamento do estaleiro.

Os custos relativos a refazer com tubos moldadores referem-se a:

- Mobilizar o equipamento para entubar;
- Refazer a estaca;
- Prolongamento do estaleiro que como já referido pode ser recuperado

Os custos relativos a betonar com betão pobre o que for possível e refazer, referem-se:

- Ao custo do betão adicional do betão pobre;
- A refazer a estaca com a reperfuração do betão pobre o que é sempre mais complicado do que a perfuração do solo;
- Do prolongamento do estaleiro, que pode vir a ser recuperado.

5.6.1.4 Perda de rendimento

A Figura 5.37 refere-se ao dano “Perda de rendimento” na execução de estacas moldadas com suspensão bentonítica, para a qual se apresentam duas soluções:

- Prolongar o turno de trabalho;
- Aumentar os meios mecânicos e/ou humanos que pode consistir na alteração quer dos meios mecânicos, substituindo-os por outros mais adequados que permitam aumentar a eficácia, quer aumentando equipas, seja a nível do número de elementos, quer das competências, optando-se por outros elementos.

Os custos relativos a aumentar o turno das equipas referem-se:

- Ao pagamento de horas extra aos colaboradores.

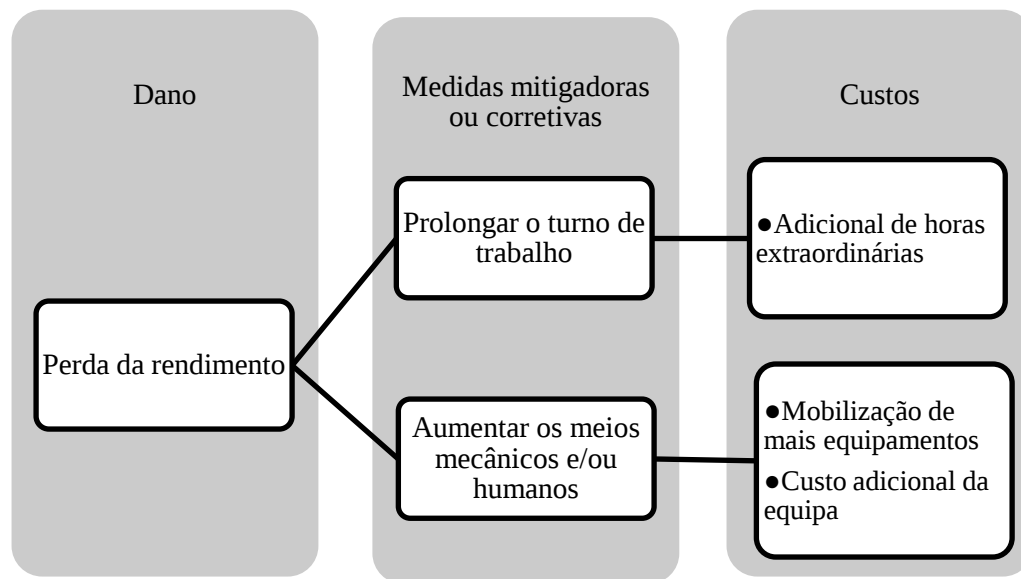


Figura 5.37 – Diagrama de ação perante o dano perda de rendimento

Os custos relativos ao acréscimo/alteração dos meios mecânicos e/ou humanos consistem:

- Mobilização de mais equipamentos, não se considerando o respetivo aluguer apenas acertando o custo diferencial pressupondo-se que o equipamento mais adequado entra em obra substituindo o inadequado, anteriormente considerado;
- Custo adicional da equipa.

5.6.1.5 Impedimento da execução

A Figura 5.38 refere-se ao dano “Impedimento da execução” na construção de estacas moldadas com suspensão bentonítica, para a qual se apresenta a solução:

- Modificação na técnica construtiva.

Os custos relativos à alteração da técnica referem-se:

- À implementação de um novo projeto, no caso de se alterar o tipo de fundação;
- Eventual mobilização de novos meios, ajustados à alteração técnica a executar;
- Do prolongamento do estaleiro.

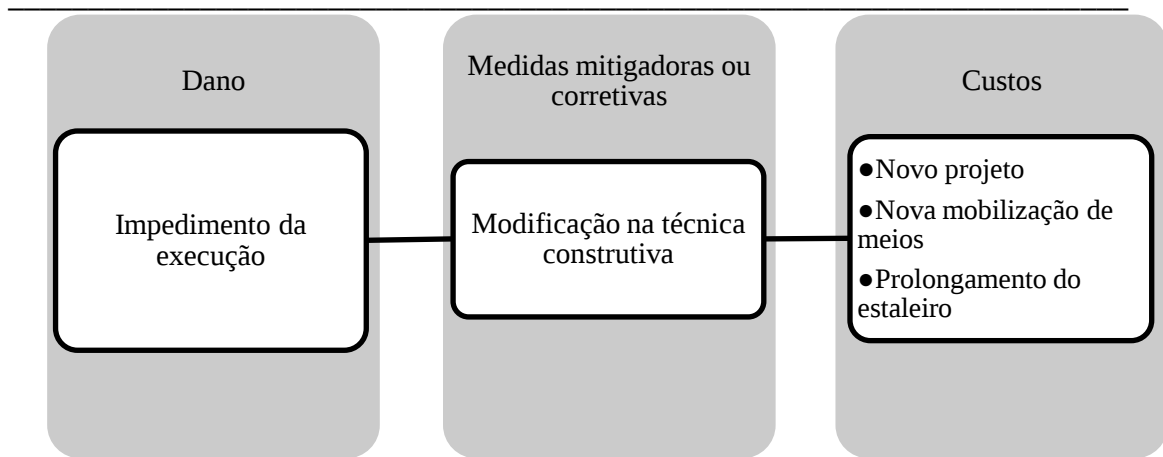


Figura 5.38 – Diagrama de ação perante o dano impedimento de execução

5.6.1.6 Impedimento ou dificuldade de bombagem

A Figura 5.39 refere-se ao dano “Impedimento ou dificuldade de bombagem” na execução de estacas moldadas com suspensão bentonítica, para a qual se apresentam três medidas corretivas:

- Betonar sem reciclar a bentonite, o que só é possível no caso de os teores de areia serem inferiores a 4%;
- Aumentar a capacidade de bombagem, recorrendo a bombas mais potentes ou de configuração diferente;
- Executar uma reciclagem faseada.

Os custos relativos a betonar sem reciclar o fluído estabilizador referem-se:

- Ao atraso na betonagem, pois a mesma terá de ser efetuada com menor velocidade para se garantir que não existe envolvimento do material que está a ser arrastado na limpeza com o betão.

Os custos associados ao aumento da capacidade de bombagem correspondem:

- À mobilização de equipamento suplementar;
- Ao atraso na reciclagem e consequente conclusão da estaca.

Os custos relativos à reciclagem faseada referem-se ao:

- Atraso na reciclagem da estaca, pois esta técnica, como o nome refere, é executada por secções, em profundidade.

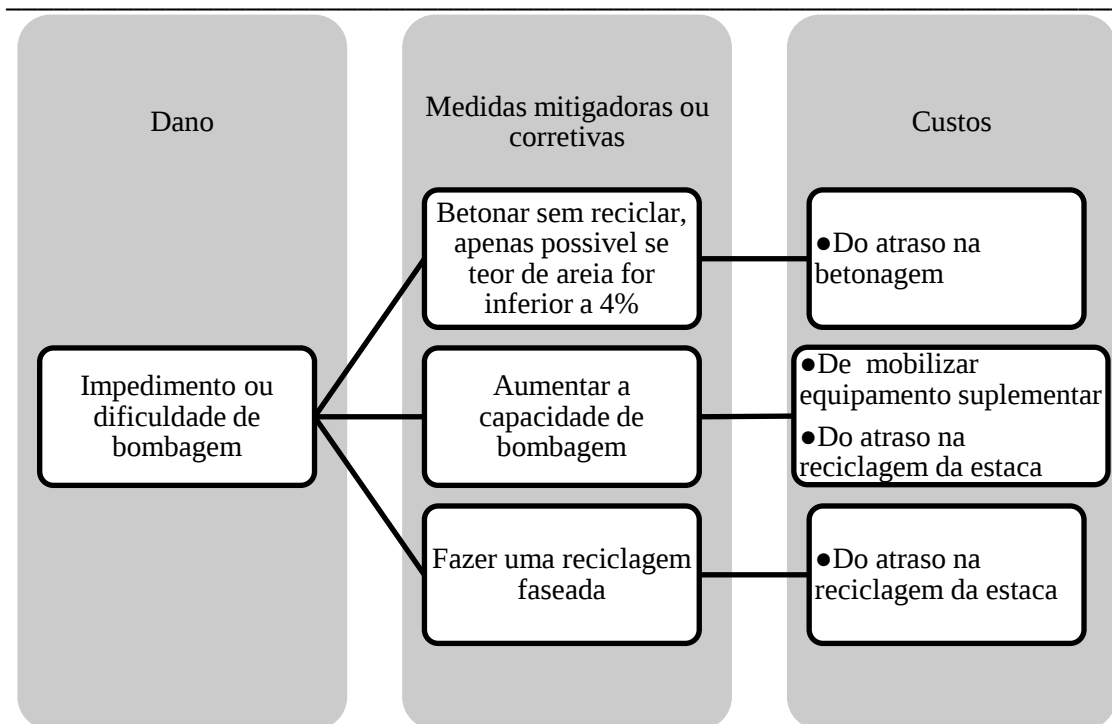


Figura 5.39 – Diagrama de ação perante o dano impedimento ou dificuldade de bombagem

5.6.1.7 Registo incompleto ou inexistente do ocorrido

A Figura 5.40 refere-se ao dano “Registo incompleto ou inexistente de um evento” na execução de estacas moldadas com suspensão bentonítica, para a qual se indicam duas medidas corretivas:

- Trocar o elemento responsável, o que se pode fazer havendo na equipa da empresa alguém com competências mais adequadas ao trabalho em questão;
- Complementar a formação do indivíduo responsável, no caso do mesmo ser digno do investimento e tiver interesse em adquirir mais conhecimentos.

Os custos relativos a trocar o indivíduo responsável correspondem:

- Efetuar uma nova contratação, o que por vezes é necessário pois pode não haver ninguém disponível com a formação desejada no quadro da empresa.

Os custos relativos complementares à formação do elemento responsável referem-se:

- Às horas de formação, situação que pode ser vista também como investimento (impacte positivo para a empresa);

- Ao prolongamento do estaleiro decorrente da formação.

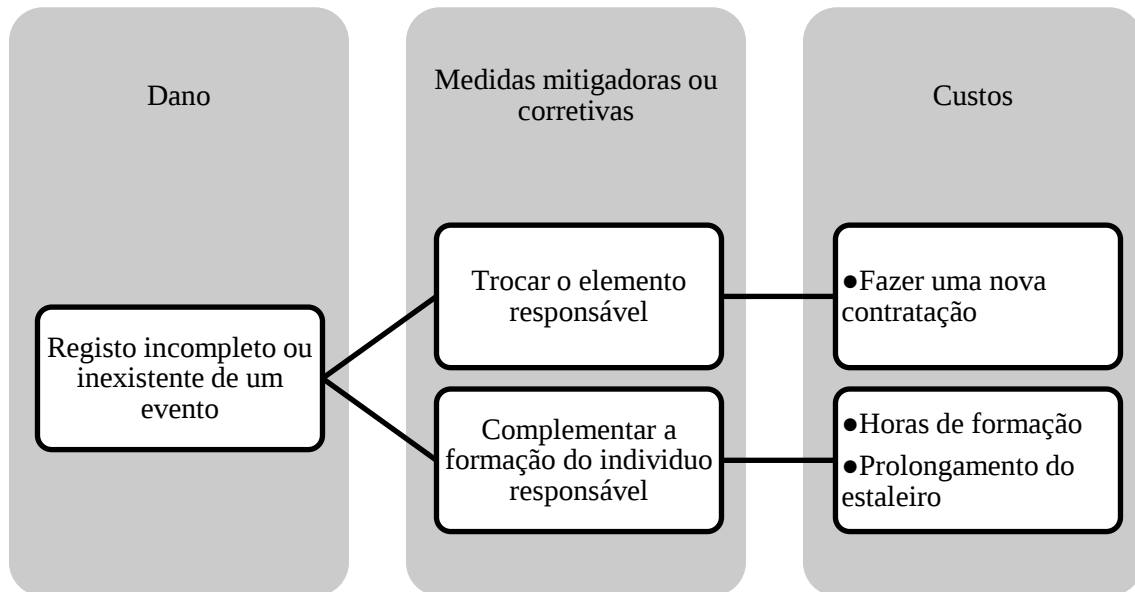


Figura 5.40 – Diagrama de ação perante o dano registo incompleto ou inexistente do ocorrido

Relativamente aos custos com horas de formação, tendo em conta que numa empresa ela é obrigatória pela Lei 7/2009 – Código do trabalho – artigo 131º, pode considerar-se a hipótese de não ser contabilizada como um custo da empreitada e transpô-lo para um custo da empresa, não afetando diretamente a empreitada. Por outro lado, pode-se considerar como um investimento da empresa ao invés de um custo, uma vez que se está a aumentar as competências de um colaborador, contudo seria muito complicado de se conseguir avaliar o retorno desse mesmo investimento, se assim for, já não se pode considerar uma medida corretiva de um dano.

5.6.1.8 Paragem da perfuração

A Figura 5.41 refere-se ao dano “Paragem da perfuração” na execução de estacas moldadas com suspensão bentonítica, para a qual se indicam duas medidas corretivas:

- Refazer desviando a localização que está condicionada normalmente pelo espaço e tipo de estrutura;
- Refazer com outra técnica de perfuração, o que será necessário sempre que não se poder desviar a localização da referida estaca.

Os custos relativos a refazer desviando a localização referem-se:

- A refazer a estaca e redimensionar o maciço de encabeçamento;
- Ao prolongamento de estaleiro.

Os custos relativos a refazer com outra técnica de perfuração correspondem:

- A mobilizar equipamento para outra técnica;
- A refazer a estaca;
- Ao prolongamento do estaleiro.

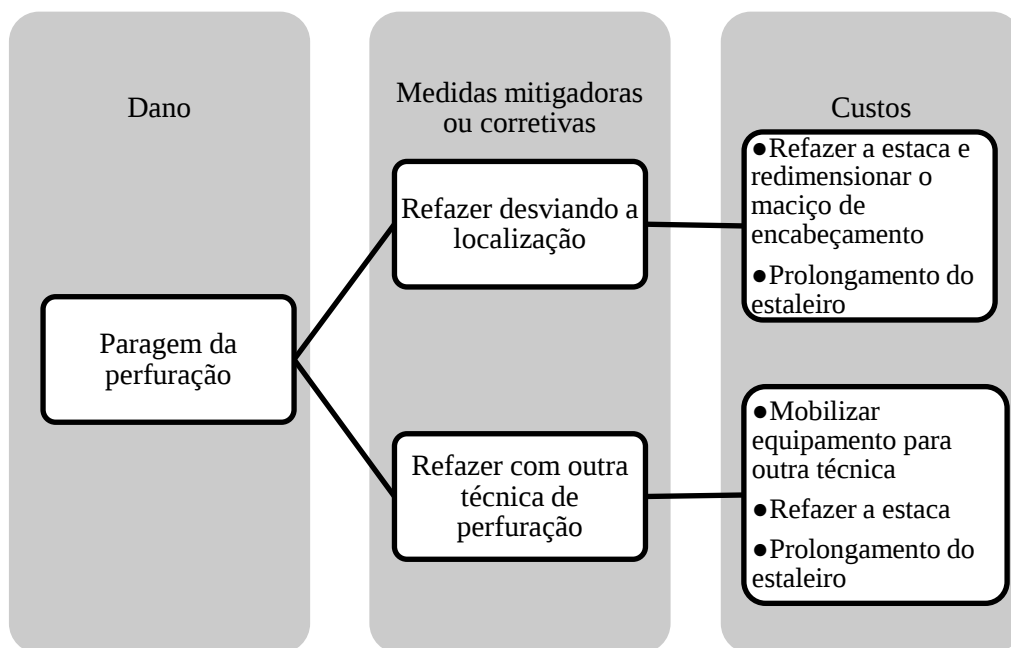


Figura 5.41 – Diagrama de ação perante o dano paragem da perfuração

5.6.2 Danos em estacas moldadas com tubos moldadores

5.6.2.1 Impedimento da execução

Na Figura 5.42 apresenta-se uma medida corretiva para o dano “Impedimento da execução” na construção de estacas moldadas com tubos moldadores, a saber:

- Alteração da técnica construtiva.

Os custos relativos a alterar a técnica construtiva referem-se:

- À realização de um novo projeto, no caso de se alterar o tipo de fundação;
- À mobilização de meios, ajustados à nova técnica;
- Ao prolongamento do estaleiro.

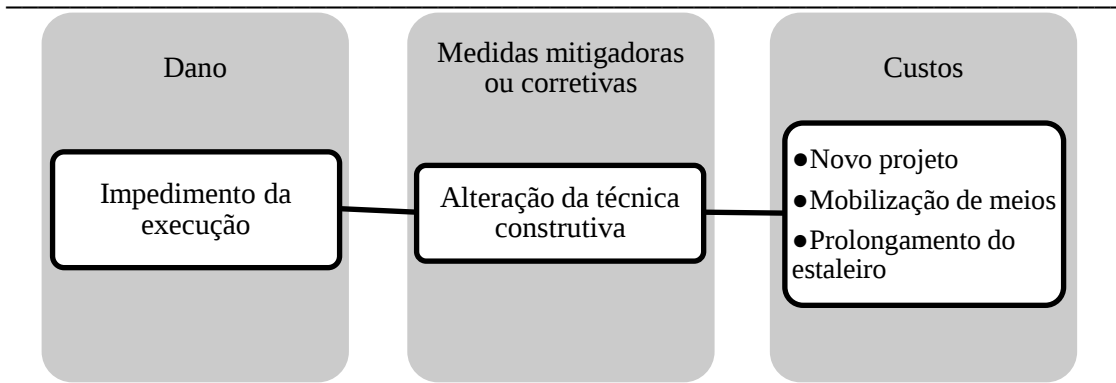


Figura 5.42 – Diagrama de ação perante o dano impedimento de execução

5.6.2.2 Perda de rendimento

A Figura 5.43 refere-se ao dano “Perda de rendimento” na execução de estacas moldadas com tubos moldadores, para a qual se apresentam duas medidas corretivas:

- Prolongar o turno de trabalho;
- Acréscimo nos meios mecânicos e humanos, que pode-se refletir na alteração dos meios, selecionando outros mais adequados que permitam aumentar a produtividade, e/ou aumentando as equipas, quer a nível da quantidade de trabalhadores quer das aptidões que possuam.

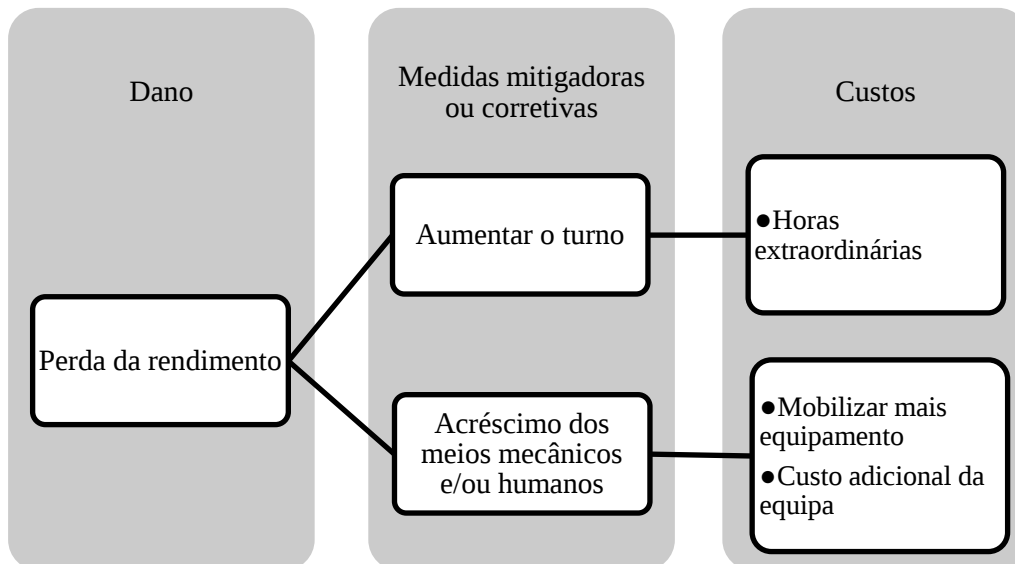


Figura 5.43 – Diagrama de ação perante o dano perda de rendimento

Os custos relativos a aumentar o turno referem-se:

- Ao pagamento de horas extra aos colaboradores.

Os custos decorrentes do acréscimo de meios mecânicos e/ou humanos envolvidos englobam:

- A mobilização de equipamentos adicionais, não se considera o respetivo aluguer pressupondo-se que a seleção de equipamento mais adequando entra em obra substituindo o inadequado;
- Ao custo adicional da equipa envolvida.

5.6.2.3 Subida da armadura

A Figura 5.44 refere-se ao modo como se pode mitigar o dano “subida da armadura” na execução de estacas moldadas com tubos moldadores, para a qual se consideram quatro medidas corretivas a adotar, assim:

- Verificar se consegue reposicioná-la bem, o que nem sempre é possível devido à densidade do betão;
- Retirar a armadura, limpar a perfuração e voltar a armar e betonar;
- Refazer a estaca, que difere do ponto anterior na medida em que ao se refazer a estaca, não se está a considerar que se limpa a perfuração previamente executada, mas que se faz uma outra;
- Aumento da densidade do fluído estabilizador na perfuração que tem como finalidade conter o do fluxo de areia à perfuração. Consiste na adição de bentonite e água enchendo os tubos moldadores com esta solução até à boca. A função desta ação é aumentar o gradiente hidráulico evitando o artesianismo responsável pelo arraste de areias para o interior da perfuração, bem como a contaminação da estaca durante a betonagem, provocando a fixação da armadura aos tubos moldadores e posterior subida da mesma no processo de retirada dos tubos de revestimento.

Os custos associados à recolocação da armadura no sítio referem-se:

- Ao atraso na betonagem, que fica parada durante o decorrer desta ação.

Os custos relativos a retirar a armadura, limpar a perfuração e voltar a armar e betonar incluem os seguintes itens:

- Prolongamento do estaleiro;

- Material estragado⁶¹, e novos armadura e betão.

Os custos decorrentes de se refazer a estaca contemplam:

- O prolongamento do estaleiro, que é maior que o do item anterior, devido à reperfuração (na solução anterior apenas se limpa a perfuração);
- O material estragado e à nova armadura e betão.

Os custos decorrentes de se aumentar a densidade do fluído no interior da perfuração contemplam:

- Acréscimo do teor em bentonite.

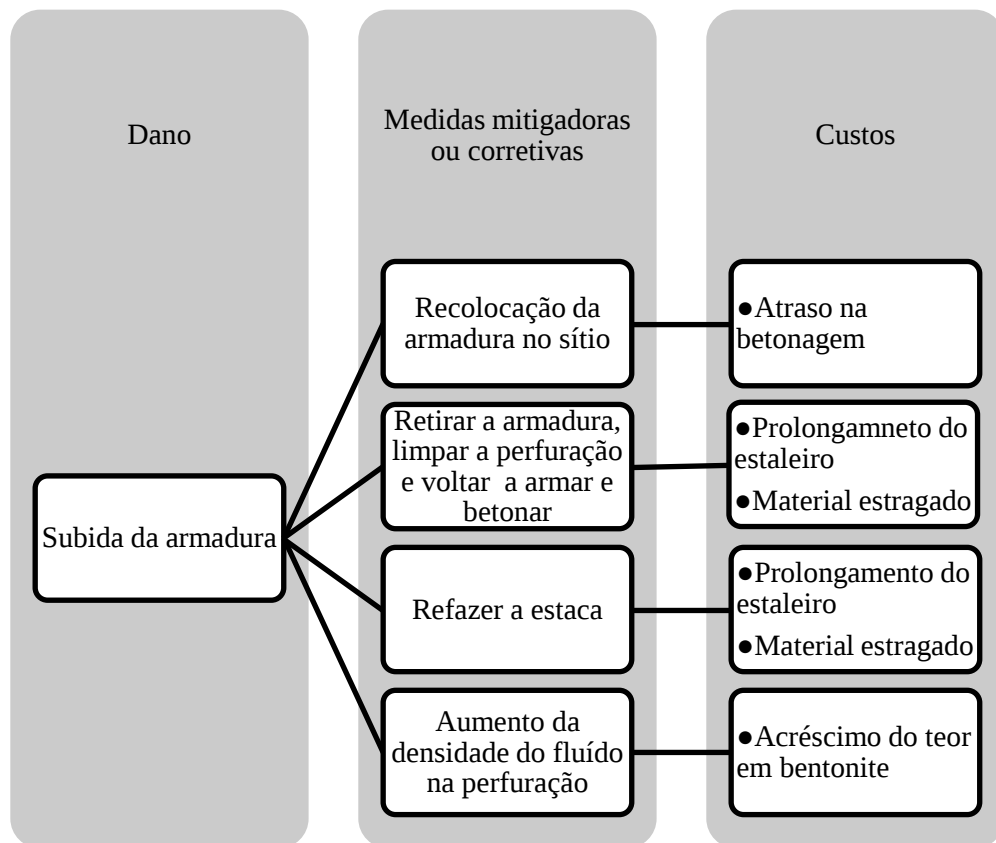


Figura 5.44 – Diagrama de ação perante o dano subida da armadura

⁶¹ Não estão considerados custos com remoção dos materiais a locais de depósito autorizados porque nas empreitadas analisadas esse custo era sempre do dono de obra.

5.6.2.4 Inclusões no fuste da estaca

A Figura 5.45 mostra as potenciais medidas corretivas para o dano “Inclusões no fuste da estaca” na execução de estacas moldadas com tubos moldadores, que incluem:

- Verificar se é necessário o tratamento da estaca, através de ensaios, por exemplo, sónicos, testes dinâmicos de baixa tensão (TDR)⁶² ou carotagens;
- Limpar e injetar as cavidades deixadas pelas inclusões, com betão ou resinas;
- Refazer a estaca.

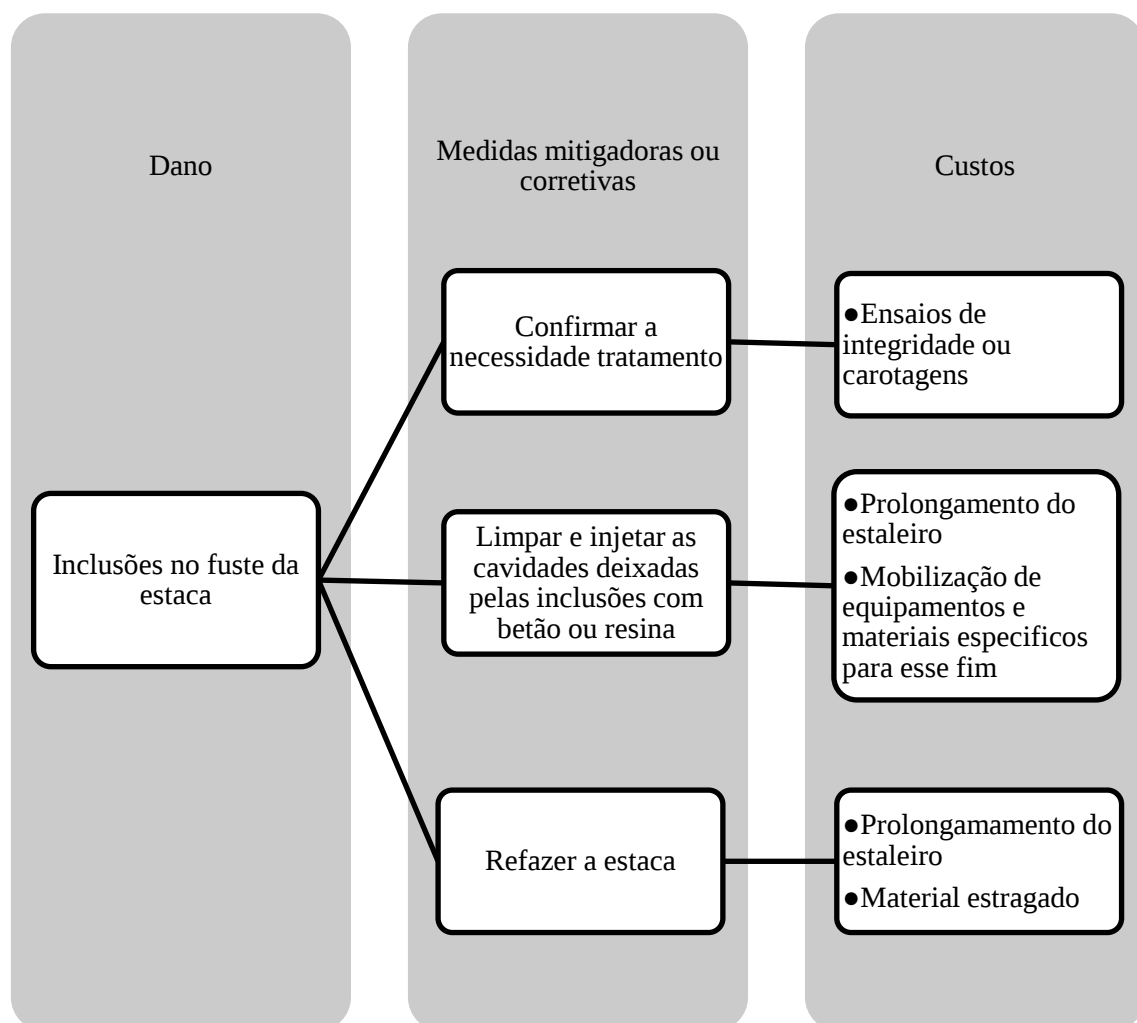


Figura 5.45 – Diagrama de ação perante o dano inclusões no fuste da estaca

⁶² Também conhecidos por PIT *Pile Integrity Test* ensaio de integridade de estacas

Os custos associados à verificação da necessidade de tratamento referem-se ao:

- Valor dos ensaios contratados especificamente para este fim. Contudo, podem já existir ensaios contratados para a verificação da integridade das estacas, pelo que a realização dos ensaios de integridade não constitui um custo adicional. Se assim for, o custo passa a ser apenas o do ponto seguinte.

Os custos relativos a limpar e injetar as cavidades deixadas pelas inclusões, com caldas de cimento ou resina contemplam:

- O prolongamento do estaleiro;
- A mobilização dos equipamentos específicos para este tratamento.

Os custos decorrentes de se refazer a estaca incluem:

- O prolongamento do estaleiro;
- O material estragado e nova armadura e betão adicional.

5.6.2.5 Registo incompleto ou inexistente do ocorrido

A mitigação do dano “Registo incompleto ou inexistente de um evento” na execução de estacas moldadas com tubo moldador (Figura 5.46) inclui as seguintes medidas corretivas:

- Trocar o individuo responsável pela equipa de construção, o que é possível se existir na equipa da empresa alguém com competências mais adequadas ao trabalho em curso;
- Complementar a formação do individuo responsável, no caso do mesmo ser digno do investimento e ter interesse em fazê-lo.

Os custos relativos a trocar o individuo responsável correspondem:

- Fazer-se uma nova contratação, o que por vezes é necessário, pois pode não haver ninguém disponível no quadro da empresa.

Os custos relativos ao complemento da formação do individuo responsável referem-se:

- Às horas de formação, situação que pode ser vista também como investimento;
- Ao prolongamento de estaleiro relativo ao tempo de formação.

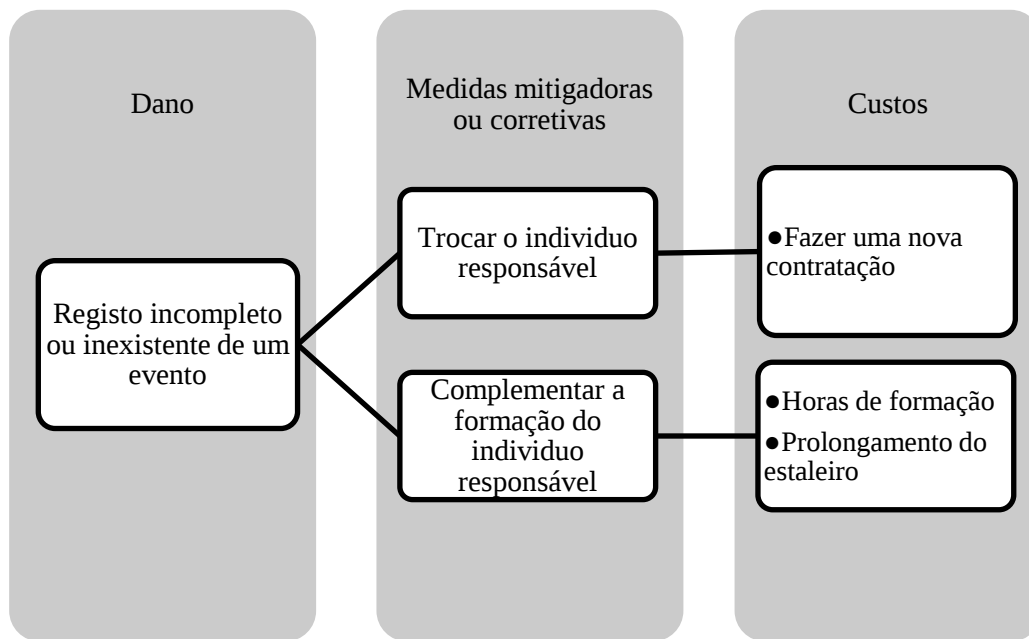


Figura 5.46 – Diagrama de ação perante o dano registo incompleto ou inexistente de ocorrência

5.6.2.6 Paragem da perfuração

A Figura 5.47 refere-se ao dano “Paragem da perfuração” na execução de estacas moldadas com tubo moldador que é semelhante à Figura 5.41. Apesar das figuras serem semelhantes, os custos monetários são diferentes - geralmente a construção de uma estaca com tubo moldador é mais onerosa do que uma estaca com bentonite como fluído estabilizador (para as mesmas características e em solos onde seja possível a execução de ambas as técnicas) pelo que se apresentam duas medidas corretivas:

- Refazer a estaca desviando a localização, o que está normalmente condicionado pelo espaço e tipo de estrutura;
- Refazer com outra técnica de perfuração, sempre que não se pode desviar a localização da estaca.

Os custos relativos a refazer desviando a localização contemplam:

- Refazer a estaca e redimensionar o maciço de encabeçamento;
- O prolongamento do estaleiro.

Nos custos relativos a refazer com outra técnica de perfuração estão considerados:

- A mobilização de equipamento para outra técnica;
- Refazer a estaca;
- O prolongamento do estaleiro.

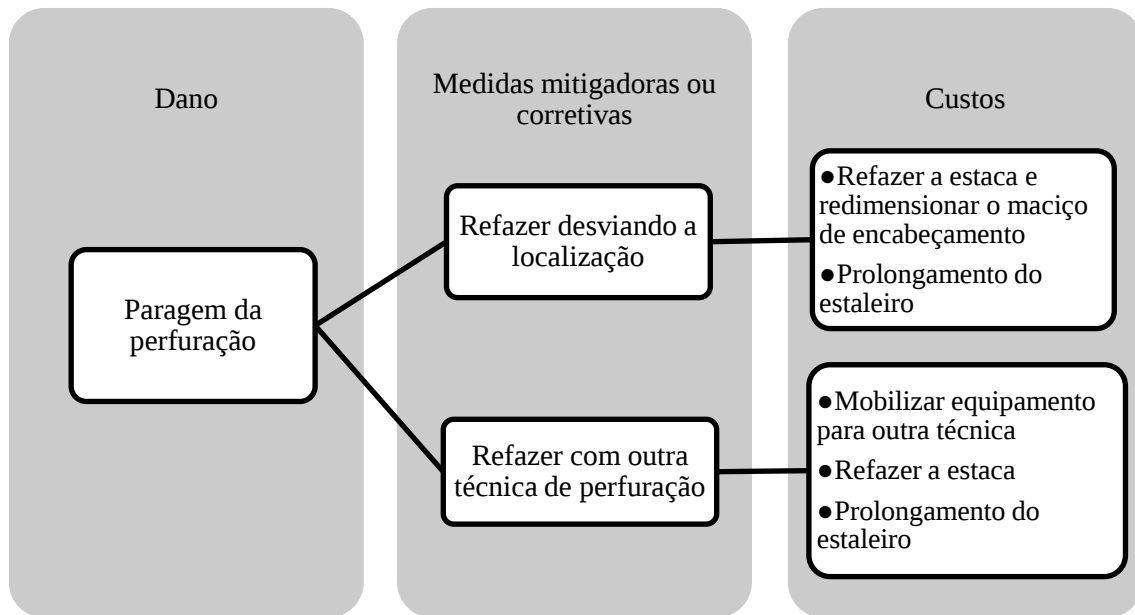


Figura 5.47 – Diagrama de ação perante o dano paragem da perfuração

5.6.3 Danos em estacas dúcteis cravadas

Abordam-se em seguida as estacas dúcteis não injetadas e injetadas em conjunto, porque as respetivas técnicas de execução são globalmente semelhantes, traduzindo-se em diagramas de danos idênticos⁶³ e que se consideram possíveis de aplicar àqueles dois tipos de estacas dúcteis.

5.6.3.1 Abandono da técnica

A Figura 5.48 aborda o tratamento do dano “Abandono da técnica” da execução de estacas dúcteis. Não consiste numa situação comum, contudo convém estar-se ciente que pode ser necessário. Como medida corretiva optou-se por utilizar outra técnica construtiva, como por exemplo CFA. Os custos associados são:

- Mobilização do equipamento para outra técnica;
- Refazer o elemento;

⁶³ As estacas dúcteis injetadas são mais onerosas que as não injetadas, residindo a única diferença nos custos, mas tal não se reflete nem influencia os esquemas apresentados.

- Prolongamento do estaleiro.

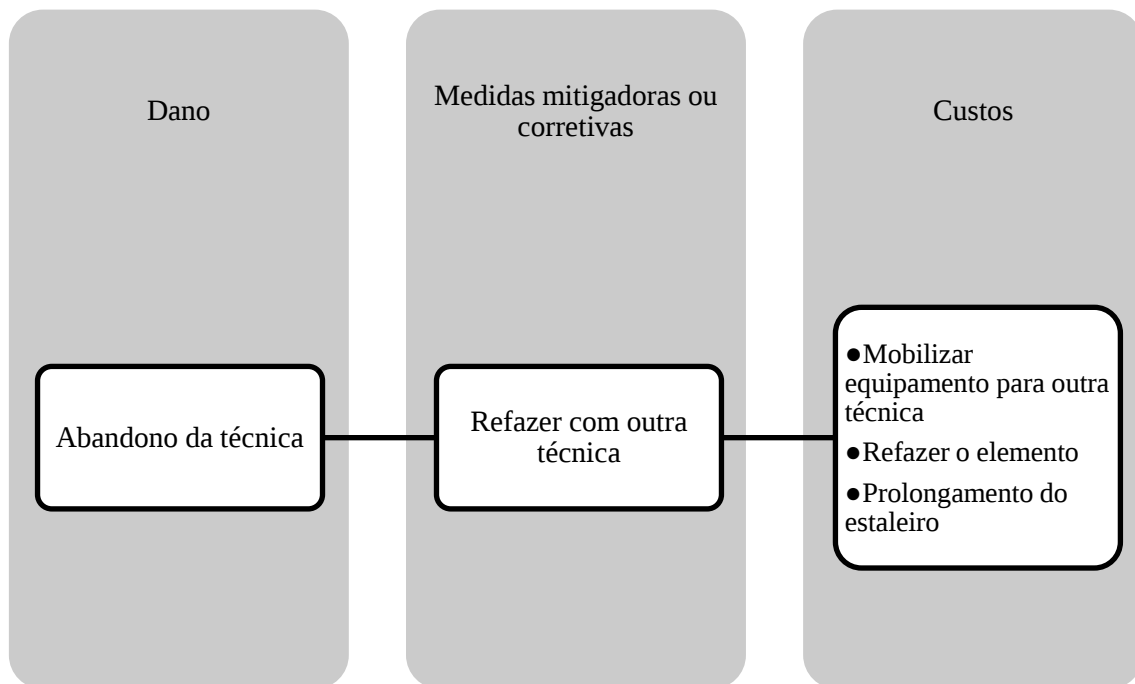


Figura 5.48 – Diagrama de ação perante o dano eventual de abandono da técnica

No custo de mobilizar o equipamento para outra técnica, deve-se considerar o transporte, o aluguer e a equipa durante o tempo de transporte e da montagem do equipamento até ao início da produção.

Considera-se ainda o custo de refazer o elemento, o valor que será gasto com a construção da estrutura que substituirá a perdida, incluindo o novo dimensionamento.

5.6.3.2 Perda da estaca

A Figura 5.49 refere-se ao dano “Perda da Estaca” durante a construção de estacas dúcteis e as medidas corretivas consideradas são: refazer, desviando a sua localização no caso de ter sido um erro humano ou uma singularidade geológica a causa do dano; ou refazer com outra técnica, no caso do dano ter sido originado por omissão de projeto relativa a um dado geológico ou da incapacidade do equipamento para o meio geológico a interessar.

Os custos relativos a refazer a estaca desviando a respetiva localização são⁶⁴:

- Refazer a estaca e redimensionar e alterar o maciço de encabeçamento;
- Prolongamento de estaleiro.

Os custos relativos a refazer com outra técnica de perfuração são:

- De mobilizar equipamento para outra técnica;
- De fazer um novo elemento estrutural;
- Do prolongamento do estaleiro.

Nos custos de redimensionar e alterar o maciço de encabeçamento incluem-se: os custos de projeto e de execução do novo maciço com as alterações que possam vir a ser necessárias.

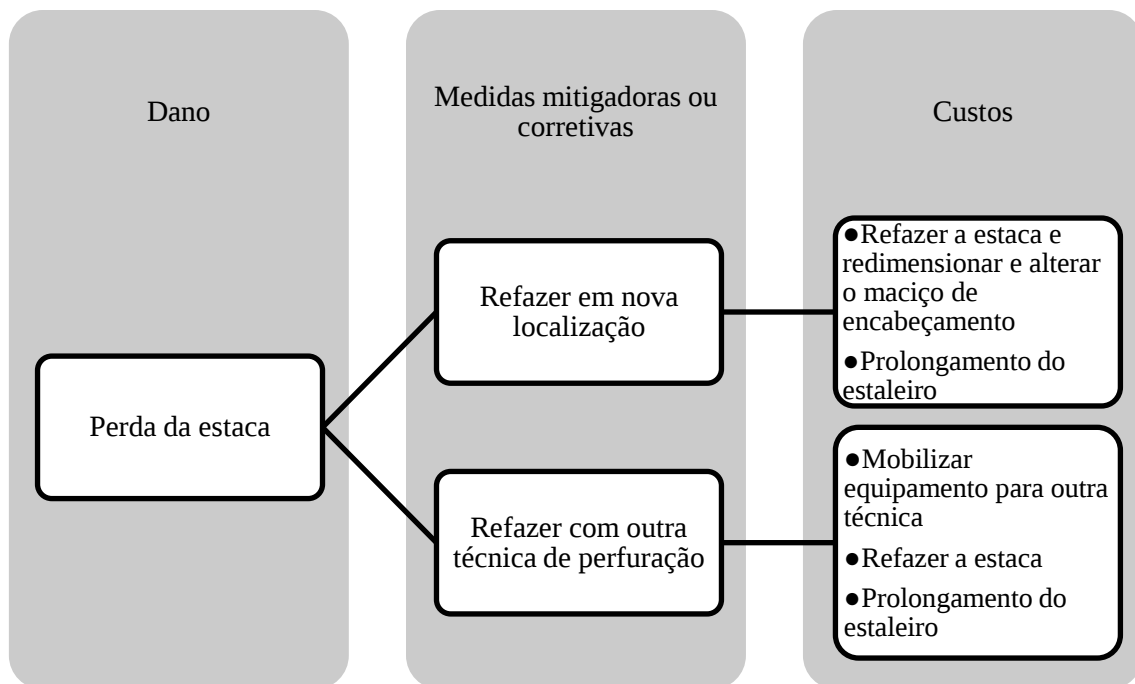


Figura 5.49 – Diagrama de ação perante o dano perda da estaca

5.6.3.3 Perda de rendimento

A Figura 5.50 refere-se ao dano “Perda de rendimento” na construção de estacas dúcteis e preconizam-se duas medidas corretivas. Se é um problema externo à

⁶⁴ Estes custos têm designações semelhantes aos apresentados no ponto 5.6.1.1. Contudo, o seu valor real é geralmente inferior, devido à dimensão dos meios envolvidos.

entidade executante que provoca o dano, tais como: atraso no fornecimento de betão, falta de apoio topográfico, de autorizações, ou de algo que não tem a ver com a operação de cravação, pode-se alargar o turno de trabalho com os custos inerentes. Se a ocorrência decorre da incapacidade técnica ou mecânica da responsabilidade da entidade executante, pode-se aumentar ou trocar os meios técnicos e humanos envolvidos na empreitada. Aumentar os meios humanos pode ou não incluir o acréscimo de horas de trabalho.

Os custos relativos a aumentar o turno são:

- Acréscimo de horas a laborar ao valor das horas extraordinárias.

Os custos relativos associados ao acréscimo ou troca dos meios mecânicos e/ou humanos são:

- De mobilizar o equipamento;
- Do valor da equipa adicional.

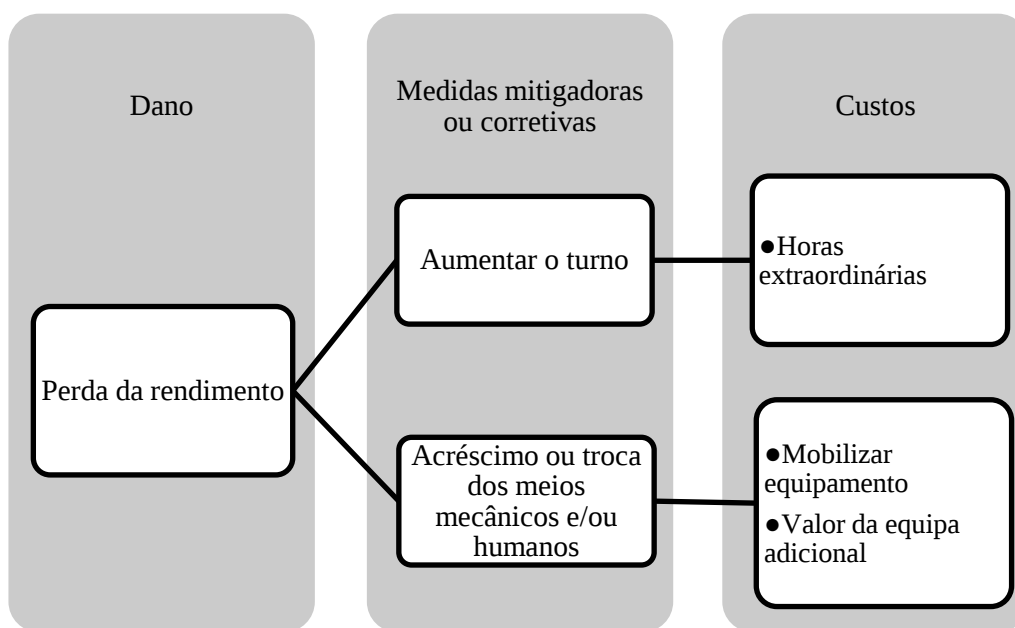


Figura 5.50 – Diagrama de ação perante o dano perda de rendimento

5.6.3.4 Registo incompleto ou inexistente do ocorrido

A Figura 5.51 refere-se ao dano “Registo incompleto ou inexistente de um evento” na construção de estacas dúcteis para o qual se apresentam duas medidas corretivas. No caso de decorrerem da falta de competência do

responsável da construção, deve-se optar pela sua substituição. Se se deve a falha do conhecimento, deve-se optar por complementar a formação do mesmo.

Os custos relativos a trocar o indivíduo responsável são⁶⁵:

- De se fazer uma nova contratação, caso a empresa não disponha de ninguém para o substituir;
- De substituir o indivíduo em causa.

Os custos relativos ao complemento de formação são os decorrentes de:

- Do pagamento das horas de formação;
- Do prolongamento do estaleiro.

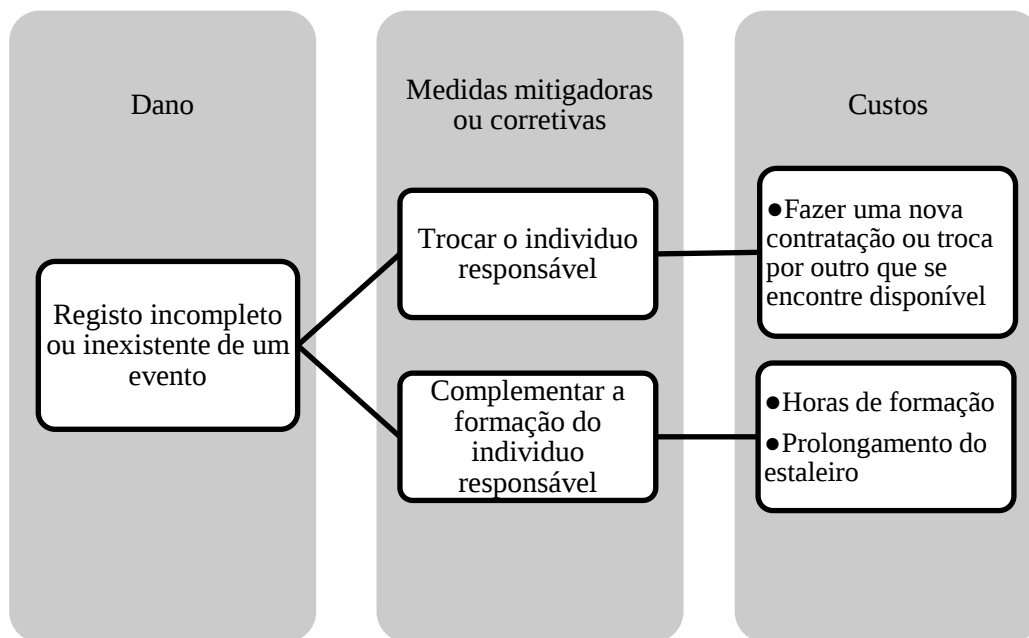


Figura 5.51 – Diagrama de ação perante o dano registo incompleto ou inexistente de um evento

5.6.3.5 Desvio ou encurvamento da estaca

A Figura 5.52 lida com o dano “Desvio ou encurvamento da estaca” na execução de estacas dúcteis para o qual existem duas medidas corretivas mais comuns:

⁶⁵ Semelhante aos itens 5.6.1.7 e 5.6.2.5.

- Refazer desviando a localização, no caso do dano se dever a uma situação singular;
- Refazer com outra técnica de perfuração, caso se conclua que o dano se vai repetir com influência na produtividade da empreitada.

Sempre que aquele dano estiver fora da tolerância definida pela norma EN 14199: 2015, deve-se fazer uma estaca de substituição que, como é óbvio, não poderá ter a localização que estava determinada em projeto, pelo que os custos adicionais são:

- Fazer a nova estaca e redimensionar o maciço de encabeçamento;
- Do prolongamento do estaleiro.

Nas situações em que aquele dano tenha por base a técnica de cravação, sugere-se a respetiva alteração para uma de perfuração à rotação, como estacas moldadas, ou proceder à pré-furação com rotopercussão do nível que está a causar a ocorrência. Os custos associados a esta alteração são:

- Mobilizar equipamento para outra técnica;
- Refazer a estaca e do respetivo cálculo;
- Prolongamento do estaleiro.

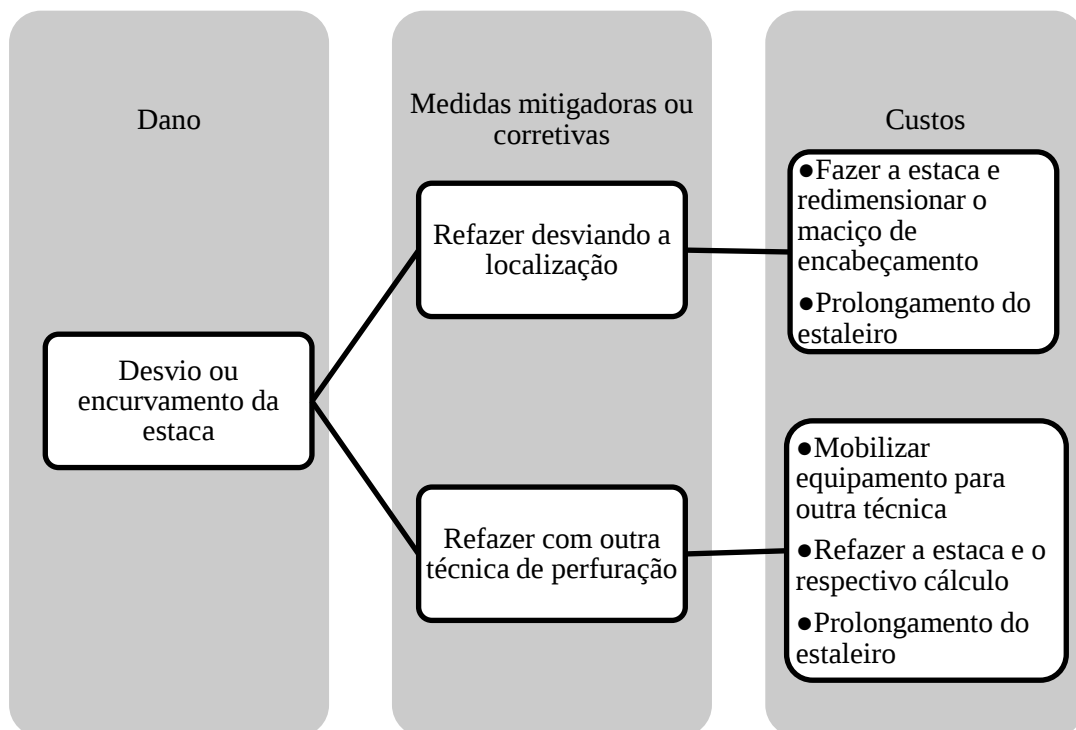


Figura 5.52 – Diagrama de ação perante o dano desvio ou encurvamento da estaca

5.6.3.6 Recálculo da capacidade da estaca

A Figura 5.53 refere-se ao dano “Recálculo da capacidade da estaca” e à conclusão de que a mesma não verifica os valores de capacidade portante projetados. Para este dano sugerem-se duas medidas corretivas:

- Aumentar a capacidade portante, através de injeções ou outra técnica de melhoramento dos solos;
- Cravar estacas adicionais.

Nas situações em que se opte por aumentar a capacidade da estaca, os custos adicionais são os relativos ao:

- Projeto e execução dessa solução;
- Prolongamento do estaleiro.

Caso se opte por cravar estacas adicionais e a solução seja viável e não sendo necessário alterar a geometria do maciço de encabeçamento os custos a contemplar serão os seguintes:

- O prolongamento do estaleiro;
- Valor de cada estaca adicional, composto pelos custos do respetivo material e sua execução.

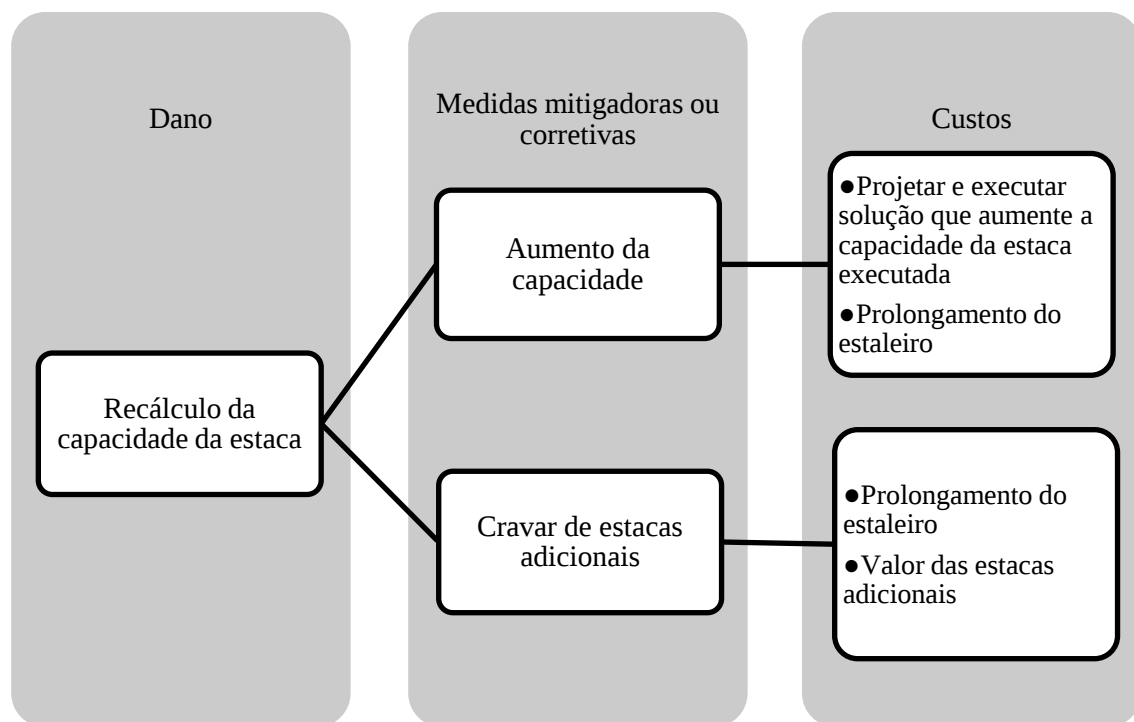


Figura 5.53 – Diagrama de ação perante o dano recálculo da capacidade da estaca

5.6.3.7 Paragem da cravação

A Figura 5.54 apresenta duas medidas corretivas para o dano “Paragem da cravação” na execução de estacas dúcteis, e incluem:

- Reajustar o equipamento, sempre que é necessário proceder a afinações ou alterações na configuração do equipamento para um desempenho mais adequado;
- Refazer com nova técnica de perfuração, se não for possível prosseguir com a técnica em uso.

Os custos do reajustamento do equipamento são relativos a:

- Prolongamento do estaleiro, e caso a decisão seja tomada de forma consciente e atempada, o valor pode ser recuperado ao longo da empreitada.

Os custos associados à adoção de uma nova técnica de perfuração são os seguintes:

- Mobilizar equipamento para a nova técnica;
- Refazer a estaca;
- Prolongamento do estaleiro.

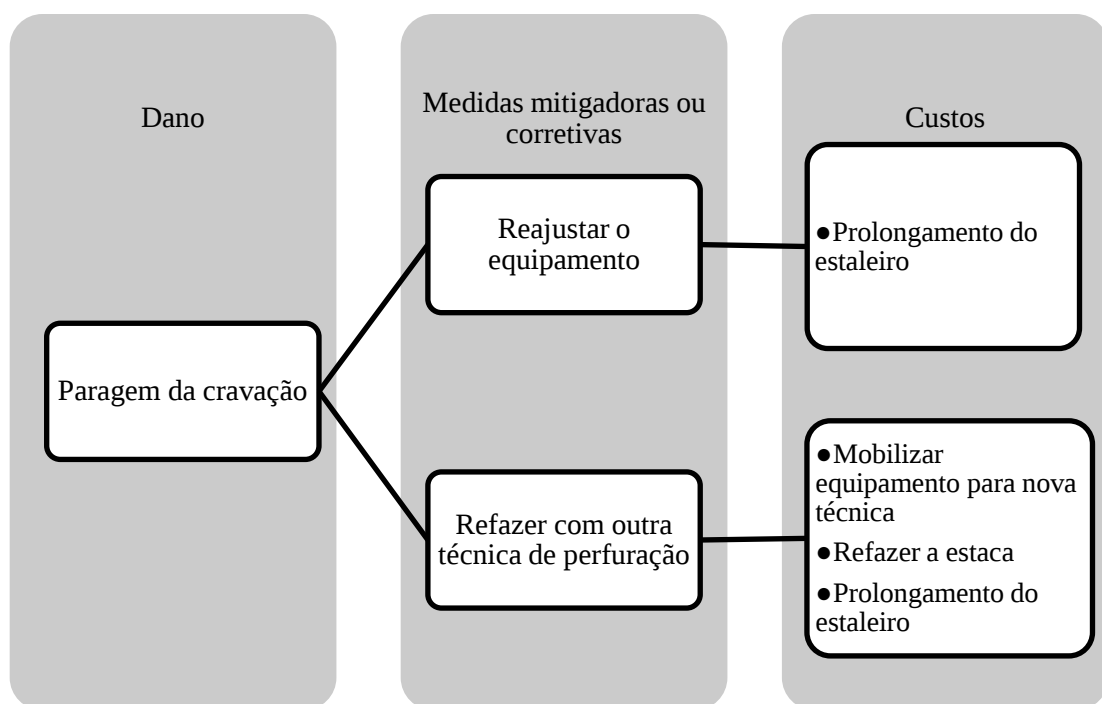


Figura 5.54 – Diagrama de ação perante o dano paragem da cravação

“A prática sem teoria é falha, a teoria sem prática é morta”

Ana Carolina

6

VALIDAÇÃO DO MÉTODO PROPOSTO NA CONSTRUÇÃO DE ESTACAS EM ANGOLA

6.1. Considerações iniciais

Neste capítulo apresenta-se a aplicação e validação da metodologia desenvolvida no capítulo anterior. Para o efeito, utilizam-se os casos de estudo descritos nos itens 4.3.2 e 4.3.3. As empreitadas consideradas referem-se a alguns exemplos onde se pode pôr em prática a gestão do risco da forma em que é proposta nesta dissertação.

Como referido anteriormente, na definição da secção 3.2 e na descrição do Capítulo 5, os riscos CC e CD são aqueles que se conseguem prever e planear atempadamente a sua avaliação com vista a minimizar as consequências numa perspectiva de ação imediata em obra a implementar pelo DO.

Nos exemplos introduzidos em seguida e constantes da Tabela 4.6 e da Tabela 4.7, desenvolveu-se uma folha de cálculo semelhante à representada no Apêndice 1 para o controlo de custos associados à gestão do risco, mas os valores monetários estão em dólares americanos (USD) por terem por base dados internacionais onde se utilizava essa moeda. Contudo, no âmbito da dissertação, a moeda considerada não é relevante uma vez que se analisa, sistematicamente,

a margem produtiva/económica. A margem é calculada como a diferença entre proveitos da empreitada e os custos, em valor monetário, ou como a percentagem dessa diferença relativamente aos proveitos. Considera-se como margem total, a da obra, e a margem comercial, a calculada no orçamento que serve de base à proposta de venda ao cliente.

Para os cálculos dos resultados que se obteriam nas empreitadas em referência sem a implementação da gestão do risco e sempre que não se pode inferir o prolongamento do estaleiro da empreitada, considerou-se que os danos eram descobertos ainda na fase de construção e nos primeiros elementos realizados; caso contrário, as margens obtidas sem gestão do risco seriam ainda mais gravosas.

As obras são apresentadas pela ordem cronológica da sua construção e estão divididas em três pontos correspondentes às fases da metodologia aplicada em obra conforme a Figura 5.3, sendo: a primeira relativa à identificação do perigo; a segunda relativa à avaliação da magnitude do risco; e a última relativa ao tratamento do risco. Apenas a empreitada 6.2.1 não tem estes itens uma vez que não existiu em obra a primeira etapa. Refere-se que as empreitadas constantes dos pontos 6.2.1 e 6.2.2 não foram iniciadas com a aplicação da metodologia, tendo o autor ficado incumbido delas quando elas já se encontravam em curso. Deste modo, o que se apresenta no ponto 6.2.1 neste caso é a gestão do risco relativa aos custos das medidas corretivas do plano de contingência relativos ao dano numa situação de *best way out*. Relativamente ao caso do ponto 6.2.2 já foi possível implementar a metodologia preconizada com as três fases (identificação do perigo; avaliação da magnitude do risco; tratamento do risco), mas estava-se perante uma mudança de atividade na construção das estacas: tinham-se terminado as estacas da contenção da escavação e iam-se iniciar as de fundação do edifício, ao abrigo das outras previamente executadas.

6.2. Gestão do risco de empreitadas de estacas moldadas

6.2.1 Parque tecnológico da Camama, Luanda

6.2.1.1 Identificação e magnitude do risco

Como se referiu previamente (ver 4.3.2.1), a construção das estacas não foi iniciada com implementação da gestão do risco construtivo. Nessa condição, teria sido possível identificar o perigo que ocorreu e o respetivo risco, nesse caso, ter-

se-ia utilizado a árvore de eventos a Figura 5.14 o seu tratamento. Ter-se-ia identificado a potencial presença de um perigo construtivo, técnico, de inadequação do equipamento, conforme o descrito em 5.5.5.1 c).

Nesta empreitada, verificavam-se paralisações frequentes por paragens do desarenador, que se traduziram na incapacidade de reciclar a suspensão bentonítica. Este risco seria CD, já era conhecido, mas não se preconizava que ocorresse antes da sua concretização.

Para a situação exemplificada das paragens do desarenador, seria elaborada a avaliação do risco constante da Tabela 6.1

Tabela 6.1 – Registo do risco para a potencial avaria no desarenador na obra da Camama

Perigo	Evento	Verosimilhança	Dano	Risco
Técnico construtivo, inadequação do equipamento	Diminuição da eficiência da perfuração	2 (Figura 5.14)	6 (Paragem da Perfuração)	12 (Elevado)

Tendo em conta que a magnitude do risco era elevada, deveria ter sido adotada uma medida mitigadora.

Na realidade não foi o que se passou: não havendo uma identificação do perigo, na fase construtiva a gestão risco face ao dano consumado de “Impedimento ou dificuldade de bombagem” não foi iniciada, nem se determinou a respetiva magnitude, que no caso seria elevada (Tabela 6.1). A gestão do risco iniciou-se com a análise da implementação de uma solução *best way out*.

6.2.1.2 Tratamento do risco

Para a determinação da medida corretiva a adotar face ao dano, utilizou-se o diagrama constante da Figura 5.39, optando-se por betonar sem desarenar. Se os valores do teor de areia fossem inferiores a 4%, conforme descrito anteriormente no ponto 2.5, poder-se-ia betonar as estacas sem risco delas ficarem com inclusões de areia, uma vez que a densidade do betão ainda seria suficiente para permitir a limpeza da perfuração durante a sua ascensão, sem contaminação do mesmo; tal permitiu anular o dano, mantendo a empreitada a decorrer sem paragem. Esta decisão pôde ser adotada devido aos seguintes factos:

- Desde o início que se fazia, diariamente, o controlo de qualidade da suspensão bentonítica;
- Os resultados do teor de areia, durante as primeiras duas utilizações da suspensão bentonítica, nunca foram superiores 4%;
- Valores inferiores a 4% de teor em areia (ponto 2.4.1) permitem que a betonagem se processe sem reciclagem.

Assim, após a análise supramencionada, optou-se por perfurar cada estaca com bentonite nova e betonar, seguidamente, sem executar a reciclagem, eliminando o risco. Ao tomar esta decisão, houve alteração do valor da verosimilhança, que se tornou nula, uma vez que se eliminou o evento que contribuía para o risco. Como referido, esta decisão foi adotada em obra perante a situação verificada, não foi planeada em fase de projeto ou antes do início da construção.

O custo da decisão foi calculado da seguinte forma:

- Custo de executar a estaca sem reciclar, que resultava de fazer nova suspensão bentonítica e da remoção de mais bentonite da obra;
- Custo de continuar parado, que correspondia aos custos da paragem do pessoal e do equipamento.

Para este caso exemplifica-se como foram calculados os custos recorrendo a uma folha de cálculo Excel semelhante à descrita no Apêndice 1 e da qual se representa no quadro resumo “Lista”, que sintetiza o custo de cada uma das hipóteses conforme a Figura 6.1 e a Figura 6.2, retiradas da folha de cálculo.

ATIVIDADES						ESTIMATIVA DE CUSTOS							
Artigo	Nome	Un.	Quant.	P. Unit.	P. Total	GASTOS COM PESSOAL (4000)	CUSTOS INTERNOS (5000)	MATERIAIS (1000)	OUTROS GASTOS (6000)	SUBCON-TRATOS (2000)	FORNECI-MENTOS E SERVIÇOS EXTERMOS (3000)	TOTAL	MARGEM
2.1.	Estacas 1200	m	0	\$105,00	\$0,00	\$591,20	\$895,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$1.486,20	N/A
A	Director de Obra	dias			\$0,00	\$376,00						\$376,00	
B	Viatura	dias			\$0,00		\$60,00					\$60,00	
C	Gastos Gerais	dias			\$0,00						\$4,45	\$4,45	
TOTAL :					0,00 €	\$967,20	\$955,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$4,45	\$1.926,65	
						50%	50%	0%	0%	0%	0%	100%	-1.926,65 €

Figura 6.1 – Quadro “Lista” do controlo do custo com a obra paralisada

ATIVIDADES						ESTIMATIVA DE CUSTOS							
Artigo	Nome	Un.	Quant.	P. Unit.	P. Total	GASTOS COM PESSOAL (4000)	CUSTOS INTERNOS (5000)	MATERIAIS (1000)	OUTROS GASTOS (6000)	SUBCONTRATOS (2000)	FORNECIMENTOS E SERVIÇOS EXTERMOS (3000)	TOTAL	MARGEM
2.1.	Estacas 1200	m	40	\$105,00	\$4.200,00	\$668,76	\$895,00	\$207,12	\$0,00	\$0,00	\$216,00	\$1.986,89	52,69%
A	Director de Obra	dias			\$0,00	\$376,00						\$376,00	
B	Viatura	dias			\$0,00		\$60,00					\$60,00	
C	Gastos Gerais	dias			\$0,00						\$4,45	\$4,45	
TOTAL :					4.200,00 €	\$1.044,76	\$955,00	\$207,12	\$0,00	\$0,00	\$220,45	\$2.427,34	42,21%
						43%	39%	9%	0%	0%	9%	100%	1.772,66 €

Figura 6.2 – Quadro “Lista” do controlo do custo construindo estacas sem reciclar a suspensão bentonítica

Analizando em termos de margem, conclui-se que: executando a estaca sem reciclar a bentonite, e considerando que o custo de construção aumenta, relativamente às estacas com reciclagem da suspensão bentonítica, a margem diminuiria; contudo, era mais vantajoso do que manter a empreitada parada.

Como referido anteriormente, este modelo de gestão foi apenas aplicado a cerca de 50% da empreitada (no segundo dia da semana 27, Apêndice A2.1). Ainda assim, ela terminou com uma margem negativa e inferior à comercial. No entanto, ficou-se com a convicção que, sem avaliação dos danos e custos em fase de obra, ter-se-ia obtido um resultado ainda pior. Tendo em consideração que em 13 semanas de obra se tinham realizado 6 das 13 estacas previstas, pode-se inferir que a empreitada demoraria pelo menos mais 13 semanas. Do referido e sendo os desvios das margens dessas mesmas 13 semanas negativo em 31%, extrapola-se que não atuando ao nível da gestão do risco em fase construtiva, a empreitada terminaria com uma margem negativa de pelo menos, 115,8 % visto que:

- Dos resultados das 13 primeiras semanas sem gestão do risco verifica-se a construção de 6 estacas. Mantendo o rendimento ter-se-iam construído as 13 estacas em $13 \times 13 / 6 = 28,2$ semanas;
- Com a aplicação da metodologia a empreitada demorou 14,1 semanas, caso contrário teria demorado 2 vezes mais tempo;

- Às 14,1 semanas a mais corresponderia um acréscimo de custo direto, com a exceção dos custos incluídos na natureza materiais, que numa empreitada deste tipo corresponde a 20%;
- O custo da empreitada com 14, 1 semanas a mais, corresponderia ao custo das primeiras 14,1 semanas ($c_{14,1}$) multiplicado por $(2-1 \times 0,2)=1,8$, logo $c_{28,2}=(c_{14,1}) \times 1,8$;
- Utilizando-se os valores absolutos da faturação e custos, da contabilidade obtém-se que a margem final para 28,2 semanas seria $(m_{28,2})=f-1,8 \times (c_{14,1})$ que percentualmente será igual a $(f-1,8 \times (c_{14,1}))/f=-115,8\%$.

6.2.2 Edifício em Alvalade, Luanda

A utilização do método proposto nesta empreitada, nomeadamente na análise dos custos em conjunção com a gestão do risco em fase construtiva, conduziu a que as estacas de fundação ao abrigo da contenção periférica, não fossem executadas com recurso a tubos moldadores, como as da contenção, mas com suspensão bentonítica. Esta solução foi adotada face ao comportamento dos solos durante a perfuração das estacas da contenção, onde se conseguia perfurar em avanço aos tubos moldadores, sem que se registassem sobreconsumos de betão anormais.

Quando se iniciou a gestão do risco nesta empreitada, já a mesma decorria e encontravam-se concluídas as estacas da contenção periférica, pelo que se dispunha de informação que não estaria normalmente acessível antes do início da empreitada, como seja a da possibilidade de furação em avanço aos tubos moldadores.

6.2.2.1 Identificação dos perigos

Aplicando-se as listas de verificação semelhantes às incluídas no Apêndice 3 secção A3.1 e A3.4, verificava-se a presença de um perigo técnico em estacas moldadas com tubos moldadores, conforme o descrito no ponto 5.5.5.3c). Este perigo tinha o evento associado de “Diminuição da eficiência da perfuração”, o dano inerente de “Perda de rendimento”, de valor 1, e 2 para a verosimilhança da ocorrência.

6.2.2.2 Avaliação da magnitude do risco

Considerando a árvore de eventos da Figura 5.22, elaborou-se a Tabela 6.2, que resume a avaliação do risco.

Tabela 6.2 – Registo do risco técnico construtivo de inadequação do equipamento para a alteração do método na empreitada Edifício em Alvalade

Evento	Verosimilhança	Dano	Risco
Diminuição da eficiência da perfuração	2 (Figura 5.22)	1 (Perda de rendimento)	2 (Aceitável)

Considerou-se o risco como CC, pois estava identificado e conhecia-se a sua existência.

6.2.2.3 Tratamento do risco

A avaliação de risco, por si só, conduzia a uma magnitude de risco aceitável; contudo, quando associada ao controlo de custos da empreitada, com previsão do resultado económico do final, concluiu-se que iria existir um desvio na margem inferior à orçamentada, devido à perda de rendimento se manifestar em todas as estacas ainda por construir. Era assim necessário otimizar a produtividade. Com recurso ao diagrama da Figura 5.43 (ponto 5.6.2.2) preconizou-se a alteração do processo construtivo de estacas entubadas para estacas com recurso a bentonite por alteração dos meios mecânicos.

Esta decisão permitiu um incremento da produção em volume. Contudo, os números dos resultados semanais constantes do Apêndice A2.2, evidenciam um decréscimo de produção semanal, uma vez que estão expressos em metros por semana; para se efetuar a análise tem de se recorrer ao volume betonado, caso contrário estar-se-ia a comparar rendimentos de construção de estacas com diâmetros distintos.

A empreitada terminou com uma margem positiva, mas inferior à orçamentada pelo departamento comercial da empresa.

As Tabela 6.3 e Tabela 6.4 permitem verificar o acréscimo do volume na aplicação de betão que se conseguiu com a alteração da técnica que quase triplicou.

Tabela 6.3 – Análise das quantidades semanais construídas no Edifício em Alvalade, Luanda, antes da gestão do risco

Totais semanais					
Local das estacas	Semana	Quantidade (un)	Comprimento (m)	Volume (m³)	Média semanal (m³)
Cortina	14	1	25,5	8,5	82,1
Cortina	15	10	255,0	84,7	
Cortina	16	9	229,5	76,2	
Cortina	17	15	378,5	125,7	
Cortina	18	10	255,0	84,7	
Cortina	19	12	294,7	97,9	
Cortina	20	5	149,5	49,6	
Cortina	21	2	55,5	18,4	
Cortina	22	13	347,8	115,5	
Cortina	23	6	166,1	55,2	
Cortina	24	8	204,8	68,0	
Cortina	25	9	260,4	86,5	
Cortina	26	15	367,5	122,0	
Cortina	27	17	398,5	132,3	
Cortina	28	11	285,3	94,7	
Cortina	29	15	384,6	127,7	
Cortina	30	10	254,4	84,5	
Cortina	31	5	129,0	42,8	
Cortina	32	12	279,2	92,7	
Cortina	33	10	224,0	74,4	

Tabela 6.4 - Análise das quantidades semanais construídas no Edifício em Alvalade Luanda depois da gestão do risco

Totais semanais					
Local das estacas	Semana	Quantidade (un)	Comprimento (m)	Volume (m³)	Média semanal (m³)
Fundação	34	7	243,5	292,9	234,9
Fundação	35	7	242,5	291,7	
Fundação	36	7	244,1	293,6	
Fundação	37	6	197,7	237,8	
Fundação	38	5	161,6	194,3	
Fundação	39	5	144,8	174,1	
Fundação	40	7	203,5	244,7	
Fundação	41	6	160,3	192,8	
Fundação	42	11	247,7	297,9	
Fundação	43	5	107,8	129,6	

Considerando as Tabela 6.3 e Tabela 6.4 infere-se que, caso não tivesse sido implementada a gestão do risco ter-se-ia passado o seguinte:

- A empreitada estava com um rendimento de 82,1 m³/semana nas 20 primeiras semanas e faltando ainda 2349 m³ ter-se-ia mais 28,6 semanas de obra ($2349/82,1$) passando a ter uma duração de 48,6 semanas;

- Com a aplicação da metodologia apresentada a empreitada demorou 30 semanas, caso contrário teria demorado mais $(48,6/30) 1,62$ vezes;
- Ao período das 18,6 semanas a mais, corresponderia um acréscimo de custo direto, com a exceção dos custos incluídos na natureza materiais, que como referido corresponde a 20 %⁶⁶;
- O custo adicional na empreitada seria o das 30 semanas (c_{30}) multiplicado por $(1,62 - (1,62 - 1) \times 0,2)$ ou seja, 1,496. O custo da empreitada das 48,6 semanas seria assim $(c_{48,6}) = 1,496 \times (c_{30})$;
- Utilizando os valores absolutos da contabilidade, da faturação (f) da obra e de custos,⁶⁷ ter-se-ia que a margem final para 48,6 semanas dá $(m_{48,6}) = f - 1,496 \times (c_{30})$ que percentualmente correspondia a $(f - 1,496 \times (c_{30})) / f = -46,7\%$.

Conclui-se que caso não se tivesse aplicado esta metodologia, o resultado da obra seria -46,7 %.

6.2.3 Centro de formação Benfica, Luanda

O facto preponderante para o desempenho nesta empreitada foi a mobilização de um segundo equipamento para a obra sem custo para o cliente. Esta decisão foi determinada na fase de obra face à litologia envolvida. A informação geológica constante do relatório geotécnico que serviu de base à proposta e ao planeamento da empreitada era insuficiente, o que só se constatou durante a execução dos trabalhos. A variação lateral de fácies era significativa, pois em perfurações que distavam de 4 m, verificava-se a diferença de uma sequência de areia siltosa e areia argilosa para areias e areias argilosas muito compactas e rijas às mesmas profundidades. As areias argilosas não estavam caracterizadas no relatório de sondagens com a compacidade detetada, provavelmente devido ao número/distribuição de sondagens executadas e que não as intercetou. À entidade executante apenas foram fornecidas duas sondagens, que distavam cerca de 100 m e numa área com 1980 m² de implantação, conforme mencionado no ponto 4.3.2.3.

⁶⁶ Percentagem fornecida pelos dados da contabilidade.

⁶⁷ Estes valores não são apresentados por motivos de confidencialidade.

6.2.3.1 Identificação dos perigos

A gestão do risco desta obra iniciou-se com o preenchimento das listas de identificação de perigos semelhantes às apresentadas nos apêndices A3.1 e A3.7. Verificou-se que poderia existir um perigo técnico de inadequação do método de perfuração em estacas moldadas com tubo de moldadores, conforme o descrito no ponto 5.5.5.3 c). Durante a primeira semana da obra, verificou-se que os rendimentos estimados não seriam atingidos, o que traria prejuízos ao subempreiteiro de fundações devido ao prolongamento do tempo do estaleiro. Existia um grande diferencial entre os valores orçamentados para a obra e o que na realidade se verificava.

6.2.3.2 Avaliação da magnitude do risco

Para a identificação da magnitude do risco utilizou-se a árvore de eventos constante da Figura 5.22. Quando se fez a avaliação, o risco detetado era CC, pois era conhecido e sabia-se que poderia existir.

A Tabela 6.5 reflete a avaliação de risco realizada.

Tabela 6.5 – Registo do risco de inadequação do método de perfuração para a empreitada da Centro de formação, Benfica

Evento	Verosimilhança	Dano	Risco
Diminuição da eficiência da perfuração	2 (Figura 5.22)	1 Perda de rendimento	2 Aceitável

6.2.3.3 Tratamento do risco

Apesar de estar perante um risco aceitável ocorria já um desvio dos custos relativamente ao orçamentado devido ao dano “Perda de rendimento”. Assim, apesar do risco ser aceitável, a projecção para o final da empreitada apontava para uma perda económica significativa. Com recurso à avaliação de danos constante da Figura 5.43 e não se podendo prolongar o turno de trabalho, simulou-se a mobilização de uma segunda máquina de perfuração. O que se verificou foi o seguinte: a obra tinha um custo fixo de X por dia, com uma máquina em obra e demoraria cerca do dobro do tempo do que com a inclusão de outra máquina (admitindo que com as duas máquinas o rendimento duplicaria). O custo diário das máquinas seria X+Y sendo Y o custo relativo à mobilização da segunda máquina, ao seu custo diário, ao combustível e a uma equipa. Contudo, este custo

não é $2 \times X$, pois existem gastos que são os mesmos, nomeadamente o custo de parte da equipa (encarregado da obra e DO) ou com o estaleiro fixo. Assim, e considerando a noção que o acréscimo de custos com a adição de um equipamento não duplica, pois consegue-se ter uma partilha de alguns custos fixos, rapidamente se concluiu que duplicando a produção, não se duplicavam os custos e, portanto, conseguia-se um incremento na margem final. Desta forma verificou-se que o aumento de produção seria o suficiente para pagar a mobilização do segundo equipamento, assim como para recuperar o atraso da primeira semana. Refere-se ainda que, à data desta empreitada, a empresa executante das fundações dispunha de equipamentos e equipas disponíveis.

Como já referido, mesmo tendo-se obtido um risco aceitável, que de acordo com a Tabela 5.24 pode chegar no máximo a 10% do custo, este refere-se a um elemento singular. Contudo, neste caso, o modelo de gestão do risco tem de incorporar toda a empreitada, tendo de se optar, assim, pela inclusão de uma segunda máquina. Na sequência foi possível terminar a empreitada com uma margem de obra muito positiva, apesar de ligeiramente inferior à comercial. De acordo com mapas de produção (Apêndice A2.3), verifica-se um incremento de 80 % na produção da primeira para a segunda semana, e que seria de 100 % caso se tivesse trabalhado todos os dias. Houve uma visita do governo à empreitada no dia 2 de outubro pelo que a mesma esteve parada. A Figura 6.3 representa a evolução diária verificada a partir de 31 de outubro, data da mobilização do segundo equipamento de perfuração.

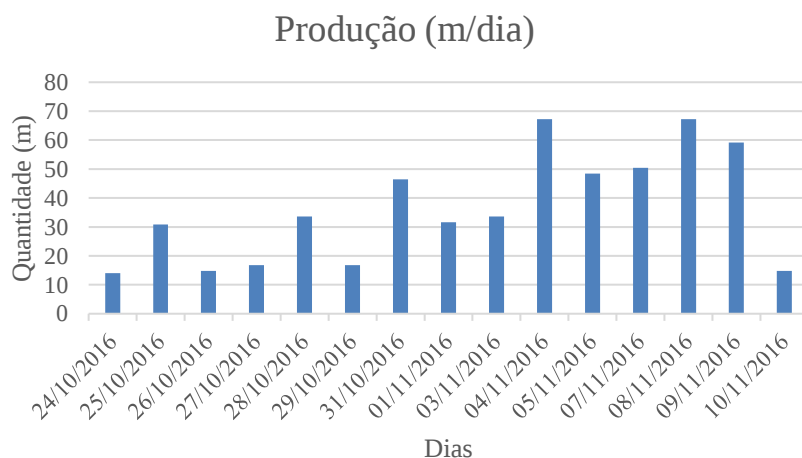


Figura 6.3 – Evolução diária da produção em obra

Utilizando a metodologia preconizada, concluiu-se a empreitada duas semanas antes, do que seria expectável mantendo os rendimentos obtidos na primeira

semana de trabalhos sem se tomar a decisão da inclusão de um segundo equipamento. A Figura 6.4 representa a produção real com a gestão do risco (a azul) e a projetada (a cor de vinho) do que teria acontecido sem a mesma. O facto de produção da 2ª semana na projeção ser de 112 m deve-se, conforme supramencionado, à paragem de um dia da obra.

Poder-se-ia ter optado por outra abordagem, a da atribuição da responsabilidade da ocorrência. Não se optou por essa via, uma vez que a responsabilidade seria do cliente que a imputaria ao subempreiteiro que realizou a campanha geotécnica, que a transferiria ao projetista, que determinou a quantidade de trabalhos de prospeção necessários. Este tipo de abordagem leva, inequivocamente, à desresponsabilização do executante, no entanto é desgastante a nível humano e da imagem da empresa, tendo-se por isso optado por uma solução do tipo *win-win*, onde o cliente ficou com a empreitada pronta a tempo e o empreiteiro de fundações incrementou a margem de produção⁶⁸ bem como a confiança e satisfação do cliente. Ainda assim, o incremento verificado não foi suficiente para se terminar com uma margem de produção superior à comercial.

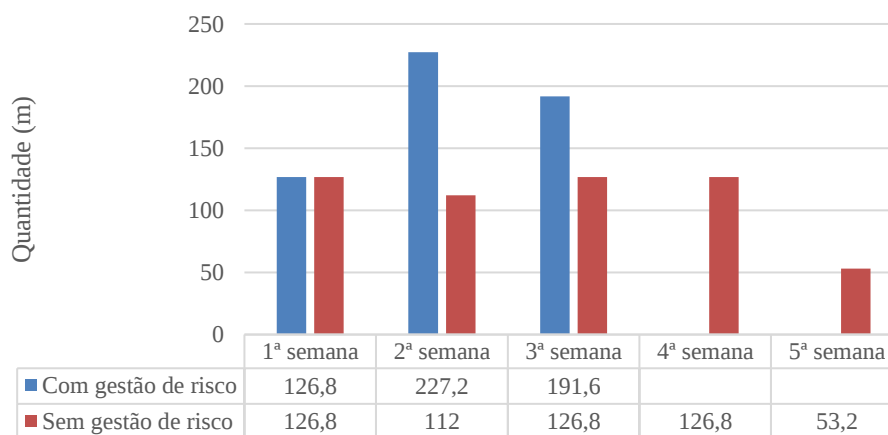


Figura 6.4 - Comparação entre a produção com gestão do risco e a projeção sem gestão do risco

Considerando os dados anteriores, infere-se que, se não tivesse sido implementada uma gestão do risco ter-se-ia passado o seguinte:

⁶⁸ No presente estudo considera-se a margem de produção como sendo a margem real.

- Dos resultados da primeira semana extrapola-se que, que sem a metodologia do risco apresentada, a obra demoraria 5 semanas;
- Com a sua aplicação, a obra demorou 3 semanas, caso contrário teria demorado $5/3 = 1,67$ vezes mais tempo;
- Às 2 semanas a mais corresponderia a um acréscimo de custo direto, com a exceção dos custos incluídos na natureza materiais que para uma obra deste tipo de estacas é de 20%, bem como ao segundo equipamento, equipa e respetivo transporte, que seria cerca de 9% do custo total dessas 2 semanas⁶⁹;
- O custo das 2 semanas a mais na empreitada corresponde às 3 primeiras semanas (c_3) multiplicado por $(1,67 - 0,67 \times 0,29) = 1,48$. O custo da obra para 5 semanas (c_5) seria assim $(c_5) = 1,48 \times (c_3)$;
- Utilizando os valores absolutos da contabilidade da faturação (f) da obra e de custos,⁷⁰ ter-se-ia que a margem final para 5 semanas seria de $(m_5) = f - 1,48 \times (c_3)$ que percentualmente corresponde a $(f - 1,48 \times (c_3)) / f = -8,15\%$;

Conclui-se assim que se não se tivesse aplicado a metodologia o resultado da obra seria de -8,15%.

6.2.4 Viaduto na Deolinda Rodrigues, Luanda

Nesta obra detetaram-se inclusões de bolas de areia pontuais, com diâmetros entre 10 e 15 cm, nas estacas. Verificou-se logo após a execução das primeiras duas estacas, quando na limpeza do betão e este se encontrava a fluir à boca da estaca, supostamente limpo, e se vislumbrou uma daquelas bolas. Aparentemente não havia razão para o facto, e a equipa da obra não registou a ocorrência por não ter explicação para ela.

6.2.4.1 Identificação dos perigos

Utilizando-se uma lista de verificação semelhante constante do Apêndice A3.2, identificava-se um perigo humano para estacas moldadas com tubos moldadores, conforme o descrito no ponto 5.5.5.3 b).

⁶⁹ Percentagem fornecidas pelos dados da contabilidade.

⁷⁰ Estes valores não são apresentados por questões de confidencialidade da empresa onde foi realizado o estudo.

6.2.4.2 Avaliação da magnitude do risco

O risco detetado era DD, pois não era conhecido nem se sabia associado à empreitada. O cálculo da magnitude do risco recorreu à árvore de eventos da Figura 5.13, estando representada na Tabela 6.6 o registo realizado.

Tabela 6.6 – Registo do risco fraco domínio da técnica no Viaduto Deolinda Rodrigues

Evento	Verosimilhança	Dano	Risco
Desempenho inadequado	3 (Figura 5.13)	1 (Registo incompleto ou inexistente de um evento)	3 (Aceitável)

Identificou-se um dano de “Registo incompleto ou inexistente de um evento” e procedeu-se de acordo com o descrito no ponto 5.6.1.7.

6.2.4.3 Tratamento do risco

Tendo em conta o supramencionado, optou-se por se incorrer o risco e continuar com a empreitada. Assim, a esta análise não foi precedida de uma ação imediata. O alerta para esta situação levou o diretor da equipa responsável pela execução a investigar o assunto. Conclui-se que o ocorrido se devia à retirada da coluna de betonagem com velocidade excessiva, o que originava um efeito de sucção na areia em direção ao interior da coluna de betonagem; e o processo de retirada dos tubos a incluía no fuste da estaca, dando origem às bolas de areia. Contudo, era necessária uma solução *best way out*. Utilizando-se o diagrama da Figura 5.40, foi dada uma formação à equipa e o problema não se voltou a verificar. Devido a esta ocorrência, o Dono-de-obra exigiu que 20% das estacas fossem ensaiadas com ensaios de *cross-hole* e as restantes 80% com ensaios dinâmicos *Pile Integrity Test* PIT, que confirmaram a integridade das mesmas. A análise do risco atempada permitiu que se concluísse a obra com um desvio positivo de 9% relativamente ao orçamentado. O custo de formação não foi imputado à obra por ser considerado um investimento da empresa, pelo que não influenciou o resultado. A obra não teve atrasos devido à formação da equipa, pois existiam colaboradores disponíveis para revezar os que estavam em formação.

Neste caso não foi possível obter um valor objetivo do que teria sucedido se não se tivesse intercedido, mas pode-se extrapolar. Supondo que não se geria o risco, mas que o dano da falta do registo descrito anteriormente era detetado ainda na fase de construção, afetando uma percentagem dos trabalhos realizados (para exemplo, 10%), haveria um acréscimo direto aos custos de 10%. Com os valores

da faturação e dos custos da obra, reais, obtidos da contabilidade acrescentando o custo em 10%, pode-se extrapolar que a margem sem gestão riscos passasse a ser 32,92%, o que seria inferior à realmente obtida de 39,01%.

6.2.5 Igreja Talatona, Luanda

Como referido no ponto 4.3.2.5, a empreitada de estacas moldadas estava a ser executada pelo departamento de geotecnia e fundações do empreiteiro geral utilizando CFA, o qual informou que por vezes as “estacas colapsavam”. Esta informação fez com que se se mobilizasse para a obra equipamento para entubar as estacas. Durante a execução dos trabalhos, verificou-se, que aquela informação estava errada e fora baseada num fraco conhecimento da técnica de CFA por parte dos elementos da sua equipa. O erro, técnico, constava na betonagem da estaca, que conforme o descrito no ponto 2.2.4.1 A.2) é efetuada com a retirada da ferramenta (trado) e precedida da colocação da armadura. Contudo, em obra estavam a retirar a ferramenta de perfuração deixando a furo aberto, sem qualquer revestimento. Seguidamente colocavam a armadura e betonavam, erradamente, como se fosse uma estaca moldada com vara “Kelly”. O que por vezes acontecia é que furo desmoronava antes da betonagem. Esta situação demonstrou que a equipa não conhecia o processo de CFA e informara, erradamente, que as “estacas colapsavam”. Mas este não é o problema analisado, é apenas o enquadramento para a análise do risco efetuada à entrada em obra da empresa substituta, onde o autor se inseria.

6.2.5.1 Identificação dos perigos

Como referido anteriormente, mobilizou-se um equipamento de perfuração munido de entubamento. Após a realização de algumas estacas entubadas, percebeu-se que o terreno não necessitava de revestimento provisório. Neste caso, uma informação errada, devido a um fraco conhecimento da técnica utilizada, conduziu a uma mobilização de equipamento menos adequado para a empreitada, tendo impacto direto no rendimento diário e no potencial arrastamento de estaleiro. Com auxílio de listas de verificação semelhantes à do Apêndice A3.4, confirmou-se um perigo técnico em estacas moldadas com tubos moldadores, conforme o descrito no ponto 5.5.5.3 c).

6.2.5.2 Avaliação da magnitude do risco

A análise que se fez nesta obra, para a tomada de decisão de alteração do processo construtivo baseou-se na análise do risco pontual e na previsão da margem para o final de obra de acordo com o controlo de custos.

Com recurso à árvore de eventos da Figura 5.22 efetuou-se o registo do risco da Tabela 6.7.

Tabela 6.7 – Registo do risco construtivo de incapacidade do equipamento para a alteração do processo executivo, Igreja Talatona

Evento	Verosimilhança	Dano	Risco
Diminuição da eficiência da perfuração	2 (Figura 5.22)	1 (Perda de rendimento)	2 (Aceitável)

O risco foi considerado CC, pois era conhecido e existia no momento da empreitada.

6.2.5.3 Tratamento do risco

Apesar de a magnitude do risco ser aceitável, para um elemento, quando se considerou o controlo de custos e a previsão para o final da empreitada, apontavam para um desvio ao orçamento. Estava-se na iminência de um dano de “Perda de rendimento”, conforme descrito no ponto 5.6.2.2. Recorrendo ao diagrama da Figura 5.43, optou-se por uma alteração dos meios mecânicos, adotando-se nova técnica construtiva com a finalidade de diminuir a diferença ao orçamento comercial devida à perda de rendimento. Decidiu-se alterar o processo para estacas moldadas com vara “Kelly” e suspensão bentonítica por forma a aumentar a produtividade. Além da central de bentonite, mobilizou-se uma grua de apoio para incrementar a produtividade, ficando responsável pelas betonagens, o que permitia que a perfuradora não tivesse de parar para as executar.

A empreitada terminou com um desvio de margem inferior à comercial, que poderia ter sido consideravelmente superior caso não se tivesse pela alterado o processo construtivo. A Figura 6.5 mostra o aumento de produtividade que ocorreu ao 10º dia de empreitada com a alteração do processo executivo. A média diária de 33,6 m/dia de estacas foi incrementada para 64,38 m/dia. Ainda assim, o desvio da margem real foi cerca de 4% inferior à margem do orçamento comercial. A média final de construção de estacas foi de 47,3 m/dia e terminou-

se a empreitada com 17 dias de trabalho. No caso de não se ter intercedido e considerando que a média inicial de 33,6m/dia se mantinha, seriam necessários 25,5 dias de trabalho, o que equivale a mais 50% de tempo da empreitada. Neste caso as datas dos dias não são significativas pelo que não se apresentam.

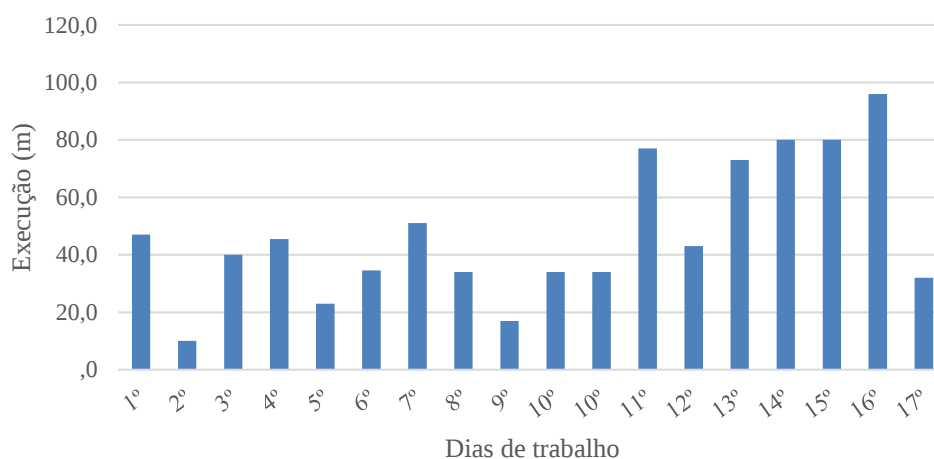


Figura 6.5 – Evolução diária da produção média realizada na empreitada da Igreja de Talatona

Considerando os dados anteriores e caso não se tivesse implementado a gestão do risco, ter-se-ia passado o seguinte:

- Com a aplicação da metodologia, a empreitada demorou 17 dias, caso contrário teria demorado 25,5 dias, isto é: $25,5/17 = 1,5$ mais dias;
- Ao período dos 8,5 dias adicionais, corresponderia um acréscimo de custos diretos, para além dos custos já incluídos na natureza materiais, que para uma obra deste tipo de estacas é de 20%;
- O custo dos 8,5 dias adicionais na empreitada seria igual ao dos 17 primeiros dias (c_{17}) multiplicado por $(1,5-0,5 \times 0,2) = 1,4$. O custo da obra para os eventuais 25,5 dias ($c_{25,5}$) seria assim $(c_{25,5}) = 1,4 \times (c_{17})$;
- Utilizando os valores absolutos da contabilidade da faturação (f) da obra e de custos,⁷¹ ter-se-ia que a margem final para 25,5 dias ($m_{25,5}$) = $f - 1,4 \times (c_{17})$ corresponderia percentualmente a $(f - 1,4 \times (c_{17})) / f = 0,83\%$;

⁷¹ Estes valores não são apresentados por questões de confidencialidade da empresa onde foi realizado o estudo.

Conclui-se que se não se tivesse aplicado a gestão do risco, o resultado da obra seria 0,83% de margem o que é inferior à realmente obtida de 29,17%.

6.2.6 Ponte metálica da Boavista, Luanda

Nesta empreitada, o relatório geotécnico entregue aos empreiteiros na fase de concurso era bastante completo e reportava a presença de areias com nível freático artesiano. Desta forma, na fase comercial, este perigo potencial já era conhecido.

6.2.6.1 Identificação dos perigos

A gestão do risco da empreitada iniciou-se pelo preenchimento de listas de verificação de perigos semelhantes às dos Apêndices A3.1 e A3.4. Identificou-se um perigo geológico para estacas moldadas com tubos moldadores conforme o descrito no ponto 5.5.5.3 a) e na Figura 5.20.

6.2.6.2 Avaliação da magnitude do risco

Face ao teor da Figura 5.20, dos quatro eventos possíveis, considerou-se aquele com o pior risco associado em virtude da segurança e do valor da verosimilhança obtida de 3. A avaliação do risco respetivo consta da Tabela 6.8, apurando-se uma magnitude elevada. Este risco foi considerado CC, pois era conhecido de início e podia estar associado à empreitada.

Tabela 6.8 – Registo do risco presença de areia com níveis freáticos artesianos para a alteração do processo executivo na Ponte metálica da Boavista

Evento	Verosimilhança	Dano	Risco
Subida de areia no interior dos tubos moldadores	3 (Figura 5.20)	4 (Subida da armadura)	12 (Elevado)

6.2.6.3 Tratamento do risco

Tendo em conta a magnitude do risco (12 – Elevado, Tabela 6.8), a sua mitigação seria imprescindível.

A alteração efetuada ao processo construtivo fundamentou-se no diagrama da Figura 5.44, aumentando-se com bentonite a densidade da água presente na perfuração e enchendo-a até à boca do furo. Neste caso, o dano nem se manifestou, uma vez que a mitigação se realizou antes do início dos trabalhos.

A análise do risco associada a um controlo de custos eficaz, mesmo considerando-se o custo da adição de bentonite, traduziu-se num incremento de 12,81% da margem de produção relativamente à margem comercial prevista, de 21,05%. Este é mais um caso que apenas se conclui que se melhorou a produção, mas que não é possível obter um valor provável caso não se tivesse aplicado a metodologia. Contudo, pode-se extrapolar o seguinte:

- Que a gestão do risco não era aplicada, mas que se detetava o dano logo na primeira estaca;
- Sendo a empreitada de 60 estacas, ter-se-ia o custo agravado de 1,67% que corresponde ao acréscimo da execução uma estaca;

Com os valores da faturação e dos custos da obra, reais, obtidos da contabilidade e acrescentando o custo, no mínimo, em 1,67%, pode-se extrapolar que a margem sem gestão riscos passasse a ser 32,53% o que seria inferior à realmente obtida de 33,9%.

6.2.7 Viaduto da Corimba, Luanda

Nesta empreitada, devido ao conhecimento do comportamento das areias no local, esperava-se que os trabalhos de construção das estacas fossem dificultados pela subida das areias no interior dos tubos moldadores durante a perfuração, situação semelhante à verificada na empreitada anterior, da ponte metálica da Boavista. Em algumas zonas de trabalhos contíguos de escavação era mesmo possível verificar, visualmente, a influência das marés, situação que poderia vir a condicionar os trabalhos, tanto pela floculação da bentonite e consequente desabamento de trechos de algumas estacas, como pela própria ação da água nas paredes da estaca, fazendo com que a mesma desmoronasse (pelo menos na perfuração em avanço ao revestimento, uma vez que a perfuração com cravação em avanço não estava permitida). As duas situações referidas traduziram-se em sobreconsumo de betão. Estas situações mantiveram-se na empreitada pela intransigência da equipa de fiscalização; neste caso, bastaria perfurar com os tubos em avanço relativamente à ferramenta de corte. Consequentemente, aquela equipa foi considerada responsável pelo sobreconsumo de betão, atrasos na execução de trabalhos e consequente arrastamento de estaleiro, situações que não causaram danos mensuráveis ao empreiteiro pelo que não são alvo deste estudo. De facto, existiram vários problemas com as betonagens, pois o betão não era o indicado para as estacas, contendo inertes demasiado grandes e *slump* inferior ao mínimo requerido, mas a fiscalização insistia na sua utilização. O empreiteiro de

fundações opôs-se a estas indicações. Estas situações coincidiram com uma equipa do empreiteiro reduzida e menos experiente do que o necessário, devido à dificuldade de obtenção de vistos de trabalho associada ao atraso do início da construção por dificuldade no licenciamento.

6.2.7.1 Identificação dos perigos

Quando se iniciou a empreitada, realizaram-se listas semelhantes às constantes dos Apêndices A3.1 e A3.4 e identificaram-se os perigos geológicos e humanos associados a estacas com tubos moldadores conforme o descrito respetivamente no ponto 5.5.5.3 a) / Figura 5.20 e no ponto 5.5.5.3 b) / Figura 5.21.

6.2.7.2 Avaliação da magnitude dos riscos

Considerando-se os perigos identificados realizam-se as avaliações dos riscos constantes da Tabela 6.9 e da Tabela 6.10

Tabela 6.9 – Registo do risco para a presença de areias com níveis freáticos artesianos - alteração do processo executivo, Viaduto da Corimba

Evento	Verosimilhança	Dano	Risco
Subida da areia no interior dos tubos moldadores	3 (Figura 5.20)	4 (Subida da armadura)	12 (Elevado)

O risco associado era CD sendo conhecido, mas não se sabia associado à empreitada. Considerando a magnitude do risco, (12 – Elevado, Tabela 6.9), era necessário intervir para o mitigar.

Tabela 6.10 – Registo do risco para fraco domínio da técnica, Viaduto da Corimba

Evento	Verosimilhança	Dano	Risco
Desempenho inadequado	3 ou 2 (Figura 5.21)	1 (Perda de rendimento) e/ou 1 (Registo incompleto ou inexistente de um evento)	2 ou 3 (Aceitável)

A avaliação do risco constante da Tabela 6.10 corresponde um risco CC, conhecido e identificado na empreitada, mas de magnitude aceitável.

6.2.7.3 Tratamento do risco

Conforme o descrito na empreitada anterior ponto 6.2.6, optou-se por mitigar o risco elevado constante da Tabela 6.9 recorrendo à adição de bentonite à água presente na perfuração e mantendo o seu nível à cota da plataforma de trabalho. Relativamente ao risco aceitável associado ao perigo “Fraco domínio da técnica” (Tabela 6.10), e considerando o controlo de custos com previsão do final da obra e o dano da perda de rendimento - Figura 5.43, foi mobilizado um técnico qualificado adicional para integrar a equipa.

Este caso comprova a vantagem de se continuar com a avaliação do risco durante todo o processo construtivo. Conseguiu-se uma margem de produção de cerca de 17%, o que, apesar de ser inferior à margem orçamentada pelo departamento comercial, era ainda bastante positiva, uma vez que no caso de não ter existido qualquer tipo de gestão do risco teria sido mais gravosa. Contudo, pode-se extrapolar o seguinte:

- Se que a gestão do risco não fosse aplicada, mas que se detetasse o dano da subida da armadura na primeira estaca sendo a empreitada toda realizada com recurso a suspensão bentonítica;
- E sendo a empreitada de 30 estacas, ter-se-ia o custo agravado de 3,33%, correspondente ao acréscimo de uma estaca;

Com os valores da faturação e dos custos da produção, reais, obtidos da contabilidade acrescentando o custo em 3,33%, pode-se extrapolar que a margem sem gestão dos riscos passasse a ser 13,56%, o que seria inferior à realmente obtida de 16,1%.

6.2.8 Viaduto do NAIL, Luanda

No início desta empreitada verificou-se que os terrenos eram muito favoráveis à perfuração devido à presença de solos areno-argilosos que viabilizavam a perfuração, desde a boca da estaca, de cerca de 10 m, sem recurso a suspensões bentoníticas. Deste modo considerou-se reduzir o teor em bentonite do fluido estabilizador.

6.2.8.1 Identificação dos perigos

Após o preenchimento de listas de verificação de perigos semelhantes às dos Apêndices A3.1 e A3.2 identificou-se um perigo técnico em estacas moldadas

com suspensão bentonítica - ponto 5.5.5.1 c); neste caso, de inadequação do método, uma vez que se ia reduzir a quantidade de bentonite.

6.2.8.2 Avaliação da magnitude do risco

Neste contexto, efetuou-se a avaliação do risco associado à tomada dessa decisão utilizando-se a árvore de eventos da Figura 5.14 para determinar-se a respetiva magnitude - Tabela 6.11.

Tabela 6.11 – Registo do risco para inadequação do método, Viaduto NAIL

Evento	Verosimilhança	Dano	Risco
Diminuição da eficiência da perfuração	3 e 1 (Figura 5.14)	1 (Perda de rendimento) e/ou 3 (Colapso da estaca)	3 (Aceitável)

O risco era CC, pois era conhecido e sabia-se associado à empreitada.

6.2.8.3 Tratamento do risco

Tendo em conta que a magnitude do risco era aceitável optou-se por se utilizar uma composição com cerca de 15 kg de bentonite / m³ de água, o que é cerca de 30% da relação convencional da bentonite geralmente utilizada. A análise foi aplicada apenas a um elemento (estaca); caso se verificasse alguma ocorrência, voltar-se-ia de imediato à dosagem anterior de 50 kg de bentonite / m³ de água. Nesta situação, o decréscimo de bentonite na mistura contribuiu para um processo de bombagem mais rápido, em cerca de 20%. Considerando que o tempo médio de reciclagem de uma estaca nesta obra era de cerca de 2 h, com um acréscimo de 20% ter-se-iam mais 24 min por estaca, o que aplicado a toda a empreitada de 67 estacas, corresponderia a mais 26 h e 48 min, ou seja, aproximadamente a 3,5 dias de trabalho.

Desta forma conseguiu-se executar a empreitada com um desvio de margem de produção relativamente ao comercial na ordem de 20% positivos devido ao aumento da eficiência na reciclagem, pois o fluído era mais fino e devido à poupança em bentonite. Considerando os dados anteriores e caso não se tivesse implementado a gestão do risco ter-se-ia passado o seguinte:

- Com a aplicação da metodologia apresentada a obra demorou 41 dias, caso contrário teria demorado 44,5 dias, isto é, $44,5/41 = 1,08$ mais tempo;

- Ao período de 3,5 dias adicionais corresponderia um acréscimo de custo direto, excluindo os custos incluídos na natureza materiais que para uma obra deste tipo de estacas é de 20%;
- O custo dos 3,5 dias adicionais na empreitada seria o custo dos 41 dias (c_{41}) efetivos multiplicados por $(1,08 - 0,08 \times 0,2) = 1,06$. O custo da obra para os 44,5 dias ($c_{44,5}$) seria assim de $(c_{44,5}) = 1,06 \times (c_{41})$;
- Utilizando os valores absolutos da contabilidade da faturação (f) da obra e de custos⁷², ter-se-ia que a margem final para 44,5 dias ($m_{44,5}$) = $f - 1,06 \times (c_{41})$ o que corresponde percentualmente a $(f - 1,06 \times (c_{41})) / f = 46\%$.

Conclui-se que se não se tivesse aplicado a gestão dos riscos, o resultado da margem de produção seria 46%, inferior à realmente obtida de 49,25%.

6.3. Empreitadas de estacas dúcteis cravadas

6.3.1 Viadutos sobre a Via Expressa, Luanda

O perigo principal desta empreitada consistia na cravação de estacas inclinadas, definidas pelo projetista e para as quais o empreiteiro não dispunha do equipamento mais adequado em território angolano. Tendo em conta a urgência da situação, terminar a construção geral antes das eleições presidenciais (agosto 2017), tinha de se implementar uma solução, uma vez que a execução das fundações dispunha de apenas 5 meses.

6.3.1.1 Identificação dos perigos

Com a elaboração de listas de verificação semelhantes às dos Apêndices A3.1 e A3.6, identificou-se um perigo técnico em estacas dúcteis não injetadas, conforme o descrito no ponto 5.5.6.1 c).

6.3.1.2 Avaliação da magnitude do risco

Para avaliar a magnitude do risco recorreu-se à árvore de eventos da Figura 5.30, de que resultou o registo do risco da Tabela 6.12

⁷² Estes valores não são apresentados por questões de confidencialidade da empresa onde foi realizado o estudo.

Tabela 6.12 – Registo do risco para inadequação do método ou do equipamento, Viadutos sobre a Via Expressa

Evento	Verosimilhança	Dano	Risco
Impedimento ou diminuição do desempenho de cravação	4 (Figura 5.30)	3 (Perda de rendimento)	12 (Elevado)

Estava-se na presença de um risco CC, conhecido e que se sabia associado à empreitada após a entrega do projeto ao departamento de produção.

6.3.1.3 Tratamento do risco

Considerando a magnitude do risco 12 (Elevado) e os custos associados envolvidos, impunha-se a mitigação do mesmo. Em função da Figura 5.50, decidiu-se alterar os meios mecânicos envolvidos. A solução encontrada consistiu na adaptação de um martelo de cravação numa escavadora giratória que permitia a cravação das estacas inclinadas. Foi possível terminar a empreitada no prazo preconizado e com um incremento da margem de produção relativamente à margem comercial em cerca de 14%. Neste caso não é possível extrapolar acerca do sucedido caso não se tivesse aplicado a gestão do risco e não se tivesse utilizado um equipamento modificado para a cravação específica das estacas inclinadas. Admite-se que o resultado final fosse semelhante ao previsto pelo departamento comercial.

6.3.2 Edifício habitacional no Zango, Luanda

Nesta empreitada, o risco incidia sobre a técnica de execução, que à data, não era dominada pelas equipas de produção presentes em Angola pois na equipa da empresa nessa data ninguém dominava a técnica construtiva de estacas dúcteis cravadas e injetadas.

6.3.2.1 Identificação dos perigos

Recorrendo-se a listas de verificação semelhantes às constantes dos Apêndices A3.1 e A3.7 identificou-se a presença de um perigo humano de “fraco domínio da técnica” em estacas dúcteis injetadas, conforme o descrito no ponto 5.5.6.2 0.

6.3.2.2 Avaliação da magnitude do risco

Recorrendo à árvore de eventos da Figura 5.32, realizou-se o registo do risco da Tabela 6.13.

Tabela 6.13 – Registo do risco para fraco domínio da técnica, Edifício habitacional no Zango

Evento	Verosimilhança	Dano	Risco
Desempenho inadequado	4 ou 3 (Figura 5.32)	1 (Registo incompleto ou inexistente de um evento) ou 4 (Perda de rendimento)	4 (Aceitável) ou 12 (Elevado)

Conclui-se que se tratava de um risco CC, conhecido e associado à empreitada, podendo atingir magnitudes elevadas e com verosimilhanças relevantes. Era necessário proceder-se à sua mitigação.

6.3.2.3 Tratamento do risco

Com base nas medidas apresentadas na Figura 5.50, decidiu-se enviar um técnico da equipa à casa-mãe, na Alemanha, para realizar a formação complementar necessária. Foi também integrado na equipa um outro técnico adicional proveniente da referida casa-mãe, apenas para acompanhar o início dos trabalhos. Os custos desta operação foram considerados investimentos e não foram imputados à empreitada, que terminou com uma margem de produção cerca de 12% acima da margem comercial. Neste caso, não se pode concluir sobre qual teria sido o resultado no caso de não se ter mitigado o risco, pelo que se considera que a margem de obra seria no mínimo semelhante à margem comercial. Contudo, a probabilidade de o risco se ter manifestado seria maior, com consequente diminuição na margem da produção.

6.3.3 Hospital do Cuíto, Bié

Nesta empreitada o relatório geotécnico continha a informação necessária para o cálculo das fundações, mas suscitava a necessidade de sondagens adicionais para se conseguir zonar os locais de existência de blocos nos terrenos de fundação, identificados em alguns perfis prospetados.

6.3.3.1 Identificação dos perigos

Preenchendo as listas de verificação de perigos semelhantes às dos Apêndices A3.1 e A3.7, confirmou-se a presença de perigos geológicos para estaca dúcteis injetadas de presença de blocos, conforme o descrito no ponto 5.5.6.2 a), Figura 5.31.

6.3.3.2 Avaliação da magnitude do risco

Recorrendo-se à árvore de eventos da Figura 5.31, verificou-se que os riscos poderiam ter magnitudes classificadas como aceitáveis a elevados, conforme a Tabela 6.14. Estava-se na presença de um risco CC, conhecido e associado à empreitada.

Tabela 6.14 – Registo do risco para a presença de calhaus ou blocos, Hospital do Cuíto

Evento	Verosimilhança	Dano	Risco
Encurvamento da estaca	1 (Figura 5.31)	6 (Abandono da técnica) ou 5 (Perda da estaca)	6 (Significativo) ou 5 (Aceitável)
Impedimento da progressão	3, 2 ou 1 (Figura 5.31)	1 (Recálculo da capacidade), 5 (Perda da estaca) ou 6 (Abandono da técnica)	3 (Aceitável), 10 (Elevado) ou 6 (Significativo)

6.3.3.3 Tratamento do risco

Não havendo preocupações com os riscos aceitáveis, era necessário verificar os que apresentavam magnitudes “significativa” e “elevada”. Os riscos com magnitudes significativas apresentados para ambos os eventos identificados tinham verosimilhanças iguais e de valor 1. Danos também iguais de valor 6, de abandono da técnica, resultando em riscos com magnitude 6. O dano de abandono da técnica estava fora de questão, uma vez que, no local, já tinham sido ensaiadas as estacas dúcteis e estas tinham sido preferidas relativamente às estacas moldadas, com uma economia de custo de cerca de 50%, pelo que se decidiu correr o risco. O risco de magnitude elevada, valor 10, era baseado no dano de perda de uma estaca, sendo necessária a sua mitigação. Com base no dano potencial de “Perda da estaca” e na medida corretiva ou mitigadora “Refazer com outra técnica de perfuração” - Figura 5.54. Optou-se por colocar em obra um equipamento de perfuração de pequeno diâmetro, munido com martelo de fundo de furo, para o caso de se encontrarem blocos, e ter de se executar uma pré-furação destrutiva. No computo geral das estacas, esta técnica foi utilizada apenas em 4 estacas, em diversos locais, e permitiu que se executasse a empreitada sem problemas relativos ao impedimento da progressão da cravação.

No total da empreitada, este custo foi irrelevante, inferior a um acréscimo de custos de 0,25%. Conseguiu-se finalizar os trabalhos com uma margem de produção superior em cerca de 3% à margem comercial.

Considerando-se que não se tinha mitigado o risco, a empreitada teria tido atrasos devido às 4 estacas onde se utilizou a pré-furação e teria sido provável que não se atingisse a margem comercial, pois ter-se-ia de parar a obra para a mobilização do equipamento. Esta mobilização demoraria cerca de 4 dias, no mínimo, e a solução seria de imediato posta em causa pela entidade fiscalizadora, o que não é possível de quantificar. Considerando os dados anteriores extrapolou-se que se não tivesse sido implementada a gestão do risco, ter-se-ia passado o seguinte:

- A empreitada com a gestão do risco demorou 35 dias, caso não tivesse sido aplicada teria demorado 39 dias, ou seja, $39/35 = 1,11$ mais tempo;
- Ao período dos 4 dias adicionais corresponderia um acréscimo de custo direto, com a exceção dos custos já incluídos na natureza materiais, que para uma obra deste tipo de estacas é de 65%;
- O custo dos 4 dias adicionais na empreitada seria o custo dos 35 primeiros dias (c_{35}) multiplicado por $(1,11 - 0,11 \times 0,65) = 1,04$. O custo da obra para 39 dias (c_{39}) seria assim $(c_{39}) = 1,04 \times (c_{35})$;
- Utilizando os valores absolutos da contabilidade da faturação (f) da obra e de custos⁷³, ter-se-ia que a margem final para 39 dias (m_{39}) = $f - 1,04 \times (c_{35})$ que percentualmente corresponde a $(f - 1,04 \times (c_{35})) / f = 24,8\%$;

Conclui-se que caso não se tivesse aplicado a metodologia proposta o resultado de produção seria 24,8%, o que seria inferior ao realmente obtido, de 27,13%.

6.3.4 Empreendimento Nova Vida, Luanda

Esta empreitada regia-se por um contrato baseado em valor global para cada edifício do empreendimento, ao qual se juntavam adendas sempre que surgiam novos edifícios para serem executados. Devido a este facto, nem sempre existiam sondagens geotécnicas suficientemente representativas para todas as

⁷³ Estes valores não são apresentados por questões de confidencialidade da empresa onde foi realizado o estudo

plataformas. Por vezes foram encontrados blocos a cerca de 1,5 m de profundidade que levavam ao encurvamento das estacas (ver Figura 1.5 b).

6.3.4.1 Identificação dos perigos

Com o preenchimento de listas de verificação semelhantes às constantes dos Apêndices A3.1 e A3.6, confirmava-se a presença de um perigo geológico em estacas dúcteis não injetadas conforme o descrito no ponto 5.5.6.1. a).

6.3.4.2 Avaliação da magnitude do risco

De acordo com a árvore de eventos da Figura 5.28, era da maior relevância o “Encurvamento da estaca”. Neste caso, não se verificava a “Obtenção de falsa nega”, uma vez que o evento se verificava perto da superfície, onde os solos se encontravam mais descomprimidos e os blocos iam afundado com a percussão da cravação, o que resultava no encurvamento e não na obtenção de falsa nega.

O respetivo registo do risco encontra-se na Tabela 6.15.

Tabela 6.15 – Registo do risco para a presença de calhaus ou blocos, Empreendimento Nova Vida

Evento	Verosimilhança	Dano	Risco
Encurvamento da estaca	2 ou 3 (Figura 5.28)	1 (Registo incompleto ou inexistente do evento ocorrido) ou 3 (Perda de rendimento)	3 (Aceitável) ou 6 (Significativo)

Estava-se na presença de um risco CC conhecido e que se sabia associado à empreitada, de magnitude significativa.

6.3.4.3 Tratamento do risco

Considerando-se as medidas apresentadas na Figura 5.52 e a verificação do custo associado, foi decido colocar em obra uma máquina de perfuração de pequeno diâmetro para a execução de pré-furos sempre que se verificasse a existência de blocos. Esta decisão foi possível com um custo ainda mais reduzido do que na empreitada do Hospital do Cuíto (0,25% de acréscimo), uma vez que o equipamento estava parqueado em estaleiro, sem serviço, pagando a empreitada somente o aluguer do equipamento fora de uso. Foi possível terminar a obra com uma margem de produção superior em cerca de 7% à margem comercial. Caso não se tivesse optado pela utilização da gestão do risco preconizada, as

consequências em obra seriam qualitativamente semelhantes às verificadas na empreitada do Cuíto. Pode-se assim extrapolar que se teria passado o seguinte:

- Com a aplicação da metodologia apresentada a obra demorou 85 dias, se assim não fosse ter-se-iam perdido 8 dias, demorado 93 dias, ou seja, $93/85 = 1,09$ mais tempo;
- Ao período dos 8 dias adicionais corresponderia um acréscimo de custo direto, com a exceção dos custos incluídos na natureza materiais, que para uma obra deste tipo de estacas é de 65%;
- O custo de 8 dias adicionais na empreitada seria o dos 85 primeiros dias (c_{85}) multiplicado por $(1,09 - 0,09 \times 0,65) = 1,03$. O custo da obra para os 93 dias (c_{93}) seria assim de $(c_{93}) = 1,03 \times (c_{85})$;
- Utilizando os valores absolutos da contabilidade da faturação (f) da obra e de custos⁷⁴, ter-se-ia que a margem final para 93 dias era $(m_{93}) = f - 1,03 \times (c_{85})$, que percentualmente corresponde a $(f - 1,04 \times (c_{85})) / f = 31,2\%$.

Conclui-se que se não se tivesse aplicado a metodologia o resultado da produção seria 31,2%, o que seria inferior ao realmente obtido, de 33,43%.

6.4. Análise e discussão de resultados

Como referido, os perigos e os danos anteriormente apresentados basearam-se em situações reais. Considerando que se utilizaram as verosimilhanças da ocorrência de cada um desses danos, não se consideraram perigos todos aqueles que se conheciam existir, mas cujos eventos associados que não se manifestaram neste universo de empreitadas que serviram de base de dados, sendo a verosimilhança da sua ocorrência considerada nula. Pela mesma razão, não foram identificadas perdas de vidas humanas ou lesões associadas ao desenrolar dos trabalhos de construção.

6.4.1 Resultados práticos da aplicação da metodologia

Do exposto nas secções anteriores verifica-se que a metodologia preconizada fornece ao DO uma ferramenta polivalente e eficiente para gerir os riscos e custos na fase construtiva de estacas moldadas ou dúcteis cravadas em terrenos

⁷⁴ Estes valores não são apresentados por questões de confidencialidade da empresa onde foi realizado o estudo.

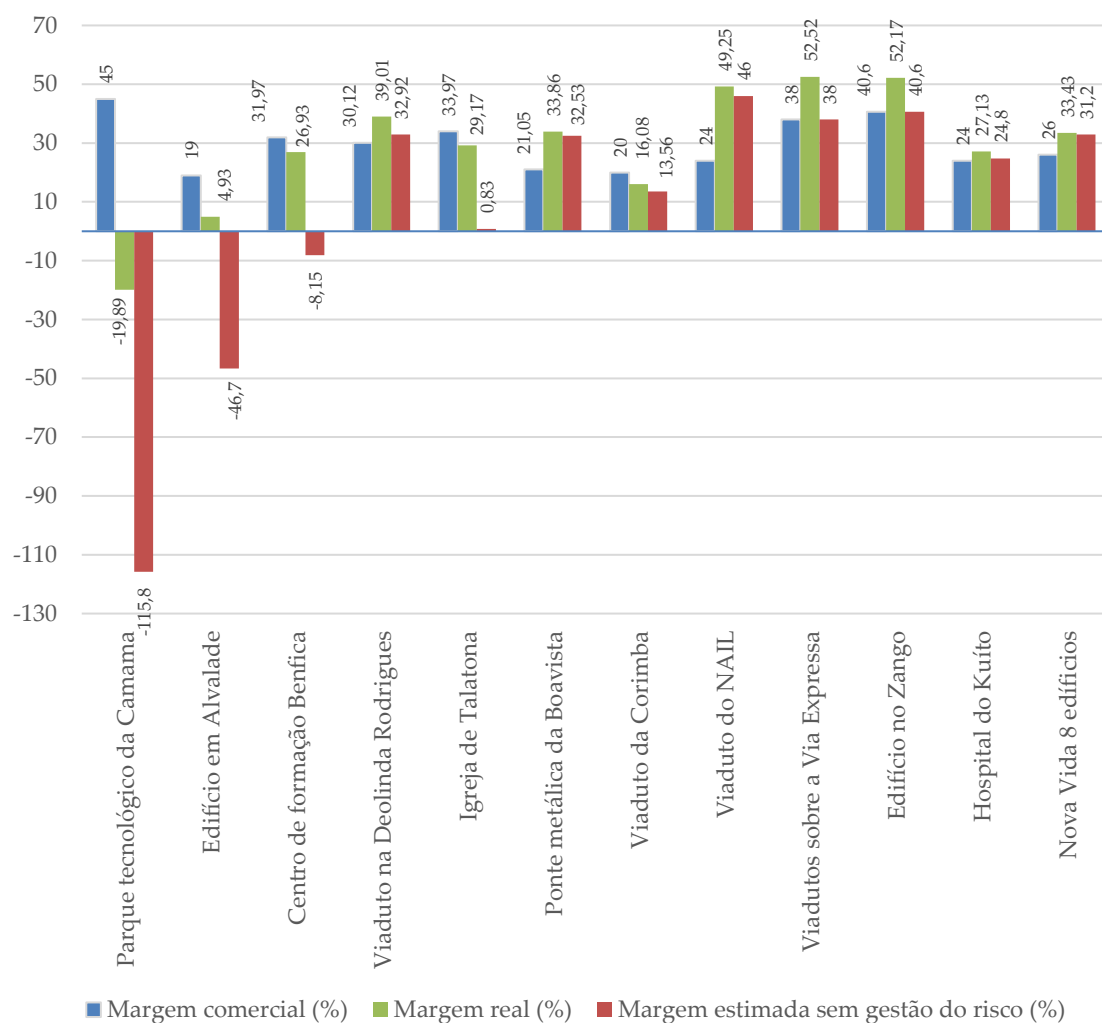
arenosos com passagens de finos. Pode ser utilizada para a apreciar o risco pontual de uma estaca ou para o risco associado a todas as estacas da empreitada. Primeiramente quantifica-se o risco técnico de um elemento, projetando-se depois esse risco, economicamente, em toda a empreitada. Justifica-se, desta forma, que um risco aceitável individualmente, possa ter de ser mitigado devido à projeção do seu custo no final da obra ser economicamente elevado e a sua mitigação revelar-se necessária. Pode, assim, ser aplicada a três tipos de situação de risco como se descreve em seguida:

- a) No início da obra;
- b) Durante a obra em duas situações distintas,
 - b 1) Para avaliar o risco de uma decisão;
 - b 2) Como plano de contingência fornecendo, avaliando e fundamentadas decisões *best way out*.
- a) No início da obra, com a entrega da mesma ao departamento de produção ou logo após a execução dos primeiros trabalhos, utiliza-se a metodologia com a finalidade de determinar os riscos a pode estar sujeita, definindo o seu valor e permitindo, desta forma, decidir se se deve incorrer algum risco ou mitigá-lo, fornecendo em tempo real os custos associados e permitindo prever o resultado final.
- b) Durante o desenrolar dos trabalhos de construção em duas situações distintas,
 - b 1) Ao avaliar o risco de uma decisão, verificando-se se se deve alterar meios ou técnicas construtivas em obra. A metodologia permite inferir sobre o risco da alteração, qual a melhor solução para a mesma e o seu custo.
 - b 2) Fundamentar uma decisão *best way out*, em caso da ocorrência de um evento danoso, associado a perigo não considerado; do mesmo resultar de uma decisão de incorrer um determinado risco ou no caso de um risco mitigado, a metodologia funciona como um plano de contingência, fornecendo medidas corretivas, permitindo calcular o seu custo e qual a mais ou menos arriscada, técnica e economicamente.

6.4.2 Resultados económicos para as empreitadas

De acordo com os controlos dos custos baseados em CBA, pode-se verificar pela Figura 6.6 que a margem de produção obtida nem sempre foi superior à

considerada pelo departamento comercial, contudo, foi sempre possível manter os resultados de produção a nível bastante aceitável e sempre melhores do que aqueles que se poderiam verificar case não se aplicasse a gestão do risco na fase construtiva. Desta forma foi sempre possível ao DO conhecer em tempo real, qual a posição económica da empreitada e como gerir os custos do risco, mitigando-o, incorrendo-o ou/e aplicando medidas corretivas e qual o custo associado.



Mata et al. (2021)

Figura 6.6 - Margens percentuais das obras analisadas

*“A menos que haja compromisso, só há promessas e esperanças;
mas sem planos”*

Drucker (2012)

| 7

CONSIDERAÇÕES FINAIS E PERSPETIVAS FUTURAS

Constata-se que a gestão do risco em fase de construção de fundações especiais, nomeadamente de estacas, ainda não é uma prática comum. Para uma implementação efetiva dessa gestão na fase de construção, investigou-se esta temática que está intrinsecamente ligada à gestão contabilística e financeira das empreitadas, sendo necessária uma linguagem comum e transversal a estas áreas. Os valores obtidos com dados de obra têm de ser comparáveis com a contabilidade analítica e com os considerados na base da proposta comercial da empreitada. Para tal, adota-se o custeio baseado em atividades (CBA), com as naturezas contabilísticas a serem utilizadas por todos os intervenientes da empresa construtora (Produção, Comercial, Contabilidade), (Mata et al., 2021). Para fundamentar tecnicamente a abordagem adotada, reviram-se os tipos de fundações profundas correntes e os seus processos construtivos, com a finalidade de antecipar os potenciais perigos em fase de construção. Foi analisada, criticamente, a bibliografia publicada considerada interessante para o desenvolvimento da gestão do risco e de que forma o mesmo é percecionado pelos diversos autores. Relevou-se que existem, na bibliografia diversas sugestões de gestão do risco para obras de fundações; contudo é difícil encontrar uma metodologia que tivesse realmente sido aplicada, sem ser nas fases de

projeto e operação, e ainda menos exemplos associados à atividade económica de empreitadas de fundações profundas na fase construtiva.

Neste contexto e para servir de base à metodologia a desenvolvida apresenta-se um conjunto de empreitadas em Angola onde se identificaram em 69.596 m de estacas os perigos potenciais que permitiram a sistematização desta metodologia de gestão do risco. Os dados retirados dessas obras, todas acompanhadas pelo autor, permitiram a determinação das verosimilhanças da ocorrência de diferentes danos associados a um dado perigo potencial. A utilização da verosimilhança deve-se ao facto de não se possuírem bases de dados de ocorrências suficientemente extensas que permitissem o cálculo de probabilidades.

Com base nesta informação, conceberam-se 7 listas de verificação exemplificativas de perigos, 24 árvores de eventos para a determinação da magnitude dos riscos associados aos eventos detetados e 21 diagramas de medidas de mitigação ou corretivas para aplicação no caso da efetivação de um dano.

Desenvolveu-se um sistema de gestão do risco em obra, baseado nos custos calculados com CBA e nas referidas árvores de eventos construídas com base em ocorrências reais todas considerando os impactos económicos da potencial intervenção da engenharia. Estes sistemas são de simples utilização por um DO, sendo a sua relação com o controlo de custos simples, eficaz e imediata.

Aplicou-se em seguida a metodologia a 12 empreitadas em Angola, 8 em estacas moldadas com suspensão bentonítica e com tubos moldadores e as restantes 4 em estacas dúcteis cravadas, injetadas e não injetadas, num comprimento total de 48.061 m, em terrenos grosseiros, maioritariamente arenosos, com passagens argilosas. O sistema foi aplicado em dois tipos de situações: no início de obra após a conclusão das primeiras estacas, e durante a obra, para avaliar o tratamento do risco a adotar.

Verificou-se que esta gestão em fase construtiva pode incrementar de forma substancial a produtividade das empreitadas de estacas moldadas e dúcteis (Figura 6.6). Contudo e conforme referido no Capítulo 5, não deve ser uma apreciação realizada independentemente do controlo de custos. Concluiu-se que se apenas se utilizar a gestão do risco, sem o controlo de custos associado à análise de desvios ao orçamento, um risco aceitável para um elemento (estaca) pode-se tornar num risco intolerável ao nível financeiro, para o conjunto de

estacas. Se para riscos singulares, elevados e intoleráveis na fase construtiva a decisão de eliminar ou mitigar é óbvia, no caso dos riscos aceitáveis ou significativos, a análise de custos (CBA) com projeção para o final da obra e a determinação da sua implicação económica pode alterar a ação sugerida para tratar o risco singular (Figura 5.8).

Do exposto conclui-se que na construção de estacas moldadas e dúcteis cravadas, pode haver situações em que a análise de risco dos elementos singulares (estacas) seja aceitável ao nível técnico, mas o custo associado, aplicado a todos elementos (estacas), implique um aumento inaceitável de custos, e que tenham de ser adotadas medidas mitigadoras para cada estaca. A aplicação do sistema gestão do risco apresentado, associado ao controlo de custos baseado em CBA incrementa a margem das empreitadas (Tabela 7.1) e permite um controlo em tempo real dos desvios aos orçamentos.

Tabela 7.1 – Resumo das margens dos casos de obra

Empreitada	Margem comercial (%)	Margem real (%)	Diferença entre margem de produção e a comercial (%)	Margem estimada sem gestão do risco (%)	Diferença entre Margem real e estimada (%)
Parque tecnológico da Camama	45	-19,89	-64,89	-115,8	95,91
Edifício em Alvalade	19	4,93	-14,07	-46,7	51,63
Centro de formação Benfica	31,97	26,93	-5,04	-8,15	35,08
Viaduto na Deolinda Rodrigues	30,12	39,01	8,89	32,92	6,09
Igreja de Talatona	33,97	29,17	-4,8	0,83	28,34
Ponte metálica da Boavista	21,05	33,86	12,81	32,53	1,33
Viaduto da Corimba	20	16,08	-3,92	13,56	2,52
Viaduto do NAIL	24	49,25	25,25	46	3,25
Viadutos sobre a Via Expressa	38	52,52	14,52	38	14,52
Edifício no Zango	40,6	52,17	11,57	40,6	11,57
Hospital do Cuíto	24	27,13	3,13	24,8	2,33
Empreendimento Nova Vida	26	33,43	7,43	31,2	2,23
Média					21,23

A Figura 7.1 mostra como toda a metodologia se reúne e a diferença entre ter um controlo de custos CBA com previsão para o final da obra e como isso afeta a decisão incorrer, ou não, o risco.

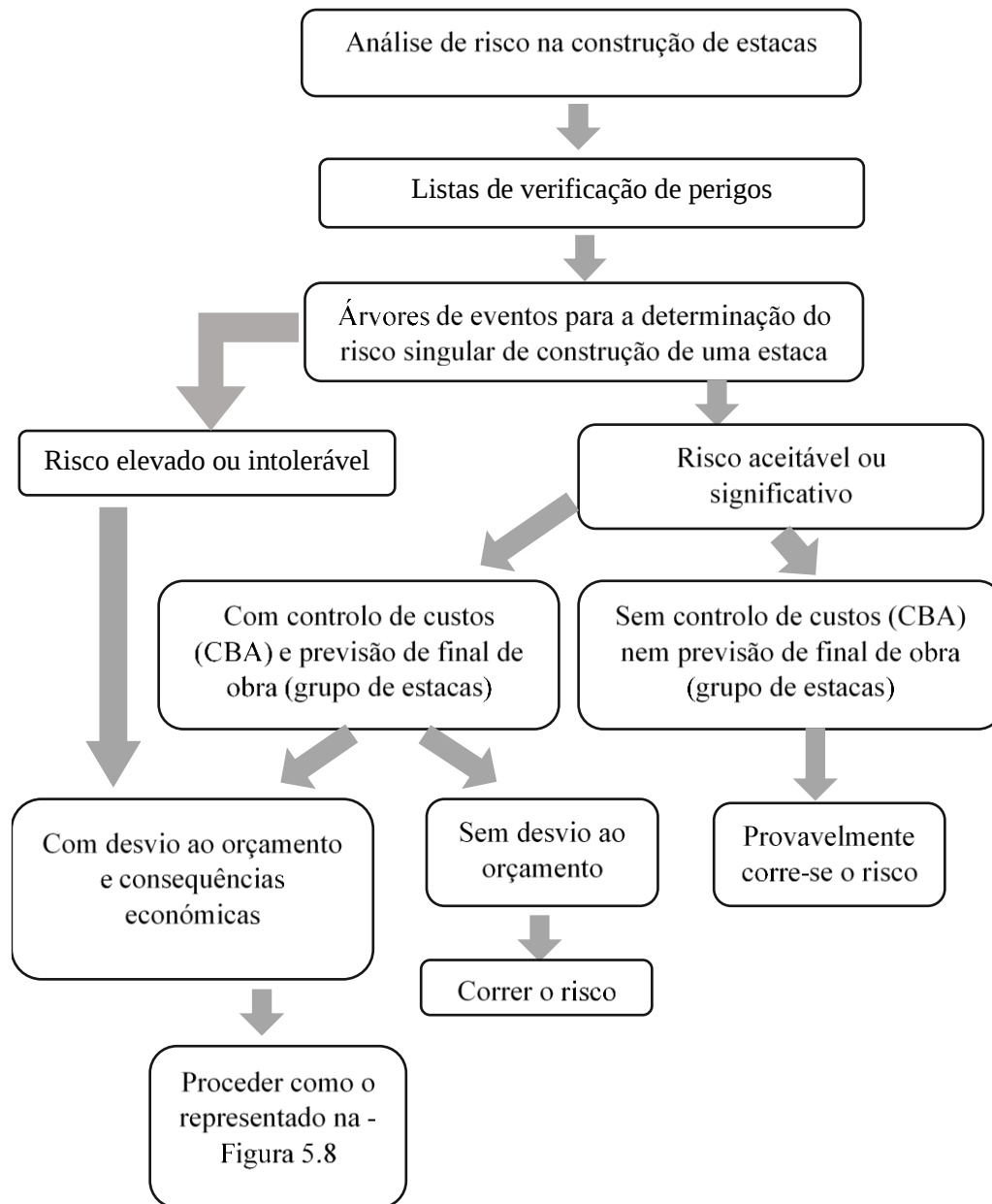


Figura 7.1 - Esquema resumo para a gestão do risco proposta para a construção de estacas

Futuramente poder-se-ão desenvolver, a nível de empresas ou entidades⁷⁵ internacionais ou nacionais, bases de dados com o registo de ocorrências de eventos perigosos para determinar a respetiva probabilidade de ocorrência. No entanto, ter-se-á de padronizar a informação com a finalidade de se obter um registo tipo, normalizado, que permita o cálculo automático através de redes neuronais. Esta base deverá estar *on-line*, acessível ao diretor da obra, para que ele possa obter a informação necessária relativa à probabilidade de ocorrência para qualquer tipo de evento da técnica construtiva em fundações profundas. Uma base de dados semelhante à sugerida por Bles et al. (n.d.) serviria este fim. Essa base de dados deveria ainda ser alargada a todas as técnicas de fundações profundas e a diversos tipos de solos.

⁷⁵ Ordens ou associações que tenham interesse nesses dados

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

a) Publicações de empresas da especialidade, edições de grupos de trabalho, cartografia e normas

(Bauer). 2017. "BST Technical Info 2017 Pile Head Removal." *BST Technical Info*. Schrobenshausen, Germany.

(Bauer Maschinen GmbH). 2012. *BG 28 Rotary Drilling Rig*. Schrobenshausen.

— — —. 2013. *Kellystangen Kelly Bars*. Schrobenshausen.

— — —. 2015. *BG 15 H Rotary Drilling Rig*. Schrobenshausen.

— — —. 2016. *BAUER Trench Cutter Systems*. Schrobenshausen.

http://www.bauerpileco.com/export/sites/www.bauerpileco.com/documents/brochures/mc_cranes_brochures/BC_Trench_Cutter_Systems.pdf.

— — —. 2017. *BG 72 Rotary Drilling Rig*. Schrobenshausen.

(Bauer Spezialtiefbau GmbH). 2010. *BG 12 H, MBG 12 Drilling Rig*. Schrobenshausen.

— — —. 2013. *Method Statement Execution of Full Displacement Piles (FDP) for Test Piles and Foundation Works*. Zgreb.

— — —. 2017. *Microestaca DUKI System Da BAUER*. Schrobenshausen.

- — —. 2018. *Bauer Bored Piles*. Schrobenuhausen.
- (BS EN 545: 2006). 2006. *BS EN 545:2006 Ductile Iron Pipes, Fittings, Accessories and Their Joints for Water Pipelines - Requirements and Test Methods*. Edited by (British Standard). United Kingdom.
- (Buildings Department of Hong Kong Technical Committee). 2017. *Code of Practice for Foundations 2017*. Edited by The Government of Hong Kong Special Administrative Region. 2nd ed. Hong Kong.
- (Byrne Looby Partners). 2013. *Geotechnical Risk Management for Water Engineering Projects Introduction*. Lusail City - Doha.
- (Cimentation Skanska). 2013. *Cased CFA*.
- (Comissão Executiva da especialização de Geotecnia triénio 2019-2022). 2020. *Recomendações na área da geotecnia*. Edited by Alexandre Pinto, Ana Quintela, Maria da Graça Lopes, Paulo Matias Ramos, Pedro Chitas Martins, José A. Mateus de Brito, Cristovão António, et al. Lisboa: Ordem dos Engenheiros.
- (Comissão Técnica 180). 2017. "Terminologia portuguesa da Gestão do Risco." Portugal: Organismo de Normalização Sectorial (ONS) e Associação Portuguesa para a Qualidade (APQ).
- (Darda). 2020. "Darda Splitters." 2020. <https://www.darda.de/en/products/splitters.html>.
- (Deloitte & Touche LLP). 2012. "Risk Assessment in Practice." PIP 198765432. Durham. www.coso.org.
- (DIN CEN 1538: 2010-12). 2010. *DIN EN 1538: 2010-12 Execution of Special Geotechnical Work - Diaphragm Walls*. Germany.
- (Dywidag). 2009. "DYWIDAG-Geotechnics DYWIDAG Ductile Iron Pile."
- (EC 2 EN 1992-1-1: 2010). 2010. *Eurocódigo 2 EN 1992-1-1 Dimensionamento de Estrutura de Betão*.
- (EC 7 NP - EN1997-1: 2010). 2010. *Norma Portuguesa - Eurocódigo 7 – Projecto Geotécnico Parte 1: Regras Gerais NP EN 1997-1 2010*. Portugal: Instituto Português da Qualidade.
- (EN 14199: 2015). 2015. *DIN EN 14199: 2015 Execution of special geotechnical works – Micropiles*. Berlin, Germany.
- (EN 1536 : 2010). 2010. *EN 1536 : 2010-12 Execution of Special Geotechnical Work - Bored Piles*. Vol. 1. Germany.
- (Faculdade de Ciências da Universidade Agostinho Neto). 2000. "Carta Geológica de Luanda 1:25000." Luanda.

-
- (Federation of Piling Specialists). 2006. "Bentonite Support Fluids in Civil Engineering." Federation of Piling Specialists.
- (Federation of Piling Specialists). 2020. "Guidance for the Mechanised Handling of Drilling Tools." *Federation of Piling Specialists*, 2020.
- (GEO). 2011. "Residential Building 067 Hermann Júnior - Gafisa - SP Client : Drilling Do Brasil."
- (Geosolv Design-Built). 2020. "Geosolv Design-Built." 2020.
<http://geosolv.ca/driven-ductile-iron-piles/>.
- (ING). 1988. "Carta Geológica de Angola 1:1000000 Folha 1." Angola.
- (ISO 31000: 2018). 2018. "Risk management Guidelines." Caparica: IPQ.
- (ITA International Tunnel Association). 2002. "Guidelines for Tunnelling Risk Assessment (Draft Prepared for the WG2 Meeting in Sydney)." Sydney.
- (Kinshofer). 2019. "BRC Foundation Pile Milling Heads." 2019.
<https://www.kinshofer.com/excavator-applications-1/construction-general-construction/brc-foundation-pile-milling-heads>.
- (LNEC). 2007. *Especificação LNEC E 464-2007*. Portugal.
- (Nippon Steell & Sumkin Engineering Co. Ltd.). 2013. *Screwed Steel Pile Ns Eco-Pile*. Tokyo. www.eng.nssmc.com.
- (NP EN 14199: 2017). 2017. *NP EN 14199 : 2017 Execução de obras geotécnicas especiais Microestacas*. Edited by (CT 156 (LNEC)). Portugal: IPQ.
- (NP EN 206: 2013 + A1 2017). 2017. *NP EN 206:2013 + A1 2017 Betão Especificação, Desempenho, Produção e Conformidade*. Edited by CT 104 (ATIC). Portugal.
- (ONR 22567:2001). 2001. *ONR 22567 Pfähle Aus Duktilem Gusseisen – Abmessungen , Einbau Und Gütesicherung*. Áustria.
- (Project Management Institute). 2017. *A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK Guide)*. 6th ed. Newtown Square: Project Management Intitute.
- (Recépieux). 2015. "Recépieux." 2015. <http://www.recepieux.com/en/the-most-accurate-recepage/>.
- (Saint-Gobain). 2015. *Ductile Cast Iron Micro Piles for Foundations*. Pont-a-mousson. <https://doi.org/10.1007/BF00739708>.
- (Sarl Coulon Piex battus). 2014. *Driven Ductil Cast Iron Piles.Pdf*. Cahalon-sur-Saône.
- (Soilmec). 2016. *Cased Augered Piles*.

- (Taets). 2015. "Pile Breaker for Round Piles." 2015.
www.pilebreaker.com/pilebreaker-for-round-piles.
- (Tiroler Rohne gmbH). 2019. *Piling Systems Ductile Iron Solutions*. Innsbrucker.

b) Publicações técnicas e científicas

- Abdrabbo, Fathi M., and Khaled E. Gaaver. 2012. "Applications of the Observational Method in Deep Foundations." *Alexandria Engineering Journal* 51 (4): 269–79.
- Abunemeh, Mohammed, Rani El Meouche, Ihab Hijaze, Ahmed Mebarki, and Isam Shahrour. 2017. "Hazards, Vulnerability and Interactions at Construction Sites: Spatial Risk Mapping." *Journal of Information Technology in Construction* 22: 63–79.
- Ahmed, Sayed M., and Ayman L. Fayed. 2015. "Mitigation of Risks Associated with Deep Excavations : State of the Art Review." *Industry Academia Collaboration (IAC 2015)*, 18.
- Alén, Claes. 1998. "On Probability in Geotechnics - Random Calculation Models Exemplified on Slope Stability Analysis and Ground-Superstructure Interaction." Gotemburgo: Chalmers University of technology.
- Alitra, Resmi Bestari, and Bambang Purwoko K.B. 2019. "Risk Management of Pile Foundation Work Using Analytical Hierarchy Process Method (AHP)." *International Journal of Engineering Research and Advanced Technology* 5 (5): 37–46. <https://doi.org/10.31695/ijerat.2019.3445>.
- Ang, Alfredo H-S, and W H Tang. 1984. *Probability Concepts in Engineering Planning and Design, Volume II – Decision, Risk and Reliability*. Nova York: John Wiley & Sons. http://sutlib2.sut.ac.th/sut_contents/H101380.pdf.
- Anjum, Rani Lill, and Elena Rocca. 2019. "From Ideal to Real Risk: Philosophy of Causation Meets Risk Analysis." *Risk Analysis* 39 (3): 729–40. <https://doi.org/10.1111/risa.13187>.
- Anthony, R. 1988. *The Management Control Function*. Boston: HBS.
- Anthony, R., and V. Govindarajan. 2007. *Management Control Systems*. New York: Mc Graw Hill.
- Apostolakis, George E. 2004. "How Useful Is Quantitative Risk Assessment?" *Risk Analysis*, 2004. <https://doi.org/10.1111/j.0272-4332.2004.00455.x>.

-
- Askarian, Saeed, and Ali Fakher. 2019. "Risk Based Design of Deep Urban Excavations." In *Proceedings of the 7th International Symposium on Geotechnical Safety and Risk (ISGSR 2019)*, 393–98. Singapore: Research Publishing Services. <https://doi.org/10.3850/978-981-11-2725-0-IS1-1-cd>.
- Aven, Terje. 2017. "Improving Risk Characterisations in Practical Situations by Highlighting Knowledge Aspects, with Applications to Risk Matrices." *Reliability Engineering and System Safety* 167 (November): 42–48. <https://doi.org/10.1016/j.ress.2017.05.006>.
- Aven, Terje, and Ortwin Renn. 2018. "Improving Government Policy on Risk: Eight Key Principles." *Reliability Engineering and System Safety* 176 (August): 230–41. <https://doi.org/10.1016/j.ress.2018.04.018>.
- Baars, S. van, and J. K. Vrijling. 2005. "Geotechnical Applications and Conditions of the Observational Method." *Heron* 50 (3): 155–72.
- Baecher, Gregory B., and John T. Christian. 2003. *Reliability and Statistics in Geotechnical Engineering*. Chichester: John Wiley & Sons. <https://books.google.com/books?id=Jk0VF0v7TecC&pgis=1>.
- Basu, Prasenjit, Monica Prezzi, and Dipanjan Basu. 2010. "Drilled Displacement Piles-Current Practice and Design." *DFI JOURNAL* 4 (1): 3–20.
- Bauer, Florian (Bauer Spezialtiefbau GmbH). 2016a. *QTech-Info 1 Rebar Connection at Pile Cage Joins*. Schrobenehausen.
- — —. 2016b. *QTech Info Concreting with tremie pipe* 9. 2016.
- Beckhaus, Karsten. 2018. "EFFC/DFI Guide to Tremie Concrete for Deep Foundations." In *European Federation of Foundation Contractors/Deep Foundations Institute*, 52. Rome: EFFC-DFI.
- Beckhaus, Karsten, Martin Larisch, and Habib Alehossein. 2011. "New Performance Criteria for Fresh Tremie Concrete." In *Workshop Performance-Based Specifications for Concrete*. Leipzig. <https://www.researchgate.net/publication/283119677%0ANew>.
- Bedford, Tim, and Roger Cooke. 2003. *Probabilistic Risk Analysis: Foundations and Methods*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Benjamin, Jack R, and C. Allin Cornell. 2014. *Probability, Statistics, and Decision for Civil Engineers*. Nova York. <http://www.google.pt/books?hl=pt-PT&lr=&id=Gqm-AwAAQBAJ&pgis=1>.
- Berggren, B, L Olsson, and J Johansson. 2000. "AHP - a Tool for Geo-Decisions." In *Proceeding of the Nordic Geotechnical Meeting*. Helsinki.

- Berthouex, Paul Mac, and Brown Linfield C. 2002. *Statistics for Environmental Engineers*. Segunda. Boca Raton: Lewis Publishers.
<https://doi.org/10.1201/9781420056631.ax>.
- Bles, Thomas, Saad Al-Jibouri, and Jeroen Van den Abel. 2003. "A Risk Model for Pile Foundations." In *Proceedings of the 20th International Symposium on Automation and Robotics in Construction ISARC2003 The Future Site*. Eindhoven: IAARC, 421–26. Enschede.
- Borges, António, and Azevedo Rodrigues. 2008. *Contabilidade e Finanças Para a Gestão, 4ª Ed. 4ª Edição*. Lisboa: Áreas Editora.
- Boutz, Michel, Dan Brown, Sabine Darson-balleur, Peter Faust, Sarah Williamson, and Laing O Rourke. 2016. "EFFC/DFI Best Practice Guide to Tremie Concrete for Deep Foundations," 1–52.
- Briaud, Jean-louis. 2020. "Failure Has Consequences." *Geostrata* JanFeb: 7.
- Brito, Jorge de. 1999. "Estacas Moldadas No Terreno." *IST*.
<https://doi.org/10.13140/RG.2.1.1633.8402>.
- — —. 2015. "Tipologia Das Estacas."
<https://doi.org/10.13140/RG.2.1.2727.3042>.
- Brito, Jorge de, and Paulo França. 1999. "Paredes Moldadas e Barrentas." *Instituto Superior Técnico Licenciatura Em Engenharia Civil Cadeiras de Processos de Construção*.
- Brown, D., T. Wulleman, and M. Bottiau. 2016. "A Comparison of Design Practice of Bored Piles/Drilled Shafts between Europe and North America." *DFI Journal* 10 (2): 54–63. <https://doi.org/10.1080/19375247.2016.1254375>.
- Brown, Dan A., Steven D. Dapp, W. Robert Thompson, and Carlos A. Lazarte. 2007. "Geotechnical Engineering Design and Construction of Continuous Flight Auger Piles." *Security*.
<http://www.mendeley.com/research/geotechnical-engineering-design-construction-continuous-flight-auger-piles/>.
- Bustamante, Michel, and Bernard Doix. 1985. "Une Méthode Pour Le Calcul Des Tirants et Des Micropieux Injectés." *Bulletin de Liaison Des Laboratoires Des Ponts et Chaussées*, 1985.
- Cabral, Mónica, and A. Santos Ferreira. 2014. "Aplicação Do Método Observacional Em Obras Geotécnicas Portuárias: Porto Da Ericeira." Lisboa.
- Caetano, Micaela. 2014. Igreja Nossa Senhora dos Navegantes , Parque das Nações : Deep Foundation with Driven Ductile Iron Micropiles 1–10.

-
- Cândido, M. A. 2010. "Contribution to geotechnical risk management in tunnel construction 'Contributo para a gestão de risco geotécnico na construção de túneis.'" Caparica: Nova School of Science and Technology "Universidade Nova de Lisboa - Faculdade de Ciências e Tecnologia."
- Cardu, Marilena, and Pierpaolo Oreste. 2013. "Productivity and Working Costs of Modern Trench-Cutters for the Construction of Concrete Diaphragms in an Urban Environment." *International Journal of Mining Reclamation and Environment* 28 (2): 118–32.
- Carlsson, Mats. 2005. "Management Geotechnical Risks in Infrastructure Projects." Royal Institute of Technology.
- Cathie, David. n.d. "Managing Geotechnical Risk," 1–7.
- Chapman, T. J. P. 2008. "The Relevance of Developer Costs in Geotechnical Risk Management." In *Proceedings of the Second BGA International Conference on Foundations, ICOF2008*, edited by M.J. Brown, M.F. Bransby, A.J. Brennan, and J.A. Knappett, 1–26. London: IHS BRE Press.
- Chapman, T. J. P., M. Th. van Staveren, T. R. Stacey, and J. E. Hellings. 2007. "Ground Risk Mitigation by Better Geotechnical Design and Construction Management." In *ISGSR2007 First International Symposium on Geotechnical Safety & Risk*, 645–56.
- Chapman, Tim, and Alain Marcetteau. 2004. "Achieving Economy and Reliability in Piled Foundation Design for a Building Project." *The Structural Engineer*, 2004.
- Choy, K. K., Paul T. C. Pang, W. W. Li, and Vincent S. H. Tse. 2004. "Code of Practice for Foundations." *Buildings Department Hong Kong*. Hong Kong. <http://www.info.gov.hk>.
- Coelho, Silvério. 1996. "Modo de Execução de Estacas." In *Tecnologia de Fundações*, Primeira. Edições E.P.G.E.
- Coleman, D. B., and A. Tipter. 2016. "A Comparison of Contracting Methods for Bored Pile (Drilled Shaft) Construction between Europe and North America." *DFI Journal* 10 (2): 79–86. <https://doi.org/10.1080/19375247.2016.1253164>.
- Cooper, Robin, and Robert S Kaplan. 1991. "Profit Priorities from Activity-Based Costing." *Harvard Business Review*, 1991.
- Coppendale, J. 1995. "Manage Risk in Product and Process Development and Avoid Unpleasant Surprises." *Engineering Management Journal* 5 (1): 35. <https://doi.org/10.1049/em:19950103>.

- Cox, Louis Anthony. 2008. "What's Wrong with Risk Matrices?" *Risk Analysis* 28 (2): 497–512. <https://doi.org/10.1111/j.1539-6924.2008.01030.x>.
- Crainich, David, Louis R. Eeckhoudt, and James K. Hammitt. 2015. "The Value of Risk Reduction: New Tools for an Old Problem." *Theory and Decision* 79 (3): 403–13. <https://doi.org/10.1007/s11238-014-9475-7>.
- Daniel, Diogo (Teixeira Duarte - Engenharia e Construções), João (Teixeira Duarte - Engenharia e Construções) Trindade, and Pedro (Teixeira Duarte - Engenharia e Construções) Rei. 2016. "Deep Piles with Large Diameter – Loukkos Bridge Foundations – Marocco'S High Velovity Line - Work Case 'Estacas Profundas de Grande Diâmetro - Fundações Do Viaduto Loukkos - Linha de Alta Velocidade de Marrocos - Caso de Obra.'" In *15th National Congresss of Geotechnics ; 8th Luso-Brazilian Congress of Geotechnics "15 CNG Congresso Nacional de Geotecnia; 8 CLBG Congresso Luso-Brasileiro de Geotecnia,"* 11. Porto: 15 CNG Congresso Nacional de Geotecnia; 8 CLBG Congresso Luso-Brasileiro de Geotecnia.
- Day, P. W., J. A. Wates, and K. Knight. 1981. "Skin Friction on Underslurry Piles." In , 689–92. Durban.
- Deutsch, Clayton V. 2002. *Geostatistical Reservoir Modeling*. Edited by André G Journel. Primeira. Nova York: Oxford University Press.
http://www.amazon.com/Geostatistical-Reservoir-Modeling-Clayton-Deutsch/dp/0195138066#reader_0195138066.
- Diamantidis, D., S. Duzgun, F. Nadim, and M. Wöhrle. 2006. "On the Acceptable Risk for Structures Subjected to Geohazards." In *Proceedings Geohazards Engineering Conferences International Year, 9*. Lillehammer. <http://dc.engconfintl.org/geohazards/32>.
- Donnelly, C Richard. 2004. "Appropriate Risk Transfer in 'underground' Projects." In *United States Society on Dams*, 11. Charlotte. <https://doi.org/10.13140/2.1.3474.5923>.
- Drucker, Peter. 2012. *Management*. First. London and New York: Routledge.
- Einstein, Albert. n.d. "Ideas Quotes." Accessed March 12, 2019. <https://www.democratandchronicle.com/story/RocNext/2013/12/07/if-at-first-the-idea-is-not-absurd-then-there-is-no-hope-for-it/3960613/>.
- Eskesen, S. D., P Tengborg, J Kampmann, and T. H. Veicherts. 2004. "Guidelines for Tunnelling Risk Management: International Tunnelling Association, Working Group No. 2." *Tunneling and Underground Space Trchology* 19 (3): 217–37.

-
- Espósito, Terezinha, Mauro Naghettini, Josias Ladeira, and Laura Caldeira. 2010. "Analysis by Event Tree: Tool for Risk Management in Earth Dams 'Análise Por Árvore de Eventos: Ferramenta Para Gestão de Risco Em Barragens de Terra.'" *Geotechnics - Luso -Brazilian Magazine on Geotechnics "Geotecnia - Revista Luso - Brasileira de Geotecnia,"* 2010.
- Farmer, I. W., P. J. C. Buckley, and Z. Sliwinski. 1970. "The Effect of Bentonite on the Skin Friction on Cast in Place Piles." In *Instalation Procedures and Effects*, 115–20.
- Fell, Robin. 1994. "Landslide Risk Assessment and Acceptable Risk." *CAN. GEOTECH. J. VOL 31*, 1994.
- Folque, José. 1997. *Prontuário de engenharia de solos*. Lisboa: Laboratório Nacional de Engenharia Civil.
- Gerressen, F., and M. Schöpf. n.d. "Diaphragm Walls Using a Trench Cutter for Urban Applications." Schrobhausen.
- Gibbons, Paul. 2015. *The Science of Successful Organizational Change: How Leaders Set Strategy, Change Behavior, and Create an Agile Culture*. Pearson FT Press.
- Golser, J. n.d. "Risk Management in Geotechnical Engineering."
- Gonçalves, João Filipe Correia. 2010. "Influência da Esbelteza no Comportamento de Microestacas." Lisboa: Instituto Superior Técnico - Universidade Técnica de Lisboa.
- Goovaerts, Pierre. 1997. *Geostatistics for Natural Resources Evaluation*. New York: Oxford University Press.
- Grabe, Jürgen (Technische Universität Hamburg-Harbug). 2009. *Untersuchungen Zum Vollverdrängungsbohrpfahl-System FDP Mit Lost Bite Der Firma BAUER*. Hamburg.
- Gransberg, Douglas D., Michael Loulakis, Ali Touran, Ghada Gad, Kevin McLain, Shannon Sweitzer, Dominique Pittenger, Ivan Castro Nova, Ricardo Tapia Pereira, and Milagros Pinto-Nunez. 2018. *Guidelines for Managing Geotechnical Risks in Design-Build Projects*. Washington, D.C.: Transportation Research Board. <https://doi.org/10.17226/25262>.
- Hajnal, I., J. Márton, and Z. Regele. 1984. *Construction of Diaphragm Walls*. Edited by Akad. Kiadó. Chichester: John Wiley and Sons Ltd.
- Hammersley, J. M., and D. C. Handscomb. 1964. *Monte Carlo Methods*. Methuen's Monographs on Applied Probability and Statistics. Methuen. <https://books.google.pt/books?id=Kk4OAAAAQAAJ>.

- Hanh, Le Quang (FECON Underground Construction JSc.). 2016. "Construction Risk Control for Deep Excavation in Urban Areas." In *Geotechnical Risk Assessment And Management*, edited by Phung Duc Long, 551–58. Hanoi: Geotechincs for sustainable infrastructure development.
- Hannigan, Patrick J., Frank Rausche, Garland E. Likins, Brent R. Robinson, and M.L. Becker. 2016. "Design and Construction of Driven Pile Foundations - Volume I." Woodbury: Federal Highway Administration, Washington.
- Hansson, Sven Ove. 2010. "Risk: Objective or Subjective, Facts or Values." *Journal of Risk Research* 13 (2): 231–38.
<https://doi.org/10.1080/13669870903126226>.
- Harr, M. E. 1987. *Reliability-Based Design in Civil Engineering*. New York: McGraw Hill.
- Heinzelmann, Harald (Bauer Spezialtiefbau GmbH). 2010. *QM-Info Spacer for Bored Piles*. Schrobhausen.
- — —. 2011a. *QM-Info Cleaning of Bored Pile Base*. Schrobhausen.
- — —. 2011b. *QM-Info Polymer in Special Foundations*. Schrobhausen.
- — —. 2012. *QM-Info Fluid Supportd Pile Shafts*. Schrobhausen.
- — —. 2013. *QM-Info Bored Pile Construction with CFA-Method: Technique - Application - Chances*. Schrobhausen.
- — —. 2015. *QM-Info Special Lifting Hooks for Reinforcement Cages*. Schrobhausen.
- Henneberg, F. A., A. O. Michaloski, R. E. Catai, A. Nagalli, and V. Mymrine. 2016. "Risk Analysis in the Execution of Foundation in Civil Construction." *Electronic Journal of Geotechnical Engineering* 21 (12): 4453–76.
- Hitch, Richard, Graham Bradshaw, and Sarath Fernando. 2009. *Geotechnical Risk Assessment and Hazard Manangement Guidlines*. Australia.
- Hoek, Evert, and Alexandro Palmieri. 1998. "Geotechnical Risks on Large Civil Engineering Projects." In *Keynote Address for Theme I – International Association of Engineering Geologists Congress, Vancouver, Canada, September 21 to 25, 1998*, 12. Vancouver.
- Hosny, Hossam E., Ahmed H. Ibrahim, and Raymond F. Fraig. 2018. "Risk Management Framework for Continuous Flight Auger Piles Construction in Egypt." *Alexandria Engineering Journal* 57 (4): 2667–77.
<https://doi.org/10.1016/j.aej.2017.10.003>.
- Hudson, J. 1992. *Rock Engineering Systems. Theory and Pratice*. Chichester: Ellis Horwood,. <http://trid.trb.org/view.aspx?id=370152>.

-
- Jafarimoghaddam, Alireza, Jafar Khademi Hamidi, and Mohammad Najafi. 2013. "Application of Decision Tree to Selection of MTBM for Adverse Geological Conditions." *International Journal of Mining Science and Technology* 23 (4): 503–11. <https://doi.org/10.1016/j.ijmst.2013.07.007>.
- Jardim Caetano, Micaela Farias. 2014. "Igreja Nossa Senhora Dos Navegantes , Parque Das Nações : Fundações Indiretas Por Microestacas Cravadas." Instituto Superior Técnico de Lisboa.
- Jasanoff, Sheila. 2016. *The Ethics of Invention: Technology and the Human Future*. 1st ed. New York: W. W. Norton & Company.
- Jensen, Finn V. 2001. *Bayesian Networks and Decision Graphs*. Nova York: Springer-Verlag New York, Inc. <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=516346>.
- Jordan, Hugues, João Carvalho das Neves, and José Azevedo Rodrigues. 2011. *O Controlo de Gestão*. Nona. Lisboa: Áreas Editora.
- Juang, C. Hsein, Yixun Ge, and Jie Zhang. 2019. "Geological Uncertainty: A Missing Element in Geotechnical Reliability Analysis." In *Proceedings of the 7th International Symposium on Geotechnical Safety and Risk (ISGSR 2019)*, 1–12. Singapore: Research Publishing Services. <https://doi.org/10.3850/978-981-11-2725-0-WT-cd>.
- Kalsnes, B., B. V. Vangelsten, and U. Eidsvig. 2016. "Risk Analyses in Excavation and Foundation Work." In *17th Nordic Geotechnical Meeting Challenges in Nordic Geotechnic*, 487–94.
- Kaplan, Robert S, and Steven R Anderson. 2004. "Time - Driven Activity - Based Costing." *Harvard Business Review*, 2004.
- Katzenbach, Rolf (Technische Universität Darmstadt, Germany), and Germany) Leppla, Steffen (Technische Universität Darmstadt. 2016. "Prevention of Mistakes at the Design and the Construction of Deep Foundations." In *Geotechnics for Sustainable Infrastructure Development - Geotec Hanoi 2016, Phung (Edt).*, edited by Phung Duc Long, 31 to 40. Hanoi: Geotechincs for sustainable infrastructure development.
- Kelman, Steven. 1981. "Cost-Benefit Analysis An Ethical Critique." *AEI Journal on Governemnt and Society*, 33–40.
- Kirwan, Barry. 1994. *A Guide to Practical Human Reliability Assessment*. Londres: Taylor & Francis.

- Kletz, Trevor A. 1992. *Hazop and Hazan*. Quarta edi. Rugby: Institution of chemical engineers.
https://books.google.pt/books?id=m2u577x_6U4C&pg=PA59&lpg=PA59&dq=Kletz+T+A,+1992,+Hazop+and+Hazan,+Institution+of+Chemical+Engineers,+Rugby,+United+Kingdom&source=bl&ots=xfwVH2BMjW&sig=NpV_ma91_uUzzrfbMybO4OlgPew&hl=pt-PT&sa=X&ei=8HbXVIHAOvSLsQSMuYKQDw&v.
- Knight, P.E., Karen A. 2019. "Dam Safety Risk Analysis and Risk Management Practice at the Bureau of Reclamation: Lessons Learned from over Two Decades of Experience." In *Proceedings of the 7th International Symposium on Geotechnical Safety and Risk (ISGSR 2019)*, 55–61. Singapore: Research Publishing Services. <https://doi.org/10.3850/978-981-11-2725-0-key3-cd>.
- Konaev, Margarita. 2019. "'The Future of Urban Warfare in the Age of Megacities.'" *Focus stratégique* 88 (March): 59.
- Lacasse, S., F. Nadim, Z. Q. Liu, U. K. Eidsvig, T. M.H. Le, and C. G. Lin. 2019. "Risk Assessment and Dams – Recent Developments and Applications." In *17th European Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, ECSMGE 2019*, 1–26. Reykjavik. <https://doi.org/10.32075/17ECSMGE-2019-1110>.
- Lacasse, Suzanne. 2016. "Hazard, Reliability and Risk Assessment -Research and Practice for Increased Safety." In *NGM 2016 Reykjavik Proceedings of the 17th Nordic Geotechnical Meeting Challenges in Nordic Geotechnic 25th – 28th of May*, 18–42. Reykjavik.
- Lacasse, Suzanne, and Farrokh Nadim. 1998. "Risk and Reliability in Geotechnical Engineering." In *International Conference on Case Histories in Geotechnical Engineering*, 11:1172–92. St. Louis, Missouri.
<https://scholarsmine.mst.edu/icchgehttps://scholarsmine.mst.edu/icchge/4icchge/4icchge-session00/11>.
- Lam, Carlos, and Stephan A. Jefferis. 2016. "Performance of Bored Piles Constructed Using Polymer Fluids: Lessons from European Experience." *Journal of Performance of Constructed Facilities* 30 (2): 9.
[https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1061/\(ASCE\)CF.1943-5509.0000756](https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1061/(ASCE)CF.1943-5509.0000756).
- Lam, Carlos, Stephan A. Jefferis, and Tony P. Suckling. 2014. "Construction Techniques for Bored Piling in Sand Using Polymer Fluids." *Proceedings of the Institution of Civil Engineers: Geotechnical Engineering* 167 (6): 565–73.
<https://doi.org/10.1680/geng.13.00128>.

-
- Lam, Carlos, Stephan A. Jefferis, Tony P. Suckling, and Viv M. Troughton. 2015. "Effects of Polymer and Bentonite Support Fluids on the Performance of Bored Piles." *Soils and Foundations* 55 (6): 1487–1500. <https://doi.org/10.1016/j.sandf.2015.10.013>.
- Larisch, M D, D J Williams, and A Scheuermann. 2015. "Influence of Pile Installation Techniques on Ground Heave in Clays." In *12th Australia New Zealand Conference on Geomechanics*, 8. Wellington.
- Larisch, Martin. 2018. "Risk Management for Piles & Deep Foundations." New Zealand Geotechnical Society Inc.
- Larisch, Martin D. 2018. "Current Practice of CFA Piling in Australia and New Zealand." In *International Conference on Deep Foundations and Ground Improvement*. Roma.
- — —. 2019. "Fundamental Mechanisms of Concrete Bleeding in Bored Piles." In *Concrete 2019 Conference*, 9. Sydney.
- — —. 2022. "Construction and Stability Risks for Fluid Supported Deep Excavations and Their Effects on Design Parameters." In *DFI-PFSF Piling & Ground Improvement Conference*, 20. Sydney.
- Latapie, Benoît, Marwan Alzaylaie, Rhea A. Albelda, Joyshwin Sumputh, and Michelle Abou Samra. 2019. "A Review of Piling Industry Practices in Dubai, UAE: Proposed UCS-Based Correlations." *Geotechnical Research* 6 (2): 103–29. <https://doi.org/10.1680>.
- Latham, Michael. 1994. *Constructing the Team*. London: HMSO.
- Li, J .W., L. Q. Li, and X. R. Yang. 2007. "Interval Entropy Measurement Method in Risk Analysis and Its Application to Metro Construction." In *ISGSR2007 First International Symposium on Geotechnical Safety & Risk*, 657–64. Shanghai.
- Liu, Zhongqiang, Farrokh Nadim, Alexander Garcia-Aristizabal, Arnaud Mignan, Kevin Fleming, and Byron Quan Luna. 2015. "A Three-Level Framework for Multi-Risk Assessment." *Georisk* 9 (2): 59–74. <https://doi.org/10.1080/17499518.2015.1041989>.
- Madabhushi, Gopal, Stuart Haigh, and Jonathan Knappett. 2014. "Performance of Pile Foundations." *EBook Collection*, 1–38.
- Manfred, Mildner (Bauer Spezialtiebau GmbH). 2009. *1. Infobrief 2009 / Fachabteilung PFA - DKS Verfahren*. Schrobenshausen.
- Mansour, Farid (Bauer Spezialtiebau GmbH). 2002. "Method Statement for Pile Construction by Benotnite System." 0. Abu Dhabi.

- Marinucci, A., and V. Jue. 2016. "Kelly-Drilled Bored Piles : A Comparison of Construction Practices between Europe and North America." *DFI Journal* 10 (2): 64–78. <https://doi.org/10.1080/19375247.2016.1253158>.
- Marshall, Kneale T., and Robert M. Oliver. 1995. *Decision Making and Forecasting*. Nova York: McGraw-Hill Companies.
- Mascarenhas, Jorge. 2007. *Sistemas de Construção I - Contenções , Drenagens, Implantações, Fundações, "Jet-Grouting", Ancoragens, Túneis, Consolidação de Terrenos*. 6ª. Lisboa: Livros Horizonte.
- Mata, Pedro, Catarina Fortuna, Catarina Tropa, Cláudia Gama, Filipe Pontes, Gonçalo Silveira, Hugo Marques, et al. 2011. *Portugal first. Entrepreneurs are needed! "Portugal primeiro. Empreendedores precisam-se!"* First. Lisbon: Edições Sílabo. <http://www.silabo.pt/livros.asp?num=444>.
- Mata, Pedro, Ana Paula Silva, and Fernando F. S. Pinho. 2016a. "BIM – GGIM : CONCEPTS AND GEOTECHNICAL APPLICATIONS." In *15th National Congress on Geotechnics; 8th Luso-Brazilian Congress on Geotechnics "15 CNG Congresso Nacional de Geotecnia; 8 CLBG Congresso Luso-Brasileiro de Geotecnia,"* 11. Porto: 15 CNG Congresso Nacional de Geotecnia; 8 CLBG Congresso Luso-Brasileiro de Geotecnia.
- — —. 2016b. "Risk Management Procedure in the Construction of Deep Foundations." In *Geotechnics for Sustainable Infrastructure Development*, edited by Phung Duc Long, 261–69. Hanoi: Geotechnics for sustainable infrastructure development.
- — —. 2021. "Risk Management of Bored Piling Construction on Sandy Soils with Real-Time Cost Control." *Infrastructures*, May 20, 2021. <https://doi.org/10.3390/infrastructures6050077>.
- Matos, C., R. Sousa, J. Kleberg, and L. Pinto, eds. 2004. *Geotechnical Risk in Rock Tunnels*. Aveiro: Taylor & Francis.
- Nadim, Farrokh. 2017. "Reliability-Based Approach for Robust Geotechnical Design." In *Proceedings of the 19th International Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering*, 191–211. Seoul: INTERNATIONAL SOCIETY FOR SOIL MECHANICS AND GEOTECHNICAL ENGINEERING This.
- Nawaz, Ahsan, Ahsan Waqar, S. A. R. Shah, Muhammad Sajid, and M. I. Khalid. 2019. "An Innovative Framework for Risk Management in Construction Projects in Developing Countries: Evidence from Pakistan." *Risks* 7 (24): 10.

- Nicholson, Duncan. 2012. "The Observational Method in Ground Engineering - Recent UK Experience." In *Presentation, Danish Geotechnical Society Meeting, Geotechnical Monitoring and Observational Method, Copenhagen*, 36. Copenhagen.
- Oboni, Franco, and Cesar Oboni. 2020. *Tailings Dam Management for the Twenty-First Century What Mining Companies Need to Know and Do to Thrive in Our Complex World*. Cham: Springer.
- Oliveira Baião, Carlos, Gonçalo Diniz Vieira, José Paulo Cruz, and Raul Sarra Pistone. 2019. *Guia de Boas Práticas Para a Contratação de Obras Geotécnicas Complexas*. Lisboa: Decreto-Lei n.º 111-B/2017 sobre contratação pública, que procedeu a uma nova alteração do Código dos Contratos Públicos (CCP) com o objetivo de dar cumprimento à obrigação de transpor as diretivas europeias 2014/23/EU, 2014/24/EU, 2014/25/EU e 2014/55/EU.
- Oliveira, Patrícia. 2019. "Fundações por Estacas Dúcteis Cravadas." Porto: Universidade do Porto - Faculdade de Engenharia.
- Olsson, Lars. 1986. *Användning av β -metoden i geotekniken : illustrerad med spontberäkning*. Estocolmo: Tekniska högsk.
- Olsson, Lars, and Haken Stille. 1980. *Lönar sig en kompletterande grundundersökning? Beslutsteori tillämpad på ett spontningsobjekt*. Stockholm.
- Palmieri, Alessandro. 2015. "Engineering Geology for Society and Territory - Volume 6." In , edited by Giorgio Lollino, Daniele Giordan, Kurosch Thuro, Carlos Carranza-Torres, Faquan Wu, Paul Marinos, and Carlos Delgado, 6:11–17. Cham: Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-09060-3>.
- Peck, R. B. 1969. "Advantages and Limitations of the Observational Method in Applied Soil Mechanics." *Géotechnique* 19 (2): 171–87.
- Penteado, Maria de Lurdes, and Jorge de Brito. 2009. "Critérios e Modelo de Apoio à Decisão Sobre o Processo Construtivo Das Estacas de Betão Criteria and Decision-Making Model for Concrete Piles Construction Process." *Teoria e Prática Na Engenharia Civil*, May 2009.
- — —. 2012. "Expert Knowledge-Based Selection Methodology for Optimizing the Construction of Concrete Piles." *Journal of Performance of Constructed Facilities* 26 (1): 95–103. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CF.1943-5509.0000196](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CF.1943-5509.0000196).
- Perevalov, O.V., A.S. Voinovsky, A.F. Tseilikovsky, Y.L. Agueev, F.R. Polskoi, V.L. Khódirev, and A.I. Kondrátiev. 1992. "Notícia Explicativa Da Carta Geológica de Angola Escala 1:1.00.000." Luanda.

- Pimenta Baptista, Maria de Lurdes. 2008. "Risk approaches in earth dams 'Abordagens de riscos em barragens de aterro.'" IST.
- Pimentel, Daniel, and Castro Lopes. n.d. "CONTABILIDADE FINANCEIRA: CONTABILIDADE FINANCEIRA: 1º Parte – Contabilidade Financeira I 1º Parte – Contabilidade Financeira I 2º Parte – 2º Parte – Contabilidade Financeira II Contabilidade Financeira II." Lisboa: Intitutp Superior de Ciências de Trabalho e da Empresa.
- Pinto, Alexandre (JetSJ), Rui (JetSJ) Tomásio, and David (JetSJ) Brito. 2016. "Refroço de Fundações Na Ponte Da Vala Nova Portugal." In *16 CNG - Congresso Nacional de Geotecnia / 8 CLBG - Congresso Luso Brasileiro de Geotecnia*, 9. Lisboa.
- Pitroda, Jayeshkumar, Mohak Patel, and J. J. Bhavshar. 2016. "TO STUDY THE FACTORS AFFECTING CONTRACTORS PERSPECTIVE IN RISK MANAGEMENT Feasibility Report on Recycle and Reuse of Wind Turbine Blade Waste View Project Utilization of Ceramic Waste in Concrete as a Partial Replacement of Cement for Sustainable Construc." In *Engineering: Issues, Opportunities and Challenges for Development*, Abri:99–113. <https://www.researchgate.net/publication/301301438>.
- Powderham, A. J., and D. P. Nicholson. 1996. ""The Way Forward", The Observational Method in Geotechnical Engineering." Londres.
- Powderham, Alan, and O'Brian Anthony. 2021. *The Observational Method in Civil Engineering - Minimising Risk, Maximising Economy*. Primeira. Boca Raton: Taylor & Francis.
- R. Garvey, Paul. 2014. "Analytical Methods for Risk Management: An Engineering Systems Perspective." In *Wiley StatsRef: Statistics Reference Online*. Chichester, UK: John Wiley & Sons, Ltd. <https://doi.org/10.1002/9781118445112.stat00192>.
- Raiffa, Howard. 1970. *Decision Analysis – Introductory Lectures on Choices under Uncertainty*. Primeira. Addison–Wesley Publishing Company.
- Raposeiro da Silva, Pedro Miguel Soares. 2015. "Estacas Cravadas – Pré-Fabricadas." Lisboa.
- Rausand, M. 1991. "Risikoanalyse – Veiledning til NS 5814." Trondheim: Tapir.
- Rodrigues, José Azevedo, and Ana Maria Simões. 2009. *Apurar Resultados de Acordo Com Os Processos. O CBA - Custeio Baseado Em Actividades*. Lisboa: Áreas Editora. <http://www.areaseditora.pt/products/15-apurar-resultados-de-acordo-com-os-processos.aspx>.

-
- Roosevelt, Theodore. 1910. "O HOMEM NA ARENA - Discurso de Theodore Roosevelt Na Sorbonne Paris, França, 23 de Abril de 1910." 1910. <http://lideratuavida.blogspot.com/2017/04/o-homem-na-arena-theodore-roosevelt.html>.
- Rosa, Ivo (Teixeira Duarte), Ana (Teixeira Duarte) Chaves, and Luís (Teixeira Duarte) Nery. 2016. "Estacas Moldadas 'In Situ' Com Utilização de Tubo 'Tremie' Avaliação Da Influência Da Composição Do Betão Nos Resultados Das Operações de Betonagem." In *15 CNG Congresso Nacional de Geotecnia; 8 CLBG Congresso Luso-Brasileiro de Geotecnia*, 12. Porto: 15 CNG Congresso Nacional de Geotecnia; 8 CLBG Congresso Luso-Brasileiro de Geotecnia.
- Rozell, Daniel J. 2020. "Values in Risk Assessment." In *Dangerous Science : Science Policy and Risk Analysis for Scientists and Engineers*, 1st ed., 29–56. London: Ubiquity Press.
- Saaty, Thomas L. 1990. *The Analytic Hierarchy Process*. Pitsburg: RWS Publications.
- Schöpf, M, and P Außerlechner. 2003. "Equipment Technology - the Engine for Developments in Specialist Foundation Engineering."
- Schöpf, Manfred (BAUER Maschinen GmbH). n.d. "Global Case Histories for Diaphragm Walls." Schrobhausen.
- Schrattenthaler, Hermann, and (Bauer Spezialtiefbau GmbH). 2008. *The Driven Ductile Cast Iron Pile - A Practical Handbook*. Schrobhausen.
- Schubert, P. 2004. "Geotechnical Risk Management in Tunnelling." *Geotechnical Risks in Rock Tunnels*, 2004.
- Schwab, Gerold. 2010. *QM-Info 1 Bored Pile Bottom in Sack and Bag*. Schrobhausen.
- Schwarzkopf, Marco, and (Bauer). 2014. "Analysis of the Soil-Structure-Interaction of Retaining Systems under Consideration of the Different Construction Phases." Technische Universität Darmstadt.
- Serra, João Bilé, Karino Amade, and Carlos Galhano. n.d. "Estudos de Caracterização de Uma Bentonite Sódica."
- Shrivastava, Amit Kumar, Deepanshu Jain, and Shubham Vishwakarma. 2016. "Frictional Resistance of Drilling Fluids as a Borehole Stabilizers." *International Journal of Geo-Engineering* 7 (1): 12. <https://doi.org/10.1186/s40703-016-0026-7>.

- Silva Santos, Vitor Jorge da. 2016. "Observational method and quantitative assessment of geotechnical risk in the construction of tunnels in rock masses 'Método observacional e avaliação quantitativa do risco geotécnico na construção de túneis em maciços rochosos.'" Cap: Nova School of Science and Technology "Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa."
- Sousa Coutinho, Maria Joana. 2005. *Melhoria da durabilidade dos betões por tratamento da cofragem*. Primeira. Porto.
- Spross, Johan, Lars Olsson, Staffan Hintze, and Håkan Stille. 2015. "Would Risk Management Have Helped? A Case Study." In *International Symposium on Geotechnical Safety and Risk 2015*, edited by A. F. van Tol, T. Schweckendiek, P. Pereboom, M. Th. van Staveren, and P. M. C. B. M. Cools. Rotterdam: IOS Press.
- Spross, Johan, Lars Olsson, and Håkan Stille. 2017. "The Swedish Geotechnical Society's Methodology for Risk Management: A Tool for Engineers in Their Everyday Work." *Georisk*, 2017.
<https://doi.org/10.1080/17499518.2017.1416643>.
- Spross, Johan, Håkan Stille, Fredrik Johansson, and Arild Palmstrøm. 2018. "On the Need for a Risk-Based Framework in Eurocode 7 to Facilitate Design of Underground Openings in Rock." *Rock Mechanics and Rock Engineering* 51 (8): 2427–31. <https://doi.org/10.1007/s00603-018-1463-8>.
- Staveren, M. Th. van. 2006. *Uncertainty and Ground Conditions: A Risk Management Approach*. First. Oxford: Elsevier Ltd.
- — —. 2009. "Extending to Geotechnical Risk Management." *Georisk*, 2009.
<https://doi.org/10.1080/1749951022788835>.
- Staveren, M. Th. van, and M. T. van der Meer. 2007. "Educating Geotechnical Risk Management." In *First International Symposium on Geotechnical Safety & Risk*, 811–22. Shanghai: ISGSR.
- Steinlechner, Erich, and (Tiroler Rohne gmbH). 2017. "DUCTILE IRON PILES – The TRM Piling System – Data Sheet."
- Stötzer, Erwin (BAUER), and Manfred (BAUER Maschinen GmbH) Schöpf. 2010. "The BAUER BG Rotary Drilling System A Multifunctional Rig for Specialist Geotechnical Processes.Pdf." Schrobhausen: BAUER Maschinen GmbH.

- Stuedlein, Armin W., and Seth C. Reddy. 2013. "Factors Affecting the Reliability of Augered Cast-In-Place Piles in Granular Soils at the Serviceability Limit State (DFI 2013 Young Professor Paper Competition Winner)." *DFI Journal - The Journal of the Deep Foundations Institute* 7 (2): 46–57.
<https://doi.org/10.1179/dfi.2013.7.2.004>.
- Sturk, Robert. 1996. "Besluts- och riskanalys samt statistisk synsätt inom undermarksbyggande." Estocolmo.
- Tavares, Inês Sofia. 2016. "Método de Execução de Estacas Moldadas: Trado Contínuo versus Tubo Moldador Recuperável." Aveiro: Universidade de Aveiro.
- Terente, V., J. Irvine, R. Comrie, and J. Crowley. 2015. "Pile Driving and Pile Installation Risk in Weak Rock Battage de Pieux et Risque d'installation Dans Les Roches Tendres." In *European Conference on Soil Mechanics & Geotechnical Engineering XVI*, 6.
<https://www.researchgate.net/publication/311807476>.
- Thoft-Christensen, P (Aalborg Universitetscenter (Denmark)), and London (UK)) Baker, M.J. (Imperial Coll. of Science and Technology. 1982. *Structural Reliability Theory and Its Applications*. Berlin: Springer-Verlag.
<https://inis.iaea.org/search/searchsinglerecord.aspx?recordsFor=SingleRecord&RN=13711370#>.
- Tomlinson, Michael, and John Woodward. 2008. *Pile Design and Construction Practice*. 5 th. London: Taylor & Francis.
- — —. 2015. *Pile Design and Construction Practice*. 6 th. London and New York: Taylor & Francis.
- Tucker, Karen L., and Lymon C. Reese. 1984. "The Effect of Bentonitic Slurry on Drilled Shafts." Austin - Texas.
<http://library.ctr.utexas.edu/digitized/TexasArchive/phase2/351-1F-CTR.pdf>.
- Veitas, Rimas, James Panton, and Erich Steinlechner. 2016. "An Alternative Pile Technology." In *DFI 41 St Annual Conference on Deep Foudations. International Conference on Deep Foundations, Seepage and Control Remediations*, 341–50. New York.
- W., Li W., Chang M. L., Pun W. K., Ken Hi K. S., Richard Pang P. L., Vincent Yes S. H., and Dominic O. K. Lo. 2006. "FOUNDATION DESIGN AND CONSTRUCTION." *Geo Publication*. Vol. 1. Hong Kong: Civil Engineering and Development Department The Government of the Hong Kong Special Administrative Region.

- Wai-Ming Ho, Goman, ed. 2017. *Arup's Tall Buildings in Asia: Stories Behind the Storeys*. First. London.
- Whitman, Robert V. 1984. "Evaluating Calculated Risk in Geotechnical Engineering 1.Pdf." *Journal of Geotechnical Engineering* 110 (2, February): 145–88.
- — —. 2000. "Organizing and Evaluating Uncertainty in Geotechnical Engineering." *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, no. July: 583–93.
- Xia, Nini, Rui Zhong, Chunlin Wu, Xueqing Wang, and Shuyuan Wang. 2017. "Assessment of Stakeholder-Related Risks in Construction Projects: Integrated Analyses of Risk Attributes and Stakeholder Influences." *Journal of Construction Engineering and Management* 143 (8): 04017030. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0001322](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001322).
- Yogaranpan, Yoga M. 1996. "Risk Management, the Key to Success in Management of Construction Projects in General and Underground Projects in Particular.," 1996.
- Zhang, Guohua, Chengtang Wang, Yuyong Jiao, Hao Wang, Weimin Qin, Wu Chen, and Guoqiang Zhong. 2020. "Collapse Risk Analysis of Deep Foundation Pits in Metro Stations Using a Fuzzy Bayesian Network and a Fuzzy AHP." *Mathematical Problems in Engineering* 2020: 18. <https://doi.org/10.1155/2020/4214379>.
- Zio, Enrico, and Nicola Pedroni. 2012. "Risk-Informed Decision-Making Processes." *Cahiers de La Sécurité Industrielle*, 2012.

APÊNDICE 1 – EXEMPLO DE MAPA DE CONTROLO DE CUSTOS BASEADO EM CBA POR NATUREZA

Considerações iniciais

A folha de cálculo de Excel apresentada em seguida é apenas um exemplo das muitas que podem ser criadas, para o objetivo em vista, e foi desenvolvida com o propósito de ser o mais ajustada possível à realidade das empreitadas de fundações. As figuras apresentadas exemplificam o que se pretende e o conteúdo quantitativo não é relevante. Sendo imagens retiradas de folhas de Excel, para visualizar num monitor computador a sua reprodução fica reduzida para uma visualização eficaz em folha A4, vertical.

Neste exemplo, a moeda considerada foi o Dólar norte americano, e uma vez que se pretende analisar margens, numa ótica económica é indiferente a moeda considerada.

Este ficheiro é composto por várias folhas, que se podem ir acrescentado conforme for aumentando o número de atividades envolvidas na empreitada. Para o exemplo considera-se uma obra de estacas de Ø800 mm e Ø1200 mm a realizar com tubos moldadores e com suspensões bentoníticas.

A folha de cálculo considerada neste estudo funciona da seguinte forma:

- a) Insere-se no primeiro separador as atividades e os respetivos preços de venda;
- b) Insere-se os custos, em cada separador, relativos a cada atividade, por natureza, estimando-se o tempo de execução. Desta forma obtém-se o primeiro orçamento de produção;
- c) Semanalmente, ajusta-se os custos e a produção para se ter uma previsão do custo final de obra. Contudo, caso se pretenda analisar uma decisão isolada, devido a um dado evento perigoso pode-se proceder da mesma forma, mas considerando apenas os custos relativos às ações que se iriam adotar, como por exemplo calcular o custo de se adotar bentonite numa empreitada onde se prevê a utilização de polímero ou vice versa;
- d) Seguidamente, deve-se efetuar uma análise de desvios relativamente ao orçamento comercial. Dessa análise e no caso do desvio ser negativo, isto é, o custo situar-se acima do orçamentado, devem-se estudar medidas corretivas e contabilizá-las por forma a escolher a economicamente mais viável, para atingir o risco aceitável nessa operação. Se o desvio for positivo, deve-se analisar a respetiva causa; caso decorra das atividades de construção, isto é, sob o controlo direto do executante, por exemplo a utilização de um tipo de ferramenta inovador, deve-se mantê-lo.

A1.1 Folhas de Excel exemplificativas do programa de controlo de custos utilizado.

A primeira folha intitulada de “Lista” - Figura A1.1, é o resumo de todo o controlo de custos. Nesta página estão representados:

Coluna A – Numeração dos artigos, que são os considerados na proposta ou na listagem de preços ou quantidades;

Coluna B – Nome da atividade;

Coluna C – Unidade de quantificação;

Coluna D – Quantidade;

Coluna E – Preço unitário de venda (proveito ao qual se referirão os custos);

Coluna F – Preço total de venda que é calculado com base na soma de todos os custos mais a margem (proveito ao qual se referirão os custos);

Coluna G – Custos referentes à natureza *gastos com pessoal*, neste exemplo \$71.537,15;

Coluna H – Custos referentes à natureza *custos internos*, neste exemplo \$50.617,01;

Coluna I – Custos referentes à natureza *materiais*, neste exemplo \$13.888,69;

Apêndice 1 – Exemplo de mapa de controlo de custos baseado em CBA por natureza

- Coluna J – Custos referentes à natureza *outros gastos*, neste exemplo \$0;
 Coluna K – Custos referentes à natureza *subcontratos*, neste exemplo \$0;
 Coluna L – Custos referentes à natureza *fornecedores e serviços externos*, neste exemplo \$26.296,30;
 Coluna M – Contabiliza os custos por atividade em todas as naturezas;
 Coluna N – Refere a margem de produção por atividade;
 Coluna O – Refere o CI por atividade;
 Colunas G a L, linha 2 – O número que se encontra entre parêntesis refere-se à numeração contabilística atribuída;
 Linhas 1 e 2 – Títulos das colunas;
 Linhas 3 a 6 – Atividades; neste exemplo só se consideram três. No entanto, podem-se acrescentar tantas quantas as necessárias. Ao longo das linhas estão representados os custos por atividade e por natureza;
 Linhas 7 a 9 – Referem-se aos custos inerentes à direção de obra;
 Linha 10 – Refere-se a: na coluna F, o proveito total; nas colunas de G a L, os custos por natureza; na coluna M, o custo total; na coluna N, a margem e na coluna O, o CI;
 Linha 11 – Diz respeito à percentagem do custo de cada uma das naturezas.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	
1	Atividades						Estimativa de custo									
2	Artigo	Nome	Un.	Quant.	P. Unit.	P. Total	Gastos com pessoal (4000)	Custos internos (5000)	Materiais (1000)	Outros gastos (6000)	Subcontratos (2000)	Fornecimentos e serviços externos (3000)	Total de custos	Margem de produção	CI	
3	1.1.	Mobilização e montagem de Estaleiro	dias	1	\$30 000,00	\$30 000,00	\$3 795,05	\$3 636,86	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$16 216,00	\$23 647,91	21,17%	0,79	
4	2.1.	Estacas 800	m	1007	\$95,00	\$95 665,00	\$26 565,34	\$24 050,06	\$7 571,89	\$0,00	\$0,00	\$5 508,00	\$63 695,29	33,42%	0,67	
5	3.1.	Estacas 1200	m	528	\$105,00	\$55 440,00	\$20 872,76	\$19 690,09	\$6 316,80	\$0,00	\$0,00	\$4 332,00	\$51 211,65	7,63%	0,92	
7	A	Direção de Obra	dias		\$0,00		\$20 304,00						\$20 304,00			
8	B	Viatura	dias		\$0,00			\$3 240,00					\$3 240,00			
9	C	Gastos Gerais	dias		\$0,00							\$240,30	\$240,30			
10	Totais						\$181 105,00	\$71 537,15	\$50 617,01	\$13 888,69	\$0,00	\$0,00	\$26 296,30	\$162 339,15	10,36%	0,90
11	Percentagem do custo total por natureza						44%	31%	9%	0%	0%	16%	100%	\$18 765,85		

Figura A1.1 – Programa de controlo dos custos, aspeto da folha "Lista"

- A segunda folha do ficheiro, “Programa”, é onde se faz correr o cálculo (Figura A1.2);

Custos		OBRA CC:	Teste estacas
CORRER	Duração total =	54	dias
	CUSTO TOTAL	TOTAL =	\$162.339,14
			\$0

Figura A1.2 – Programa de controlo dos custos, aspeto da folha "Programa"

Nesta folha contempla-se a duração total da empreitada e o seu custo; o valor no canto inferior direito é um número que serve para comprovar que os valores calculados pelo programa estão bem introduzidos, devendo ser igual a zero.

- A terceira folha (Figura A1.3) diz respeito aos custos relativos à atividade de montagem e desmontagem do estaleiro e podem-se obter, detalhadamente, por natureza, os custos que estão a ser gerados com estas atividades. A designação do tipo de custo é colocada na folha apenas na sua elaboração, sendo a alocação à natureza do mesmo semelhante ao determinado pela contabilidade da empresa. Todas as folhas de detalhe de atividade seguirão este princípio

Apêndice 1 – Exemplo de mapa de controlo de custos baseado em CBA por natureza

CC: Teste estacas											
De: 08-03-2015											
a: 12-03-2015											
Estaleiro											
Duração = 4 Dias											
GASTOS COM PESSOAL (4000)									ART	%	valor
CATEGORIAS	Quant.	Dias de Trabalho		Horário Normal	P.U.	Horário Extra		P.U.	TOTAL		
		Semana	dom, fer	Horas		Horas					
DT		4	0	0	\$42,00	0	\$78,12	\$0,00			
DO	1	4	0	32	\$35,00	0	\$65,10	\$1.120,00			
Encarregado Expat	1	4	0	32	\$35,00	0	\$65,10	\$1.120,00			
Encarregado Nacional	0	4	0	0	\$16,81	0	\$31,27	\$0,00			
Manobrador Expat	1	4	0	32	\$25,00	0	\$46,50	\$800,00			
Manobrador Nacional	0	4	0	0	\$3,00	0	\$5,58	\$0,00			
Chefe de equipa Nacional	1	4	0	32	\$4,00	12	\$7,44	\$217,28			
Cimenteiro Local	2	4	0	64	\$2,00	24	\$3,72	\$434,56			
Servente Local	1	4	0	32	\$1,90	12	\$3,53	\$103,21			
TOTAL								\$3.795,05	1.1.	100%	\$3.795,05
16%											
CUSTOS INTERNOS (5000)					ART	%	valor				
	Quant.	Dias	P.U.	TOTAL							
Soilmec R620	1	4	\$555,56	\$2.222,22							
Kelly bar 13ml	1	4	\$55,56	\$222,22							
Kelly bar 10ml	0	4	\$55,56	\$0,00							
Desarenador MD 190 D	1	4	\$48,17	\$192,67							
Balde 600 Argila	0	4	\$2,49	\$0,00							
Balde 1200 Argila	0	4	\$4,17	\$0,00							
Balde 1100 Guilhotina	0	4	\$4,17	\$0,00							
Balde 1000 Guilhotina	1	4	\$3,67	\$14,67							
Carotier d 680	0	4	\$3,01	\$0,00							
Carotier d 700	1	4	\$3,01	\$12,04							
Carotier d 900	0	4	\$3,73	\$0,00							
Carotier d 1000	1	4	\$4,44	\$17,78							
Carotier d 800	1	4	\$3,73	\$14,93							
Misturador	0	4	\$7,54	\$0,00							
Misturador	1	4	\$7,54	\$30,18							
Trado 1200 Rocha	0	4	\$5,02	\$0,00							
Trado 700	1	4	\$3,00	\$12,00							
Tubos tremie d 9"	20	4	\$0,56	\$44,40							
Tubos tremie d 9"	0	4	\$0,46	\$0,00							
Sapata tubo d 800	1	4	\$3,23	\$12,93							
Sino ligação d 800	1	4	\$3,36	\$13,42							
Tubo TVC d 1200 com 2m	1	4	\$4,50	\$18,00							
Tubo TVC d 1200 com 4m	4	4	\$6,72	\$107,56							
Tubo TVC d 800 com 2m	1	4	\$3,71	\$14,84							
Tubo TVC d 800 com 4m	4	4	\$5,54	\$88,71							
Sapata tubo d 1200	2	4	\$3,93	\$31,47							
Sino ligação d 1200	1	4	\$4,07	\$16,27							
Depósito gasóleo 900L	1	4	\$1,67	\$6,67							
Depósito Bentonite	1	4	\$4,69	\$18,75							
Depósito Bentonite	1	4	\$4,69	\$18,75							
Depósito Bentonite	1	4	\$4,69	\$18,75							
Motobomba Selwood Seltorque S100	1	4	\$13,33	\$53,33							
Motobomba Selwood Seltorque S100	1	4	\$13,33	\$53,33							
Mitsubishi L200	1	4	\$54,55	\$218,18							
Reparações 5%				\$162,79							
TOTAL				\$3.636,86	1.1.	100%	\$3.636,86				
15%											
MATERIAIS (1000)				ART	%	valor					
	Quant.	P.U.	TOTAL								
Div	0,00	\$1.000,00	\$0,00								
Tubos MV	0,00	\$1.320,00	\$0,00								
Tubos MV	0,00	\$1.198,00	\$0,00								
TOTAL			\$0,00	1.1.	100%	\$0,00					
0%											
OUTROS GASTOS (6000)				ART	%	valor					
	Quant.	P.U.	TOTAL								
			\$0,00								
TOTAL			\$0,00	1.1.	100%	\$0,00					
0%											
SUBCONTRATOS (2000)				ART	%	valor					
	Quant.	P.U.	TOTAL								
			\$0,00								
TOTAL			\$0,00	1.1.	100%	\$0,00					
0%											
FORNECIMENTOS E SERVIÇOS EXTERNOS (3000)				ART	%	valor					
	Quant.	P.U.	TOTAL								
Electricidade	0	\$0,00	\$0,00								
Combustíveis - Gás	0	\$0,00	\$0,00								
Combustíveis - Gasolina	0	\$0,00	\$0,00								
Combustíveis - Gasóleo	200	\$0,98	\$196,00								
Combustíveis - Outros	0	\$0,00	\$0,00								
Água	0	\$0,00	\$0,00								
Comunicação - Telecomunicações Fisas	0	\$0,00	\$0,00								
Comunicação - Telecomunicações Móveis	1	\$10,00	\$10,00								
Comunicação - Telecomunicações Rede Dados Internet	1	\$10,00	\$10,00								
Comunicação - Telecomunicações Via Satélite	0	\$0,00	\$0,00								
Comunicação - Acordo Vodafone	0	\$0,00	\$0,00								
Seguros	0	\$0,00	\$0,00								
Transportes de Mercadorias	8	\$2.000,00	\$16.000,00								
TOTAL			\$16.216,00	1.1.	100%	\$16.216,00					
69%											
CUSTOS TOTAIS:		\$23.647,91		100%							
		\$5.911,98									

Figura A1.3 – Programa de controlo dos custos, aspeto da folha relativa aos custos com estaleiro da empreitada

Gestão do risco na construção de estacas moldadas e dúcteis cravadas e suas implicações económicas

- A quarta folha (Figura A1.4) diz respeito à atividade de construção de estacas de Ø800mm;

CC: Teste estacas										Quantidade Rendimento		
Estacas 800				Duração =		28		Dias				
GASTOS COMPESSOAL (4000)										ART %		
CATEGORIAS		Quant.	Dias de Trabalho Semana dom, fer		Horário Normal Horas P.U.		Horário Extra Horas P.U.		TOTAL			
DT			28 0		0 \$42,00 0		\$78,12		\$0,00			
DO		1	28 0		224 \$35,00 0		\$65,10		\$7.840,00			
Encarregado Epat		1	28 0		224 \$35,00 0		\$65,10		\$7.840,00			
Manobrador Epat		1	28 0		224 \$25,00 0		\$46,50		\$5.600,00			
Chefe de equipa Nacional		1	28 0		224 \$4,00 84		\$7,44		\$1.520,96			
Cimenteiro Local		2	28 0		448 \$2,00 168		\$3,72		\$3.041,92			
Servente Local		1	28 0		224 \$1,90 84		\$3,53		\$722,46			
TOTAL									\$26.565,34		2.1. 100%	
42%												
CUSTOS INTERNOS (5000)					ART		%		valor			
	Quant.	Dias	P.U.	TOTAL								
Soilmec R620	1	28	\$555,56	\$15.555,56								
Kelly bar 13ml	1	28	\$55,56	\$1.555,56								
Desarenador MD 190 D	1	28	\$48,17	\$1.348,67								
Balde 1000 Guilhotina	1	28	\$3,67	\$102,67								
Carotier d 1000	1	28	\$4,44	\$124,44								
Carotier d 800	1	28	\$3,73	\$104,53								
Misturador	1	28	\$7,54	\$211,24								
Trado 700	1	28	\$3,00	\$84,00								
Palete tubos tremie	1	28	\$0,42	\$11,67								
Mesa tremie	1	28	\$0,32	\$8,99								
Tubos tremie d 9"	35	28	\$0,56	\$543,90								
Sapata tubo d 800	2	28	\$3,23	\$181,07								
Sino ligação d 800	1	28	\$3,36	\$93,96								
Tubo TVC d 800 com 2m	1	28	\$3,71	\$103,91								
Tubo TVC d 800 com 4m	4	28	\$5,54	\$620,98								
Depósito gasóleo 900L	1	28	\$1,67	\$46,67								
Depósito Bentonite	1	28	\$4,69	\$131,23								
Depósito Bentonite	1	28	\$4,69	\$131,23								
Depósito Bentonite	1	28	\$4,69	\$131,23								
Motobomba Selwood Seltorque S100	1	28	\$13,33	\$373,33								
Motobomba Selwood Seltorque S100	1	28	\$13,33	\$373,33								
Mitsubishi L200	1	28	\$40,00	\$1.120,00								
Reparações 5%				\$1.091,91								
TOTAL				\$24.050,06	2.1.		100%		\$24.050,06			
38%												
MATERIAIS (1000)				ART		%		valor				
	Quant.	P.U.	TOTAL									
Bentonite	1393,60	\$5,00	\$6.967,99									
Espaçadores	603,90	\$1,00	\$603,90									
Tubos MV	0,00	\$1.198,00	\$0,00									
TOTAL			\$7.571,89	2.1.		100%		\$7.571,89				
12%												
OUTROS GASTOS (6000)				ART		%		valor				
	Quant.	P.U.	TOTAL									
			\$0,00									
TOTAL			\$0,00	2.1.		100%		\$0,00				
0%												
SUBCONTRATOS (2000)				ART		%		valor				
	Quant.	P.U.	TOTAL									
TOTAL			\$0,00	2.1.		100%		\$0,00				
0%												
FORNECIMENTOS E SERVIÇOS EXTERNOS (3000)				ART		%		valor				
	Quant.	P.U.	TOTAL									
Combustíveis - Gasóleo	5600	\$0,98	\$5.488,00									
Comunicação - Telecomunicações Móveis	1	\$10,00	\$10,00									
Comunicação - Telecomunicações Rede Dados Internet	1	\$10,00	\$10,00									
Outros Serviços - Serviços Diversos	0	\$0,00	\$0,00									
TOTAL			\$5.508,00	2.1.		100%		\$5.508,00				
9%												
CUSTOS TOTAIS:			\$63.695,28									
100%												
\$2.274,83												

Apêndice 1 – Exemplo de mapa de controlo de custos baseado em CBA por natureza

- A quinta folha (Figura A1.5) diz respeito à atividade de construção de estacas de Ø1200mm (poderiam ser acrescentadas tantas mais quantas as atividades que se pretendesse considerar);

CC: Teste estacas												
Duração = 22 Dias												
Quantidade 528												
Rendimento 24												
Estacas 1200												
GASTOS COMPESSOAL (4000)									ART	%	valor	
CATEGORIAS	Quant.	Dias de Trabalho Semana	Horário Normal dom, fer	Horas	P.U.	Horário Extra Horas	P.U.	TOTAL				
DT		22	0	0	\$42,00	0	\$78,12	\$0,00				
DO	1	22	0	176	\$35,00	0	\$65,10	\$6.160,00				
Encarregado Expat	1	22	0	176	\$35,00	0	\$65,10	\$6.160,00				
Manobrador Expat	1	22	0	176	\$25,00	0	\$46,50	\$4.400,00				
Chefe de equipa Nacional	1	22	0	176	\$4,00	66	\$7,44	\$1.195,04				
Cimenteiro Local	2	22	0	352	\$2,00	132	\$3,72	\$2.390,08				
Servente Local	1	22	0	176	\$1,90	66	\$3,53	\$567,64				
TOTAL									\$20.872,76	3.1.	100%	\$20.872,76
										41%		
CUSTOS INTERNOS (5000)									ART	%	valor	
	Quant.	Dias	P.U.	TOTAL								
Soilmec R620	1	22	\$555,56	\$12.222,22								
Kelly bar 13ml	1	22	\$55,56	\$1.222,22								
Desarenador MD 190 D	1	22	\$48,17	\$1.059,67								
Balde 1200 Argila	1	22	\$4,17	\$91,67								
Balde 1100 Guilhotina	1	22	\$4,17	\$91,67								
Balde 1000 Guilhotina	1	22	\$3,67	\$80,67								
Carotier d 1000	1	22	\$4,44	\$97,78								
Misturador	1	22	\$7,54	\$165,98								
Trado 1200 Rocha	1	22	\$5,02	\$110,49								
Trado 1100	1	22	\$5,02	\$110,49								
Carotier d 1100	1	22	\$5,03	\$110,73								
Carotier d 1200	1	22	\$5,03	\$110,73								
Carotier d 1100	1	22	\$5,03	\$110,73								
Paleta tubos tremie	1	22	\$0,42	\$9,17								
Mesa tremie	1	22	\$0,32	\$7,06								
Tubos tremie d 9"	35	22	\$0,56	\$427,35								
Tubo TVC d 1200 com 2m	1	22	\$4,50	\$99,00								
Tubo TVC d 1200 com 4m	4	22	\$6,72	\$591,56								
Sapata tubo d 1200	2	22	\$3,93	\$173,07								
Sino ligação d 1200	1	22	\$4,07	\$89,47								
Depósito gasóleo 900L	1	22	\$1,67	\$36,67								
Depósito Bentonite	1	22	\$4,69	\$103,11								
Depósito Bentonite	1	22	\$4,69	\$103,11								
Depósito Bentonite	1	22	\$4,69	\$103,11								
Motobomba Selwood Seltorque S100	1	22	\$13,33	\$293,33								
Motobomba Selwood Seltorque S100	1	22	\$13,33	\$293,33								
Mitsubishi L200	1	22	\$40,00	\$880,00								
Reparações 5%				\$895,72								
TOTAL				\$19.690,09	3.1.	100%	\$19.690,09					
										38%		
MATERIAIS (1000)									ART	%	valor	
	Quant.	P.U.	TOTAL									
Bentonite	1200,00	\$5,00	\$6.000,00									
Espaçadores	316,80	\$1,00	\$316,80									
Tubos MV	0,00	\$1.198,00	\$0,00									
TOTAL				\$6.316,80	3.1.	100%	\$6.316,80					
										12%		
OUTROS GASTOS (6000)									ART	%	valor	
	Quant.	P.U.	TOTAL									
			\$0,00									
TOTAL				\$0,00	3.1.	100%	\$0,00					
										0%		
SUBCONTRATOS (2000)									ART	%	valor	
	Quant.	P.U.	TOTAL									
TOTAL				\$0,00	3.1.	100%	\$0,00					
										0%		
FORNECIMENTOS E SERVIÇOS EXTERNOS (3000)									ART	%	valor	
	Quant.	P.U.	TOTAL									
Combustíveis - Gasóleo	4400	\$0,98	\$4.312,00									
Comunicação - Telecomunicações Móveis	1	\$10,00	\$10,00									
Comunicação - Telecomunicações Rede Dados Internet	1	\$10,00	\$10,00									
Outros Serviços - Serviços Diversos	0	\$0,00	\$0,00									
TOTAL				\$4.332,00	3.1.	100%	\$4.332,00					
										8%		
CUSTOS TOTAIS:		\$51.211,65										
		100%										
		\$2.327,80										

Figura A1.5 – Programa de controlo dos custos, aspeto da folha relativa aos custos com a construção estacas Ø1200mm

- A última folha (Figura A1.6) corresponde aos custos com a direção de obra.

Custos					CC: Teste estacas			
DIRECÇÃO DE OBRA					Duração = 54 dias			
GASTOS COM PESSOAL (4000)					ART	%	valor	
CATEGORIAS	Quant.	P.U.	TOTAL					
D.O.	54	\$376,00	\$20.304,00					
Armazém	0%		\$0,00					
TOTAL					A	100%	\$20.304,00	
85%								
CUSTOS INTERNOS (5000)					ART	%	valor	
	Quant.	Dias	P.U.	TOTAL				
Carro D.O.	1,00	54	\$60,00	\$3.240,00				
TOTAL						B	100%	\$3.240,00
14%								
FORNECIMENTOS E SERVIÇOS EXTERNOS (3000)					ART	%	valor	
	Quant.	P.U.	TOTAL					
Telemóvel	0	\$100,00	\$0,00					
Viagem	0	\$250,00	\$0,00					
Hotel		\$200,00	\$0,00					
Gasóleo (litros)	270	\$0,89	\$240,30					
TOTAL					C	100%	\$240,30	
1%								
CUSTOS TOTAIS:					\$23.784,30			
					100%			

Figura A1.6 – Programa de controlo dos custos, aspeto da folha relativa aos custos com a direção de obra

APÊNDICE 2 - DADOS DE PRODUÇÃO DAS EMPREITADAS

Considerações iniciais

Neste anexo à dissertação indicam-se os elementos de produção das obras constantes nos casos de estudo do Capítulo 6. As tabelas não têm ordem cronológica semanal ($s_1, s_2 \dots s_n$) sempre que nas semanas em falta não existirem custos, nem proveitos, isto é não existiu produção. Os dados são provenientes de documentos em formato PDF fornecidos pelo departamento de contabilidade.

Nos quadros seguintes, onde se refere “Carotier/Trado de rocha”, corresponde às horas ou metros de utilização deste tipo de ferramenta na perfuração.

A2.1 Parque tecnológico da Camama, Luanda

Projeto: Estacas

Obra: **Parque Tecnológico Camama**

Ano:2016

Total S12		
Mobilização e desmobilização de equipamentos	Verba percentual do valor unitário	0,5
Controlo de custos	Margem comercial	45,0%
	Margem de produção	5,7%
	Diferença entre margens, de produção e comercial	-39,3%

Total S13		
Controlo de custos	Margem comercial	45,0%
	Margem de produção	-4877,0%
	Diferença entre margens, de produção e comercial	-4922,0%

Total S14		
Controlo de custos	Margem comercial	45,0%
	Margem de produção	-7590,0%
	Diferença entre margens, de produção e comercial	-7635,0%

Total S15		
Controlo de custos	Margem comercial	45,0%
	Margem de produção	0,0%
	Diferença entre margens, de produção e comercial	-45,0%

S16 de 20/04 a 23/04

Estaca (Nº)	Diâmetro (mm)	Data de execução	Tipo	Comprimento furado (m)	Furação seixos / rocha (m)	Furação seixos / rocha (h)	Furação solo (m)	Vol. betão ** (m³)	Estado
1	1080	21/04/2016	Teste Preliminar	19,00	0,00	0,00	19,00	24,52	Concluída
				19,00	0,00	0,00	19,00	24,52	

** - Inclui sobreconsumo de 15%

Total S16		
Estacas	Executadas (un)	1
	Executadas (m)	19,00
	Média diária (m)	6,33
	Furação em solos (m)	19,00
	Carottier /Trado rocha (h)	0,00
	Carottier /Trado rocha (m)	0,00
Controlo de custos	Margem comercial	45,0%
	Margem de produção	-171,5%
	Diferença entre margens, de produção e comercial	-216,5%

S17 de 25/04 a 30/04

Estaca (Nº)	Diâmetro (mm)	Data de execução	Tipo	Comprimento furado (m)	Furação seixos / rocha (m)	Furação seixos / rocha (h)	Furação solo (m)	Vol. betão ** (m ³)	Estado
2	1080	28/04/2016	Reacção	21,00	0,00	0,00	21,00	25,52	Concluída
3	1080	29/04/2016	Reacção	21,00	0,00	0,00	21,00	25,52	Concluída
4	1080	30/04/2016	Reacção	21,00	0,00	0,00	21,00	25,52	Concluída
				63,00	0,00	0,00	63,00	76,57	

** - Inclui sobreconsumo de 15%

Total S17		
Estacas	Executadas (un)	3
	Executadas (m)	63,00
	Média diária (m)	10,50
	Furação em solos (m)	63,00
	Carottier /Trado rocha (h)	0,00
	Carottier /Trado rocha (m)	0,00
Controlo de custos	Margem comercial	45,0%
	Margem de produção	7,6%
	Diferença entre margens, de produção e comercial	-37,4%

Total S18		
Controlo de custos	Margem comercial	45,0%
	Margem de produção	-7411,0%
	Diferença entre margens, de produção e comercial	-7456,0%

Gestão do risco na construção de estacas moldadas e dúcteis cravadas e suas implicações económicas

S 19 de 09/05 a 14/05

Estaca (Nº)	Diâmetro (mm)	Data de execução	Tipo	Comprimento furado (m)	Furação seixos / rocha (m)	Furação seixos / rocha (h)	Furação solo (m)	Vol. betão ** (m³)	Estado
5	1080	13/05/2016	Reacção	21,00	0,00	0,00	21,00	25,52	Concluída
				21,00	0,00	0,00	21,00	25,52	

** - Inclui sobreconsumo de 15%

Total S19		
Estacas	Executadas (un)	1
	Executadas (m)	21,00
	Média diária (m)	3,50
	Furação em solos (m)	21,00
	Carottier /Trado rocha (h)	0,00
	Carottier /Trado rocha (m)	0,00
Controlo de custos	Margem comercial	45,0%
	Margem de produção	-71,3%
	Diferença entre margens, de produção e comercial	-116,3%

Total S20		
Controlo de custos	Margem comercial	45,0%
	Margem de produção	8,4%
	Diferença entre margens, de produção e comercial	-36,6%

Total S21		
Controlo de custos	Margem comercial	45,0%
	Margem de produção	24,7%
	Diferença entre margens, de produção e comercial	-20,3%

Total S22		
Controlo de custos	Margem comercial	45,0%
	Margem de produção	7,1%
	Diferença entre margens, de produção e comercial	-37,9%

Total S23		
Controlo de custos	Margem comercial	45,0%
	Margem de produção	-16,0%
	Diferença entre margens, de produção e comercial	-61,0%

Apêndice 2 – Dados de produção das empreitadas

Total S24		
Controlo de custos	Margem comercial	45,0%
	Margem de produção	62,0%
	Diferença entre margens, de produção e comercial	17,0%

Total S26		
Controlo de custos	Margem comercial	45,0%
	Margem de produção	13,8%
	Diferença entre margens, de produção e comercial	-31,2%

S27 de 04/07 a 09/07

Estaca (Nº)	Diâmetro (mm)	Data de execução	Tipo	Comprimento furado (m)	Furação seixos / rocha (m)	Furação seixos / rocha (h)	Furação solo (m)	Vol. betão ** (m³)	Estado
WP1	1080	04/07/2016	Fundação	20,57	0,00	0,00	20,57	20,88	Concluída
WP7	1080	05/07/2016	Fundação	20,46	0,00	0,00	20,46	20,76	Concluída
WP2	1080	06/07/2016	Fundação	20,55	0,00	0,00	20,55	20,86	Concluída
WP6	1080	06/07/2016	Fundação	20,46	0,00	0,00	20,46	20,76	Concluída
WP3	1080	07/07/2016	Fundação	20,49	0,00	0,00	20,49	20,79	Concluída
WP5	1080	08/07/2016	Fundação	20,39	0,00	0,00	20,39	20,69	Concluída
WP8	1080	09/07/2016	Fundação	20,57	0,00	0,00	20,57	20,88	Concluída
				143,49	0,00	0,00	143,49	145,62	

** - Inclui sobreconsumo de 15%

Total S27		
Estacas	Executadas (un)	7
	Executadas (m)	143,49
	Média diária (m)	23,92
	Furação em solos (m)	143,49
	Carottier /Trado rocha (h)	0,00
	Carottier /Trado rocha (m)	0,00
Controlo de custos	Margem comercial	45,0%
	Margem de produção	50,6%
	Diferença entre margens, de produção e comercial	5,6%

Gestão do risco na construção de estacas moldadas e dúcteis cravadas e suas implicações económicas

S 28 Entre 11/07 a 16/07

Estaca (Nº)	Diâmetro (mm)	Data de execução	Tipo	Comprimento furado (m)	Furação seixos / rocha (m)	Furação seixos / rocha (h)	Furação solo (m)	Vol. betão ** (m³)	Estado
WP4	1080	11/07/2016	Fundação	20,54	0,00	0,00	20,54	20,84	Concluída
				20,54	0,00	0,00	20,54	20,84	

** - Inclui sobreconsumo de 15%

Total S28		
Mobilização e desmobilização de equipamentos	Verba percentual do valor unitário	0,2
Estacas	Executadas (un)	1
	Executadas (m)	20,54
	Média diária (m)	20,54
	Furação em solos (m)	20,54
	Carottier /Trado rocha (h)	0,00
	Carottier /Trado rocha (m)	0,00
Controlo de custos	Margem comercial	45,0%
	Margem de produção	-9,0%
	Diferença entre margens, de produção e comercial	-54,0%

Total S29		
Mobilização e desmobilização de equipamentos	Verba percentual do valor unitário	0,3
Controlo de custos	Margem comercial	45,0%
	Margem de produção	-84,3%
	Diferença entre margens, de produção e comercial	-129,3%

Total geral		
Mobilização e desmobilização de equipamentos	Verba percentual do valor unitário	1,0
Estacas	Estacas Executadas (un)	13
	Estacas Executadas (m)	267,03
	Média diária (m)	3,87
	Furação em solos (m)	267,03
	Carottier /Trado rocha (h)	0,00
	Carottier /Trado rocha (m)	0,00
Controlo de custos	Margem comercial	45,0%
	Margem de produção	-19,9%
	Diferença entre margens, de produção e comercial	-64,9%

A2.2 Edifício em Alvalade, Luanda

Projeto: Estacas

Obra: **Edifício em Alvalade**

Ano: 2016

Total S7		
Mobilização e desmobilização de equipamentos	Verba percentual do valor unitário	0,5
Controlo de custos	Margem comercial	19,00%
	Margem de produção	-83,71%
	Diferença entre margens, de produção e comercial	-102,71%

Total S8		
Controlo de custos	Margem comercial	19,00%
	Margem de produção	-5377,00%
	Diferença entre margens, de produção e comercial	-5396,00%

Total S9		
Controlo de custos	Margem comercial	19,00%
	Margem de produção	-5490,00%
	Diferença entre margens, de produção e comercial	-5509,00%

Total S10		
Controlo de custos	Margem comercial	19,00%
	Margem de produção	-3475,00%
	Diferença entre margens, de produção e comercial	-3494,00%

Total S11		
Controlo de custos	Margem comercial	19,00%
	Margem de produção	-9195,00%
	Diferença entre margens, de produção e comercial	-9214,00%

Total S12		
Controlo de custos	Margem comercial	19,00%
	Margem de produção	-646,00%
	Diferença entre margens, de produção e comercial	-665,00%

S 14 de 02/04 a 02/04									
Estaca (Nº)	Diâmetro (mm)	Data execução	Tipo	Comprimento furado (m)	Furação seixos / rocha (m)	Furação seixos / rocha (h)	Furação solo (m)	Vol. betão ** (m³)	Estado
164	620	02/04/2015	Cortina	25,50	2,00	0,67	23,50	8,47	Concluída
				25,50	2,00	0,67	23,50	8,47	

** - Inclui sobreconsumo de 10%

Gestão do risco na construção de estacas moldadas e dúcteis cravadas e suas implicações económicas

Total S14		
Cortina de estacas	Estacas executadas (un)	1
	Estacas executadas (m)	25,50
	Média diária (m)	25,50
	Furação em solos (m)	23,50
	Carottier /Trado rocha (h)	0,000
	Carottier /Trado rocha (m)	2,00
Controlo de custos	Margem comercial	19,00%
	Margem de produção	-277,78%
	Diferença entre margens, de produção e comercial	-296,78%

S 15 de 06/04 a 11/04

Estaca (Nº)	Diâmetro (mm)	Data execução	Tipo	Comprimento furado (m)	Furação seixos / rocha (m)	Furação seixos / rocha (h)	Furação solo (m)	Vol. betão ** (m³)	Estado
166	620	06/04/2015	Cortina	25,50	2,00	0,42	23,50	8,47	Concluída
168	620	07/04/2015	Cortina	25,50	2,00	0,42	23,50	8,47	Concluída
170	620	07/04/2015	Cortina	25,50	2,00	0,33	23,50	8,47	Concluída
167	620	08/04/2015	Cortina	25,50	2,00	0,50	23,50	8,47	Concluída
169	620	09/04/2015	Cortina	25,50	2,00	0,33	23,50	8,47	Concluída
172	620	10/04/2015	Cortina	25,50	2,00	0,42	23,50	8,47	Concluída
174	620	10/04/2015	Cortina	25,50	2,00	0,42	23,50	8,47	Concluída
176	620	10/04/2015	Cortina	25,50	2,00	0,33	23,50	8,47	Concluída
171	620	11/04/2015	Cortina	25,50	2,00	0,33	23,50	8,47	Concluída
173	620	11/04/2015	Cortina	25,50	2,00	0,42	23,50	8,47	Concluída
				255,00	20,00	3,92	235,00	84,68	

** - Inclui sobreconsumo de 10%

Total S15		
Mobilização e desmobilização de equipamentos	Verba percentual do valor unitário	0,5
Cortina de estacas	Estacas executadas (un)	10
	Estacas executadas (m)	255,00
	Média diária (m)	42,50
	Furação em solos (m)	235,00
	Carottier /Trado rocha (h)	0,000
	Carottier /Trado rocha (m)	20,00
Controlo de custos	Margem comercial	19,00%
	Margem de produção	59,72%
	Diferença entre margens, de produção e comercial	40,72%

S16 de 13/04 a 18/04

Estaca (Nº)	Diâmetro (mm)	Data execução	Tipo	Comprimento furado (m)	Furação seixos / rocha (m)	Furação seixos / rocha (h)	Furação solo (m)	Vol. betão ** (m³)	Estado
175	620	13/04/2015	Cortina	25,50	2,00	0,42	23,50	8,47	Concluída
178	620	13/04/2015	Cortina	25,50	2,00	0,50	23,50	8,47	Concluída
177	620	14/04/2015	Cortina	25,50	2,00	0,42	23,50	8,47	Concluída
180	620	14/04/2015	Cortina	25,50	2,00	0,33	23,50	8,47	Concluída
179	620	15/04/2015	Cortina	25,50	2,00	0,33	23,50	8,47	Concluída
182	620	15/04/2015	Cortina	25,50	2,00	0,50	23,50	8,47	Concluída
184	620	16/04/2015	Cortina	25,50	2,00	0,33	23,50	8,47	Concluída
181	620	17/04/2015	Cortina	25,50	2,00	0,42	23,50	8,47	Concluída
183	620	17/04/2015	Cortina	25,50	2,00	0,50	23,50	8,47	Concluída
				229,50	18,00	3,75	211,50	76,22	

** - Inclui sobreconsumo de 10%

Apêndice 2 – Dados de produção das empreitadas

Total S16		
Cortina de estacas	Estacas executadas (un)	9
	Estacas executadas (m)	229,50
	Média diária (m)	38,25
	Furação em solos (m)	211,50
	Carottier /Trado rocha (h)	0,000
	Carottier /Trado rocha (m)	18,00
Controlo de custos	Margem comercial	19,00%
	Margem de produção	16,62%
	Diferença entre margens, de produção e comercial	-2,38%

S 17 de 20/04 a 25/04

Estaca (Nº)	Diâmetro (mm)	Data execução	Tipo	Comprimento furado (m)	Furação seixos / rocha (m)	Furação seixos / rocha (h)	Furação solo (m)	Vol. betão ** (m³)	Estado
186	620	20/04/2015	Cortina	25,50	2,00	0,42	23,50	8,47	Concluída
188	620	20/04/2015	Cortina	25,50	2,00	0,33	23,50	8,47	Concluída
190	620	21/04/2015	Cortina	25,50	2,00	0,50	23,50	8,47	Concluída
185	620	21/04/2015	Cortina	25,50	2,00	0,42	23,50	8,47	Concluída
187	620	21/04/2015	Cortina	25,50	2,00	0,42	23,50	8,47	Concluída
189	620	22/04/2015	Cortina	25,50	2,00	0,33	23,50	8,47	Concluída
192	620	22/04/2015	Cortina	25,50	2,00	0,33	23,50	8,47	Concluída
1	620	23/04/2015	Cortina	25,50	2,00	0,50	23,50	8,47	Concluída
1	620	23/04/2015	Grua	23,50	2,00	0,33	21,50	7,80	Concluída
2	620	23/04/2015	Grua	23,50	2,00	0,33	21,50	7,80	Concluída
8	620	24/04/2015	Cortina	25,50	2,00	0,33	23,50	8,47	Concluída
6	620	24/04/2015	Cortina	25,50	2,00	0,42	23,50	8,47	Concluída
4	620	24/04/2015	Cortina	25,50	2,00	0,25	23,50	8,47	Concluída
7	620	25/04/2015	Cortina	25,50	2,00	0,42	23,50	8,47	Concluída
2	620	25/04/2015	Cortina	25,50	2,00	0,33	23,50	8,47	Concluída
				378,50	30,00	5,67	348,50	125,70	

** - Inclui sobreconsumo de 10%

Total S17		
Cortina de estacas	Estacas executadas (un)	15
	Estacas executadas (m)	378,50
	Média diária (m)	63,08
	Furação em solos (m)	348,50
	Carottier /Trado rocha (h)	0,000
	Carottier /Trado rocha (m)	30,00
Controlo de custos	Margem comercial	19,00%
	Margem de produção	24,66%
	Diferença entre margens, de produção e comercial	5,66%

S 18 de 27/04 a 02/05

Estaca (Nº)	Diâmetro (mm)	Data execução	Tipo	Comprimento furado (m)	Furação seixos / rocha (m)	Furação seixos / rocha (h)	Furação solo (m)	Vol. betão ** (m³)	Estado
5	620	27/04/2015	Cortina	25,50	2,00	0,33	23,50	8,47	Concluída
3	620	27/04/2015	Cortina	25,50	2,00	0,33	23,50	8,47	Concluída
191	620	27/04/2015	Cortina	25,50	2,00	0,33	23,50	8,47	Concluída
193	620	28/04/2015	Cortina	25,50	2,00	0,33	23,50	8,47	Concluída
162	620	28/04/2015	Cortina	25,50	2,00	0,42	23,50	8,47	Concluída
160	620	29/04/2015	Cortina	25,50	0,00	0,00	25,50	8,47	Concluída
165	620	29/04/2015	Cortina	25,50	2,00	0,33	23,50	8,47	Concluída
163	620	30/04/2015	Cortina	25,50	2,00	0,33	23,50	8,47	Concluída
161	620	30/04/2015	Cortina	25,50	0,00	0,00	25,50	8,47	Concluída
159	620	30/04/2015	Cortina	25,50	0,00	0,00	25,50	8,47	Concluída
				255,00	14,00	2,42	241,00	84,68	

** - Inclui sobreconsumo de 10%

Gestão do risco na construção de estacas moldadas e dúcteis cravadas e suas implicações económicas

Total S18		
Cortina de estacas	Estacas executadas (un)	10
	Estacas executadas (m)	255,00
	Média diária (m)	51,00
	Furação em solos (m)	241,00
	Carottier /Trado rocha (h)	0,000
	Carottier /Trado rocha (m)	14,00
Controlo de custos	Margem comercial	19,00%
	Margem de produção	33,89%
	Diferença entre margens, de produção e comercial	14,89%

S19 de 04/05 a 09/05

Estaca (N°)	Diâmetro (mm)	Data execução	Tipo	Comprimento furado (m)	Furação seixos / rocha (m)	Furação seixos / rocha (h)	Furação solo (m)	Vol. betão ** (m³)	Estado
158	620	04/05/2015	Cortina	23,30	0,00	0,00	23,30	7,74	Concluída
156	620	04/05/2015	Cortina	23,30	0,00	0,00	23,30	7,74	Concluída
154	620	05/05/2015	Cortina	23,30	0,00	0,00	23,30	7,74	Concluída
157	620	05/05/2015	Cortina	23,30	0,00	0,00	23,30	7,74	Concluída
152	620	05/05/2015	Cortina	23,30	0,00	0,00	23,30	7,74	Concluída
155	620	06/05/2015	Cortina	23,30	0,00	0,00	23,30	7,74	Concluída
153	620	06/05/2015	Cortina	23,30	0,00	0,00	23,30	7,74	Concluída
151	620	07/05/2015	Cortina	24,70	0,00	0,00	24,70	8,20	Concluída
149	620	07/05/2015	Cortina	27,40	0,00	0,00	27,40	9,10	Concluída
147	620	07/05/2015	Cortina	27,40	2,00	0,42	25,40	9,10	Concluída
150	620	08/05/2015	Cortina	24,70	0,00	0,00	24,70	8,20	Concluída
148	620	09/05/2015	Cortina	27,40	2,00	0,42	25,40	9,10	Concluída
				294,70	4,00	0,83	290,70	97,87	

** - Inclui sobreconsumo de 10%

Total S19		
Cortina de estacas	Estacas executadas (un)	12
	Estacas executadas (m)	294,70
	Média diária (m)	49,12
	Furação em solos (m)	290,70
	Carottier /Trado rocha (h)	0,000
	Carottier /Trado rocha (m)	4,00
Controlo de custos	Margem comercial	19,00%
	Margem de produção	13,61%
	Diferença entre margens, de produção e comercial	-5,39%

S20 de 11/05 a 16/05

Estaca (N°)	Diâmetro (mm)	Data execução	Tipo	Comprimento furado (m)	Furação seixos / rocha (m)	Furação seixos / rocha (h)	Furação solo (m)	Vol. betão ** (m³)	Estado
145	620	11/05/2015	Cortina	29,90	2,00	0,42	27,90	9,93	Concluída
143	620	11/05/2015	Cortina	29,90	2,00	0,50	27,90	9,93	Concluída
146	620	12/05/2015	Cortina	29,90	2,00	0,42	27,90	9,93	Concluída
144	620	13/05/2015	Cortina	29,90	0,00	0,00	29,90	9,93	Concluída
141	620	15/05/2015	Cortina	29,90	0,00	0,00	29,90	9,93	Concluída
				149,50	6,00	1,33	143,50	49,65	

** - Inclui sobreconsumo de 10%

Apêndice 2 – Dados de produção das empreitadas

Total S20		
Cortina de estacas	Estacas executadas (un)	5
	Estacas executadas (m)	149,50
	Média diária (m)	24,92
	Furação em solos (m)	143,50
	Carottier /Trado rocha (h)	0,000
	Carottier /Trado rocha (m)	6,00
Controlo de custos	Margem comercial	19,00%
	Margem de produção	-79,43%
	Diferença entre margens, de produção e comercial	-98,43%

S21 de 18/05 a 23/05

Estaca (Nº)	Diâmetro (mm)	Data execução	Tipo	Comprimento furado (m)	Furação seixos / rocha (m)	Furação seixos / rocha (h)	Furação solo (m)	Vol. betão ** (m³)	Estado
134	620	22/05/2015	Cortina	29,90	0,00	0,00	29,90	9,93	Concluída
116	620	23/05/2015	Cortina	25,60	0,00	0,00	25,60	8,50	Concluída
				55,50	0,00	0,00	55,50	18,43	

** - Inclui sobreconsumo de 10%

Total S21		
Cortina de estacas	Estacas executadas (un)	2
	Estacas executadas (m)	55,50
	Média diária (m)	9,25
	Furação em solos (m)	55,50
	Carottier /Trado rocha (h)	12,00
	Carottier /Trado rocha (m)	0,00
Controlo de custos	Margem comercial	19,00%
	Margem de produção	-29,41%
	Diferença entre margens, de produção e comercial	-48,41%

S22 de 25/05 a 30/05

Estaca (Nº)	Diâmetro (mm)	Data execução	Tipo	Comprimento furado (m)	Furação seixos / rocha (m)	Furação seixos / rocha (h)	Furação solo (m)	Vol. betão ** (m³)	Estado
127	620	25/05/2015	Cortina	28,10	0,00	0,00	28,10	9,33	Concluída
118	620	25/05/2015	Cortina	25,60	0,00	0,00	25,60	8,50	Concluída
120	620	26/05/2015	Cortina	25,60	0,00	0,00	25,60	8,50	Concluída
117	620	26/05/2015	Cortina	25,60	0,00	0,00	25,60	8,50	Concluída
122	620	26/05/2015	Cortina	25,60	0,00	0,00	25,60	8,50	Concluída
121	620	27/05/2015	Cortina	25,60	0,00	0,00	25,60	8,50	Concluída
119	620	27/05/2015	Cortina	25,60	0,00	0,00	25,60	8,50	Concluída
124	620	28/05/2015	Cortina	28,10	0,00	0,00	28,10	9,33	Concluída
126	620	28/05/2015	Cortina	28,10	0,00	0,00	28,10	9,33	Concluída
129	620	29/05/2015	Cortina	28,10	0,00	0,00	28,10	9,33	Concluída
125	620	29/05/2015	Cortina	28,10	0,00	0,00	28,10	9,33	Concluída
114	620	29/05/2015	Cortina	25,60	0,00	0,00	25,60	8,50	Concluída
133	620	30/05/2015	Cortina	28,10	0,00	0,00	28,10	9,33	Concluída
				347,80	0,00	0,00	347,80	115,50	

** - Inclui sobreconsumo de 10%

Total S22		
Cortina de estacas	Estacas executadas (un)	13
	Estacas executadas (m)	347,80
	Média diária (m)	57,97
	Furação em solos (m)	347,80
	Carottier /Trado rocha (h)	0,000
	Carottier /Trado rocha (m)	0,00
Controlo de custos	Margem comercial	19,00%
	Margem de produção	15,95%
	Diferença entre margens, de produção e comercial	-3,05%

Gestão do risco na construção de estacas moldadas e dúcteis cravadas e suas implicações económicas

S 23 de 01/06 a 06/06

Estaca (Nº)	Diâmetro (mm)	Data execução	Tipo	Comprimento furado (m)	Furação seixos / rocha (m)	Furação seixos / rocha (h)	Furação solo (m)	Vol. betão ** (m³)	Estado
131	620	02/06/2015	Cortina	28,10	0,00	0,00	28,10	9,33	Concluída
132	620	04/06/2015	Cortina	28,10	0,00	0,00	28,10	9,33	Concluída
130	620	05/06/2015	Cortina	28,10	0,00	0,00	28,10	9,33	Concluída
128	620	05/06/2015	Cortina	28,10	0,00	0,00	28,10	9,33	Concluída
123	620	05/06/2015	Cortina	28,10	0,00	0,00	28,10	9,33	Concluída
112	620	06/06/2015	Cortina	25,60	0,00	0,00	25,60	8,50	Concluída
				166,10	0,00	0,00	166,10	55,16	

** - Inclui sobreconsumo de 10%

Total S23		
Cortina de estacas	Estacas executadas (un)	6
	Estacas executadas (m)	166,10
	Média diária (m)	27,68
	Furação em solos (m)	166,10
	Uso carottier/Trado rocha (h)	0,000
	Uso carottier/Trado rocha (m)	0,00
Controlo de custos	Margem comercial	19,00%
	Margem de produção	-50,28%
	Diferença de margem de produção e comercial	-69,28%

S24 de 08/06 a 13/06

Estaca (Nº)	Diâmetro (mm)	Data execução	Tipo	Comprimento furado (m)	Furação seixos / rocha (m)	Furação seixos / rocha (h)	Furação solo (m)	Vol. betão ** (m³)	Estado
115	620	08/06/2015	Cortina	25,60	0,00	0,00	25,60	8,50	Concluída
110	620	08/06/2015	Cortina	25,60	0,00	0,00	25,60	8,50	Concluída
113	620	09/06/2015	Cortina	25,60	0,00	0,00	25,60	8,50	Concluída
111	620	09/06/2015	Cortina	25,60	0,00	0,00	25,60	8,50	Concluída
108	620	09/06/2015	Cortina	25,60	0,00	0,00	25,60	8,50	Concluída
109	620	10/06/2015	Cortina	25,60	0,00	0,00	25,60	8,50	Concluída
106	620	10/06/2015	Cortina	25,60	0,00	0,00	25,60	8,50	Concluída
107	620	11/06/2015	Cortina	25,60	0,00	0,00	25,60	8,50	Concluída
				204,80	0,00	0,00	204,80	68,01	

** - Inclui sobreconsumo de 10%

Total S24		
Cortina de estacas	Estacas executadas (un)	8
	Estacas executadas (m)	204,80
	Média diária (m)	40,96
	Furação em solos (m)	204,80
	Carottier /Trado rocha (h)	0,000
	Carottier /Trado rocha (m)	0,00
Controlo de custos	Margem comercial	19,00%
	Margem de produção	-15,03%
	Diferença entre margens, de produção e comercial	-34,03%

Apêndice 2 – Dados de produção das empreitadas

S25 de 15/06 a 20/06

Estaca (N°)	Diâmetro (mm)	Data execução	Tipo	Comprimento furado (m)	Furação seixos / rocha (m)	Furação seixos / rocha (h)	Furação solo (m)	Vol. betão ** (m³)	Estado
139	620	15/06/2015	Cortina	29,90	0,00	0,00	29,90	9,93	Concluída
137	620	15/06/2015	Cortina	29,90	2,00	0,50	27,90	9,93	Concluída
142	620	16/06/2015	Cortina	29,90	2,00	0,33	27,90	9,93	Concluída
135	620	16/06/2015	Cortina	29,90	1,00	0,33	28,90	9,93	Concluída
140	620	17/06/2015	Cortina	29,90	1,00	0,42	28,90	9,93	Concluída
138	620	18/06/2015	Cortina	29,90	1,00	0,33	28,90	9,93	Concluída
136	620	19/06/2015	Cortina	29,90	1,00	0,33	28,90	9,93	Concluída
78	620	20/06/2015	Cortina	24,30	0,00	0,00	24,30	8,07	Concluída
46	620	20/06/2015	Cortina	26,80	0,00	0,00	26,80	8,90	Concluída
				260,40	8,00	2,25	252,40	86,48	

** - Inclui sobreconsumo de 10%

Total S25		
Cortina de estacas	Estacas executadas (un)	9
	Estacas executadas (m)	260,40
	Média diária (m)	43,40
	Furação em solos (m)	252,40
	Carottier /Trado rocha (h)	0,000
Controlo de custos	Carottier /Trado rocha (m)	8,00
	Margem comercial	19,00%
	Margem de produção	12,44%
	Diferença entre margens, de produção e comercial	-6,56%

S 26 de 22/06 a 27/06

Estaca (N°)	Diâmetro (mm)	Data execução	Tipo	Comprimento furado (m)	Furação seixos / rocha (m)	Furação seixos / rocha (h)	Furação solo (m)	Vol. betão ** (m³)	Estado
76	620	22/06/2015	Cortina	24,30	0,00	0,00	24,30	8,07	Concluída
74	620	22/06/2015	Cortina	24,30	0,00	0,00	24,30	8,07	Concluída
72	620	23/06/2015	Cortina	24,30	0,00	0,00	24,30	8,07	Concluída
77	620	23/06/2015	Cortina	24,30	0,00	0,00	24,30	8,07	Concluída
75	620	24/06/2015	Cortina	24,30	0,00	0,00	24,30	8,07	Concluída
85	620	24/06/2015	Cortina	25,80	0,00	0,00	25,80	8,57	Concluída
71	620	24/06/2015	Cortina	24,30	0,00	0,00	24,30	8,07	Concluída
73	620	25/06/2015	Cortina	24,30	0,00	0,00	24,30	8,07	Concluída
84	620	25/06/2015	Cortina	25,80	0,00	0,00	25,80	8,57	Concluída
69	620	25/06/2015	Cortina	24,30	0,00	0,00	24,30	8,07	Concluída
67	620	25/06/2015	Cortina	24,30	0,00	0,00	24,30	8,07	Concluída
70	620	26/06/2015	Cortina	24,30	0,00	0,00	24,30	8,07	Concluída
68	620	26/06/2015	Cortina	24,30	0,00	0,00	24,30	8,07	Concluída
65	620	27/06/2015	Cortina	24,30	0,00	0,00	24,30	8,07	Concluída
63	620	27/06/2015	Cortina	24,30	0,00	0,00	24,30	8,07	Concluída
				367,50	0,00	0,00	367,50	122,05	

** - Inclui sobreconsumo de 10%

Total S26		
Cortina de estacas	Estacas executadas (un)	15
	Estacas executadas (m)	367,50
	Média diária (m)	61,25
	Furação em solos (m)	367,50
	Carottier /Trado rocha (h)	2,25
Controlo de custos	Carottier /Trado rocha (m)	0,00
	Margem comercial	19,00%
	Margem de produção	39,37%
	Diferença entre margens, de produção e comercial	20,37%

Gestão do risco na construção de estacas moldadas e dúcteis cravadas e suas implicações económicas

S27 de 29/06 a 04/07

Estaca (Nº)	Diâmetro (mm)	Data execução	Tipo	Comprimento furado (m)	Furação seixos / rocha (m)	Furação seixos / rocha (h)	Furação solo (m)	Vol. betão ** (m³)	Estado
82	620	29/06/2015	Cortina	25,80	0,00	0,00	25,80	8,57	Concluída
66	620	29/06/2015	Cortina	24,30	0,00	0,00	24,30	8,07	Concluída
64	620	29/06/2015	Cortina	24,30	0,00	0,00	24,30	8,07	Concluída
61	620	30/06/2015	Cortina	24,30	0,00	0,00	24,30	8,07	Concluída
59	620	30/06/2015	Cortina	24,30	0,00	0,00	24,30	8,07	Concluída
83	620	30/06/2015	Cortina	25,80	0,00	0,00	25,80	8,57	Concluída
9	620	01/07/2015	Cortina	22,10	0,00	0,00	22,10	7,34	Concluída
11	620	01/07/2015	Cortina	22,10	0,00	0,00	22,10	7,34	Concluída
13	620	01/07/2015	Cortina	22,10	0,00	0,00	22,10	7,34	Concluída
15	620	01/07/2015	Cortina	22,10	0,00	0,00	22,10	7,34	Concluída
10	620	02/07/2015	Cortina	22,10	0,00	0,00	22,10	7,34	Concluída
12	620	02/07/2015	Cortina	22,10	0,00	0,00	22,10	7,34	Concluída
14	620	02/07/2015	Cortina	22,10	2,00	0,25	20,10	7,34	Concluída
16	620	03/07/2015	Cortina	22,10	0,00	0,00	22,10	7,34	Concluída
57	620	03/07/2015	Cortina	24,30	0,00	0,00	24,30	8,07	Concluída
62	620	04/07/2015	Cortina	24,30	0,00	0,00	24,30	8,07	Concluída
60	620	04/07/2015	Cortina	24,30	0,00	0,00	24,30	8,07	Concluída
				398,50	2,00	0,25	396,50	132,34	

** - Inclui sobreconsumo de 10%

Total S27		
Cortina de estacas	Estacas executadas (un)	17
	Estacas executadas (m)	398,50
	Média diária (m)	66,42
	Furação em solos (m)	396,50
	Carottier /Trado rocha (h)	0,000
	Carottier /Trado rocha (m)	2,00
Controlo de custos	Margem comercial	19,00%
	Margem de produção	33,68%
	Diferença entre margens, de produção e comercial	14,68%

S28 de 06/07 a 11/07

Estaca (Nº)	Diâmetro (mm)	Data execução	Tipo	Comprimento furado (m)	Furação seixos / rocha (m)	Furação seixos / rocha (h)	Furação solo (m)	Vol. betão ** (m³)	Estado
56	620	06/07/2015	Cortina	24,30	0,00	0,00	24,30	8,07	Concluída
58	620	06/07/2015	Cortina	24,30	0,00	0,00	24,30	8,07	Concluída
79	620	07/07/2015	Cortina	24,30	0,00	0,00	24,30	8,07	Concluída
54	620	08/07/2015	Cortina	26,80	0,00	0,00	26,80	8,90	Concluída
80	620	08/07/2015	Cortina	25,80	0,00	0,00	25,80	8,57	Concluída
47	620	09/07/2015	Cortina	26,80	0,00	0,00	26,80	8,90	Concluída
81	620	09/07/2015	Cortina	25,80	0,00	0,00	25,80	8,57	Concluída
48	620	10/07/2015	Cortina	26,80	0,00	0,00	26,80	8,90	Concluída
55	620	10/07/2015	Cortina	26,80	0,00	0,00	26,80	8,90	Concluída
50	620	11/07/2015	Cortina	26,80	0,00	0,00	26,80	8,90	Concluída
52	620	11/07/2015	Cortina	26,80	0,00	0,00	26,80	8,90	Concluída
				285,30	0,00	0,00	285,30	94,75	

** - Inclui sobreconsumo de 10%

Apêndice 2 – Dados de produção das empreitadas

Total S28		
Cortina de estacas	Estacas executadas (un)	11
	Estacas executadas (m)	285,30
	Média diária (m)	47,55
	Furação em solos (m)	285,30
	Carottier /Trado rocha (h)	0,000
	Carottier /Trado rocha (m)	0,00
Controlo de custos	Margem comercial	19,00%
	Margem de produção	20,53%
	Diferença entre margens, de produção e comercial	1,53%

S29 de 13/07 a 18/07

Estaca (Nº)	Diâmetro (mm)	Data execução	Tipo	Comprimento furado (m)	Furação seixos / rocha (m)	Furação seixos / rocha (h)	Furação solo (m)	Vol. betão ** (m³)	Estado
53	620	13/07/2015	Cortina	26,80	0,00	0,00	26,80	8,90	Concluída
51	620	13/07/2015	Cortina	26,80	0,00	0,00	26,80	8,90	Concluída
49	620	13/07/2015	Cortina	26,80	0,00	0,00	26,80	8,90	Concluída
87	620	14/07/2015	Cortina	25,80	0,00	0,00	25,80	8,57	Concluída
89	620	15/07/2015	Cortina	25,80	0,00	0,00	25,80	8,57	Concluída
91	620	15/07/2015	Cortina	25,80	0,00	0,00	25,80	8,57	Concluída
86	620	15/07/2015	Cortina	25,80	0,00	0,00	25,80	8,57	Concluída
90	620	16/07/2015	Cortina	25,80	0,00	0,00	25,80	8,57	Concluída
88	620	16/07/2015	Cortina	25,80	0,00	0,00	25,80	8,57	Concluída
36	620	16/07/2015	Cortina	24,90	0,00	0,00	24,90	8,27	Concluída
44	620	17/07/2015	Cortina	24,90	0,00	0,00	24,90	8,27	Concluída
38	620	17/07/2015	Cortina	24,90	0,00	0,00	24,90	8,27	Concluída
42	620	17/07/2015	Cortina	24,90	0,00	0,00	24,90	8,27	Concluída
40	620	18/07/2015	Cortina	24,90	0,00	0,00	24,90	8,27	Concluída
45	620	18/07/2015	Cortina	24,90	0,00	0,00	24,90	8,27	Concluída
				384,60	0,00	0,00	384,60	127,72	

** - Inclui sobreconsumo de 10%

Total S29		
Cortina de estacas	Estacas executadas (un)	15
	Estacas executadas (m)	384,60
	Média diária (m)	64,10
	Furação em solos (m)	384,60
	Carottier /Trado rocha (h)	0,000
	Carottier /Trado rocha (m)	0,00
Controlo de custos	Margem comercial	19,00%
	Margem de produção	26,79%
	Diferença entre margens, de produção e comercial	7,79%

S30 de 20/07 a 25/07

Estaca (Nº)	Diâmetro (mm)	Data execução	Tipo	Comprimento furado (m)	Furação seixos / rocha (m)	Furação seixos / rocha (h)	Furação solo (m)	Vol. betão ** (m³)	Estado
43	620	20/07/2015	Cortina	24,90	0,00	0,00	24,90	8,27	Concluída
41	620	20/07/2015	Cortina	24,90	0,00	0,00	24,90	8,27	Concluída
39	620	20/07/2015	Cortina	24,90	0,00	0,00	24,90	8,27	Concluída
37	620	21/07/2015	Cortina	24,90	0,00	0,00	24,90	8,27	Concluída
105	620	22/07/2015	Cortina	25,80	0,00	0,00	25,80	8,57	Concluída
92	620	22/07/2015	Cortina	25,80	0,00	0,00	25,80	8,57	Concluída
95	620	23/07/2015	Cortina	25,80	0,00	0,00	25,80	8,57	Concluída
98	620	24/07/2015	Cortina	25,80	0,00	0,00	25,80	8,57	Concluída
101	620	24/07/2015	Cortina	25,80	0,00	0,00	25,80	8,57	Concluída
93	620	25/07/2015	Cortina	25,80	0,00	0,00	25,80	8,57	Concluída
				254,40	0,00	0,00	254,40	84,49	

** - Inclui sobreconsumo de 10%

Gestão do risco na construção de estacas moldadas e dúcteis cravadas e suas implicações económicas

Total S30		
Cortina de estacas	Estacas executadas (un)	10
	Estacas executadas (m)	254,40
	Média diária (m)	42,40
	Furação em solos (m)	254,40
	Carottier /Trado rocha (h)	0,000
	Carottier /Trado rocha (m)	0,00
Controlo de custos	Margem comercial	19,00%
	Margem de produção	1,97%
	Diferença entre margens, de produção e comercial	-17,03%

S31 de 27/07 a 01/08

Estaca (Nº)	Diâmetro (mm)	Data execução	Tipo	Comprimento furado (m)	Furação seixos / rocha (m)	Furação seixos / rocha (h)	Furação solo (m)	Vol. betão ** (m³)	Estado
97	620	28/07/2015	Cortina	25,80	0,00	0,00	25,80	8,57	Concluída
103	620	28/07/2015	Cortina	25,80	0,00	0,00	25,80	8,57	Concluída
100	620	29/07/2015	Cortina	25,80	0,00	0,00	25,80	8,57	Concluída
104	620	30/07/2015	Cortina	25,80	0,00	0,00	25,80	8,57	Concluída
99	620	30/07/2015	Cortina	25,80	0,00	0,00	25,80	8,57	Concluída
				129,00	0,00	0,00	129,00	42,84	

** - Inclui sobreconsumo de 10%

Total S31		
Cortina de estacas	Estacas executadas (un)	5
	Estacas executadas (m)	129,00
	Média diária (m)	21,50
	Furação em solos (m)	129,00
	Carottier /Trado rocha (h)	0,000
	Carottier /Trado rocha (m)	0,00
Controlo de custos	Margem comercial	19,00%
	Margem de produção	-82,32%
	Diferença entre margens, de produção e comercial	-101,32%

S32 de 03/08 a 08/08

Estaca (Nº)	Diâmetro (mm)	Data execução	Tipo	Comprimento furado (m)	Furação seixos / rocha (m)	Furação seixos / rocha (h)	Furação solo (m)	Vol. betão ** (m³)	Estado
94	620	03/08/2015	Cortina	25,80	0,00	0,00	25,80	8,57	Concluída
102	620	03/08/2015	Cortina	25,80	0,00	0,00	25,80	8,57	Concluída
96	620	04/08/2015	Cortina	25,80	0,00	0,00	25,80	8,57	Concluída
18	620	05/08/2015	Cortina	20,80	0,00	0,00	20,80	6,91	Concluída
21	620	05/08/2015	Cortina	22,40	0,00	0,00	22,40	7,44	Concluída
20	620	06/08/2015	Cortina	22,40	0,00	0,00	22,40	7,44	Concluída
35	620	06/08/2015	Cortina	24,90	0,00	0,00	24,90	8,27	Concluída
23	620	07/08/2015	Cortina	22,40	0,00	0,00	22,40	7,44	Concluída
34	620	07/08/2015	Cortina	24,90	0,00	0,00	24,90	8,27	Concluída
19	620	07/08/2015	Cortina	20,80	0,00	0,00	20,80	6,91	Concluída
31	620	08/08/2015	Cortina	22,40	0,00	0,00	22,40	7,44	Concluída
17	620	08/08/2015	Cortina	20,80	0,00	0,00	20,80	6,91	Concluída
				279,20	0,00	0,00	279,20	92,72	

** - Inclui sobreconsumo de 10%

Apêndice 2 – Dados de produção das empreitadas

Total S32		
Cortina de estacas	Estacas executadas (un)	12
	Estacas executadas (m)	279,20
	Média diária (m)	46,53
	Furação em solos (m)	279,20
	Carottier /Trado rocha (h)	0,000
	Carottier /Trado rocha (m)	0,00
Controlo de custos	Margem comercial	19,00%
	Margem de produção	3,34%
	Diferença entre margens, de produção e comercial	-15,66%

S33 de 10/08 a 15/08

Estaca (Nº)	Diâmetro (mm)	Data execução	Tipo	Comprimento furado (m)	Furação seixos / rocha (m)	Furação seixos / rocha (h)	Furação solo (m)	Vol. betão ** (m³)	Estado
33	620	10/08/2015	Cortina	22,40	0,00	0,00	22,40	7,44	Concluída
25	620	10/08/2015	Cortina	22,40	0,00	0,00	22,40	7,44	Concluída
22	620	11/08/2015	Cortina	22,40	0,00	0,00	22,40	7,44	Concluída
30	620	11/08/2015	Cortina	22,40	0,00	0,00	22,40	7,44	Concluída
26	620	12/08/2015	Cortina	22,40	0,00	0,00	22,40	7,44	Concluída
28	620	12/08/2015	Cortina	22,40	0,00	0,00	22,40	7,44	Concluída
32	620	12/08/2015	Cortina	22,40	0,00	0,00	22,40	7,44	Concluída
24	620	13/08/2015	Cortina	22,40	0,00	0,00	22,40	7,44	Concluída
29	620	13/08/2015	Cortina	22,40	0,00	0,00	22,40	7,44	Concluída
27	620	14/08/2015	Cortina	22,40	0,00	0,00	22,40	7,44	Concluída
				224,00	0,00	0,00	224,00	74,39	

** - Inclui sobreconsumo de 10%

Total S33		
Cortina de estacas	Estacas executadas (un)	10
	Estacas executadas (m)	224,00
	Média diária (m)	37,33
	Furação em solos (m)	224,00
	Carottier /Trado rocha (h)	0,000
	Carottier /Trado rocha (m)	0,00
Controlo de custos	Margem comercial	19,00%
	Margem de produção	-5,74%
	Diferença entre margens, de produção e comercial	-24,74%

S34 de 17/08 a 22/08

Estaca (Nº)	Diâmetro (mm)	Data execução	Tipo	Comprimento furado (m)	Furação seixos / rocha (m)	Furação seixos / rocha (h)	Furação solo (m)	Vol. betão ** (m³)	Estado
P6-1	1080	17/08/2015	Fundação	35,55	1,00	0,42	34,55	20,39	Concluída
P6-2	1080	18/08/2015	Fundação	35,55	0,00	0,00	35,55	20,39	Concluída
P6-3	1080	18/08/2015	Fundação	35,55	0,00	0,00	35,55	20,39	Concluída
P6-4	1080	19/08/2015	Fundação	35,55	0,00	0,00	35,55	20,39	Concluída
P7-1	1080	20/08/2015	Fundação	33,75	0,00	0,00	33,75	22,86	Concluída
P7-2	1080	21/08/2015	Fundação	33,75	0,00	0,00	33,75	22,86	Concluída
P7-3	1080	22/08/2015	Fundação	33,75	0,00	0,00	33,75	22,86	Concluída
				243,45	1,00	0,42	242,45	150,11	

** - Inclui sobreconsumo de 10%

Gestão do risco na construção de estacas moldadas e dúcteis cravadas e suas implicações económicas

Total S34		
Estacas de fundação	Estacas executadas (un)	7
	Estacas executadas (m)	243,45
	Média diária (m)	40,58
	Furação em solos (m)	242,45
	Carottier /Trado rocha (h)	0,000
	Carottier /Trado rocha (m)	1,00
Controlo de custos	Margem comercial	19,00%
	Margem de produção	13,32%
	Diferença entre margens, de produção e comercial	-5,68%

S35 de 24/08 a 29/08

Estaca (N°)	Diâmetro (mm)	Data execução	Tipo	Comprimento furado (m)	Furação seixos / rocha (m)	Furação seixos / rocha (h)	Furação solo (m)	Vol. betão ** (m³)	Estado
P7-4	1080	24/08/2015	Fundação	33,75	0,00	0,00	33,75	22,86	Concluída
Depósito-2	1080	25/08/2015	Fundação	35,15	0,00	0,00	35,15	20,39	Concluída
Depósito-6	1080	26/08/2015	Fundação	35,15	0,00	0,00	35,15	20,39	Concluída
Depósito-1	1080	26/08/2015	Fundação	35,15	0,00	0,00	35,15	20,39	Concluída
Depósito-7	1080	27/08/2015	Fundação	32,95	0,00	0,00	32,95	18,25	Concluída
Depósito-3	1080	28/08/2015	Fundação	35,15	0,00	0,00	35,15	20,39	Concluída
Depósito-5	1080	28/08/2015	Fundação	35,15	0,00	0,00	35,15	20,39	Concluída
				242,45	0,00	0,00	242,45	143,03	

** - Inclui sobreconsumo de 10%

Total S35		
Estacas de fundação	Estacas executadas (un)	7
	Estacas executadas (m)	242,45
	Média diária (m)	40,41
	Furação em solos (m)	242,45
	Carottier /Trado rocha (h)	0,000
	Carottier /Trado rocha (m)	0,00
Controlo de custos	Margem comercial	19,00%
	Margem de produção	6,61%
	Diferença entre margens, de produção e comercial	-12,39%

S36 de 31/08 a 05/09

Estaca (N°)	Diâmetro (mm)	Data execução	Tipo	Comprimento furado (m)	Furação seixos / rocha (m)	Furação seixos / rocha (h)	Furação solo (m)	Vol. betão ** (m³)	Estado
Depósito-4	1080	31/08/2015	Fundação	35,15	0,00	0,00	35,15	20,39	Concluída
P4/P2-3	1080	01/09/2015	Fundação	35,75	0,00	0,00	35,75	25,26	Concluída
P4/P2-1	1080	02/09/2015	Fundação	35,75	0,00	0,00	35,75	25,26	Concluída
P4/P2-2	1080	03/09/2015	Fundação	35,75	0,00	0,00	35,75	25,26	Concluída
P4/P2-3	1080	03/09/2015	Fundação	35,75	0,00	0,00	35,75	25,26	Concluída
Núcleo-1	1080	04/09/2015	Fundação	32,95	0,00	0,00	32,95	20,45	Concluída
Núcleo-11	1080	05/09/2015	Fundação	32,95	0,00	0,00	32,95	20,45	Concluída
				244,05	0,00	0,00	244,05	162,33	

** - Inclui sobreconsumo de 10%

Apêndice 2 – Dados de produção das empreitadas

Total S36		
Estacas de fundação	Estacas executadas (un)	7
	Estacas executadas (m)	244,05
	Média diária (m)	40,68
	Furação em solos (m)	244,05
	Carottier /Trado rocha (h)	0,000
	Carottier /Trado rocha (m)	0,00
Controlo de custos	Margem comercial	19,00%
	Margem de produção	20,14%
	Diferença entre margens, de produção e comercial	1,14%

S37 de 07/09 a 12/09

Estaca (Nº)	Diâmetro (mm)	Data execução	Tipo	Comprimento furado (m)	Furação seixos / rocha (m)	Furação seixos / rocha (h)	Furação solo (m)	Vol. betão ** (m³)	Estado
Núcleo-6	1080	07/09/2015	Fundação	32,95	0,00	0,00	32,95	20,45	Concluída
Núcleo-12	1080	08/09/2015	Fundação	32,95	0,00	0,00	32,95	20,45	Concluída
Núcleo-2	1080	08/09/2015	Fundação	32,95	0,00	0,00	32,95	20,45	Concluída
Núcleo-7	1080	09/09/2015	Fundação	32,95	0,00	0,00	32,95	20,45	Concluída
Núcleo-3	1080	10/09/2015	Fundação	32,95	0,00	0,00	32,95	20,45	Concluída
Núcleo-13	1080	10/09/2015	Fundação	32,95	0,00	0,00	32,95	20,45	Concluída
				197,70	0,00	0,00	197,70	122,70	

** - Inclui sobreconsumo de 10%

Total S37		
Estacas de fundação	Estacas executadas (un)	6
	Estacas executadas (m)	197,70
	Média diária (m)	32,95
	Furação em solos (m)	197,70
	Carottier /Trado rocha (h)	0,000
	Carottier /Trado rocha (m)	0,00
Controlo de custos	Margem comercial	19,00%
	Margem de produção	14,60%
	Diferença entre margens, de produção e comercial	-4,40%

S38 de 14/09 a 19/09

Estaca (Nº)	Diâmetro (mm)	Data execução	Tipo	Comprimento furado (m)	Furação seixos / rocha (m)	Furação seixos / rocha (h)	Furação solo (m)	Vol. betão ** (m³)	Estado
Núcleo-8	1080	14/09/2015	Fundação	32,95	0,00	0,00	32,95	20,45	Concluída
Núcleo-4	1080	15/09/2015	Fundação	32,95	0,00	0,00	32,95	20,45	Concluída
Núcleo-14	1080	15/09/2015	Fundação	32,95	0,00	0,00	32,95	20,45	Concluída
Núcleo-9	1080	16/09/2015	Fundação	32,95	0,00	0,00	32,95	20,45	Concluída
P8-1	1080	16/09/2015	Fundação	29,75	0,00	0,00	29,75	18,04	Concluída
				161,55	0,00	0,00	161,55	99,84	

** - Inclui sobreconsumo de 10%

Gestão do risco na construção de estacas moldadas e dúcteis cravadas e suas implicações económicas

Total S38		
Estacas de fundação	Estacas executadas (un)	5
	Estacas executadas (m)	161,55
	Média diária (m)	32,31
	Furação em solos (m)	161,55
	Carottier /Trado rocha (h)	0,000
	Carottier /Trado rocha (m)	0,00
Controlo de custos	Margem comercial	19,00%
	Margem de produção	-0,87%
	Diferença entre margens, de produção e comercial	-19,87%

S39 de 21/09 a 26/09									
Estaca (Nº)	Diâmetro (mm)	Data execução	Tipo	Comprimento furado (m)	Furação seixos / rocha (m)	Furação seixos / rocha (h)	Furação solo (m)	Vol. betão ** (m³)	Estado
P8-2	1080	22/09/2015	Fundação	29,75	1,00	0,25	28,75	18,04	Concluída
P8-3	1080	22/09/2015	Fundação	29,75	0,00	0,00	29,75	18,04	Concluída
P8-4	1080	25/09/2015	Fundação	29,75	0,00	0,00	29,75	18,04	Concluída
P9-1	1080	25/09/2015	Fundação	27,75	0,00	0,00	27,75	15,64	Concluída
P9-3	1080	26/09/2015	Fundação	27,75	0,00	0,00	27,75	15,64	Concluída
				144,75	1,00	0,25	143,75	85,41	

** - Inclui sobreconsumo de 10%

Total S39		
Estacas de fundação	Estacas executadas (un)	5
	Estacas executadas (m)	144,75
	Média diária (m)	24,13
	Furação em solos (m)	143,75
	Carottier /Trado rocha (h)	0,000
	Carottier /Trado rocha (m)	1,00
Controlo de custos	Margem comercial	19,00%
	Margem de produção	-35,95%
	Diferença entre margens, de produção e comercial	-54,95%

S40 de 28/09 a 03/10									
Estaca (Nº)	Diâmetro (mm)	Data execução	Tipo	Comprimento furado (m)	Furação seixos / rocha (m)	Furação seixos / rocha (h)	Furação solo (m)	Vol. betão ** (m³)	Estado
P9-4	1080	29/09/2015	Fundação	27,75	0,00	0,00	27,75	15,64	Concluída
Núcleo-10	1080	29/09/2015	Fundação	32,95	0,00	0,00	32,95	20,45	Concluída
P9-2	1080	30/09/2015	Fundação	27,75	0,00	0,00	27,75	15,64	Concluída
Núcleo-5	1080	30/09/2015	Fundação	32,95	0,00	0,00	32,95	20,45	Concluída
P1-1	1080	01/10/2015	Fundação	27,15	0,00	0,00	27,15	12,62	Concluída
MS-1	1080	02/10/2015	Fundação	27,15	0,00	0,00	27,15	12,62	Concluída
P3_P5-2	1080	03/10/2015	Fundação	27,75	0,00	0,00	27,75	15,64	Concluída
				203,45	0,00	0,00	203,45	113,05	

** - Inclui sobreconsumo de 10%

Apêndice 2 – Dados de produção das empreitadas

Total S40		
Estacas de fundação	Estacas executadas (un)	7
	Estacas executadas (m)	203,45
	Média diária (m)	33,91
	Furação em solos (m)	203,45
	Carottier /Trado rocha (h)	0,000
	Carottier /Trado rocha (m)	0,00
Controlo de custos	Margem comercial	19,00%
	Margem de produção	15,81%
	Diferença entre margens, de produção e comercial	-3,19%

S41 de 05/10 a 10/10

Estaca (Nº)	Diâmetro (mm)	Data execução	Tipo	Comprimento furado (m)	Furação seixos / rocha (m)	Furação seixos / rocha (h)	Furação solo (m)	Vol. betão ** (m³)	Estado
P3_P5-4	1080	05/10/2015	Fundação	27,75	0,00	0,00	27,75	15,64	Concluída
P3_P5-1	1080	05/10/2015	Fundação	27,75	0,00	0,00	27,75	15,64	Concluída
P3_P5-6	1080	06/10/2015	Fundação	27,75	0,00	0,00	27,75	15,64	Concluída
P3_P5-5	1080	07/10/2015	Fundação	27,75	0,00	0,00	27,75	15,64	Concluída
P3_P5-3	1080	07/10/2015	Fundação	27,75	0,00	0,00	27,75	15,64	Concluída
P17-2	1080	10/10/2015	Fundação	21,55	0,00	0,00	21,55	13,23	Concluída
				160,30	0,00	0,00	160,30	91,42	

** - Inclui sobreconsumo de 10%

Total S41		
Estacas de fundação	Estacas executadas (un)	6
	Estacas executadas (m)	160,30
	Média diária (m)	26,72
	Furação em solos (m)	160,30
	Carottier /Trado rocha (h)	0,000
	Carottier /Trado rocha (m)	0,00
Controlo de custos	Margem comercial	19,00%
	Margem de produção	-2,88%
	Diferença entre margens, de produção e comercial	-21,88%

S42 de 12/10 a 17/10

Estaca (Nº)	Diâmetro (mm)	Data execução	Tipo	Comprimento furado (m)	Furação seixos / rocha (m)	Furação seixos / rocha (h)	Furação solo (m)	Vol. betão ** (m³)	Estado
P17-1	1080	12/10/2015	Fundação	21,55	0,00	0,00	21,55	13,23	Concluída
P16-2	1080	12/10/2015	Fundação	24,35	0,00	0,00	24,35	16,84	Concluída
P16-4	1080	13/10/2015	Fundação	24,35	0,00	0,00	24,35	16,84	Concluída
P16-1	1080	14/10/2015	Fundação	24,35	0,00	0,00	24,35	16,84	Concluída
P16-3	1080	14/10/2015	Fundação	24,35	0,00	0,00	24,35	16,84	Concluída
P10-1	1080	15/10/2015	Fundação	20,95	0,00	0,00	20,95	13,23	Concluída
P15-2	1080	15/10/2015	Fundação	21,55	0,00	0,00	21,55	13,23	Concluída
P15-1	1080	16/10/2015	Fundação	21,55	0,00	0,00	21,55	13,23	Concluída
P12-1	1080	16/10/2015	Fundação	21,55	0,00	0,00	21,55	13,23	Concluída
P13_P11-4	1080	17/10/2015	Fundação	21,55	0,00	0,00	21,55	13,23	Concluída
P13_P11-5	1080	17/10/2015	Fundação	21,55	0,00	0,00	21,55	13,23	Concluída
				247,65	0,00	0,00	247,65	159,99	

** - Inclui sobreconsumo de 10%

Gestão do risco na construção de estacas moldadas e dúcteis cravadas e suas implicações económicas

Total S42		
Estacas de fundação	Estacas executadas (un)	11
	Estacas executadas (m)	247,65
	Média diária (m)	41,28
	Furação em solos (m)	247,65
	Carottier /Trado rocha (h)	0,000
	Carottier /Trado rocha (m)	0,00
Controlo de custos	Margem comercial	19,00%
	Margem de produção	13,43%
	Diferença entre margens, de produção e comercial	-5,57%

S43 de 19/10 a 20/10									
Estaca (Nº)	Diâmetro (mm)	Data execução	Tipo	Comprimento furado (m)	Furação seixos / rocha (m)	Furação seixos / rocha (h)	Furação solo (m)	Vol. betão ** (m³)	Estado
P12-2	1080	19/10/2015	Fundação	21,55	0,00	0,00	21,55	13,23	Concluída
P13_P11-6	1080	19/10/2015	Fundação	21,55	0,00	0,00	21,55	13,23	Concluída
P13_P11-1	1080	19/10/2015	Fundação	21,55	0,00	0,00	21,55	13,23	Concluída
P13_P11-2	1080	20/10/2015	Fundação	21,55	0,00	0,00	21,55	13,23	Concluída
P13_P11-3	1080	20/10/2015	Fundação	21,55	0,00	0,00	21,55	13,23	Concluída
				107,75	0,00	0,00	107,75	66,16	

** - Inclui sobreconsumo de 10%

Total S43		
Estacas de fundação	Estacas executadas (un)	5
	Estacas executadas (m)	107,75
	Média diária (m)	53,88
	Furação em solos (m)	107,75
	Carottier /Trado rocha (h)	0,000
	Carottier /Trado rocha (m)	0,00
Controlo de custos	Margem comercial	19,00%
	Margem de produção	-93,53%
	Diferença entre margens, de produção e comercial	-112,53%

Total geral		
Mobilização e desmobilização de equipamentos	Verba percentual do valor unitário	1,0
Cortina de estacas	Estacas executadas (un)	195
	Estacas executadas (m)	4944,80
	Média diária (m)	43,76
	Furação em solos (m)	4840,80
	Carottier /Trado rocha (h)	14,25
	Carottier /Trado rocha (m)	96,00
Estacas de fundação	Estacas executadas (un)	66
	Estacas executadas (m)	1953,10
	Média diária (m)	35,51
	Furação em solos (m)	1951,10
	Carottier /Trado rocha (h)	0,00
Controlo de custos	Carottier /Trado rocha (m)	2,00
	Margem comercial	19,00%
	Margem de produção	1,99%
	Diferença entre margens, de produção e comercial	-17,01%

A2.3 Centro de formação Benfica, Luanda

Projeto: Estacas

Obra: Centro de Formação Benfica

Ano: 2017

Total S42		
Mobilização e desmobilização de equipamentos	Verba percentual do valor unitário	0,7
Controlo de custos	Margem comercial	32,0%
	Margem de produção	68,4%
	Diferença entre margens, de produção e comercial	36,4%

S43 de 24/10 a 29/10									
(Nº)	Diâmetro (mm)	Data execução	Tipo	Comprimento Furado (m)	Furação seixos / rocha (m)	Furação seixos / rocha (h)	Furação solo (m)	Vol. betão ** (m³)	Estado
R1	620	24/10/2016	Reacção	14,00	0,00	0,00	14,00	4,86	Concluída
R2	620	25/10/2016	Reacção	14,00	0,00	0,00	14,00	4,86	Concluída
E17	620	25/10/2016	Fundação	16,80	0,00	0,00	16,80	5,83	Concluída
E1	620	26/10/2016	Fundação	14,80	0,00	0,00	14,80	5,14	Concluída
E7	620	27/10/2016	Fundação	16,80	0,00	0,00	16,80	6,01	Concluída
E19	620	28/10/2016	Fundação	16,80	0,00	0,00	16,80	5,83	Concluída
E6	620	28/10/2016	Fundação	16,80	0,00	0,00	16,80	5,83	Concluída
E18	620	29/10/2016	Fundação	16,80	0,00	0,00	16,80	5,83	Concluída
				126,80	0,00	0,00	126,80	44,20	

** - Inclui sobreconsumo de 15%

Total S43		
Estacas	Executadas (un)	8
	Executadas (m)	126,80
	Média diária (m)	21,13
	Furação em solos (m)	126,80
Controlo de custos	Margem comercial	32,0%
	Margem de produção	-5,4%
	Diferença entre margens, de produção e comercial	-37,3%

Gestão do risco na construção de estacas moldadas e dúcteis cravadas e suas implicações económicas

S44 de 31/10 a 05/11

(Nº)	Diâmetro (mm)	Data execução	Tipo	Comprimento Furado (m)	Furação seixos / rocha (m)	Furação seixos / rocha (h)	Furação solo (m)	Vol. betão ** (m³)	Estado
E2	620	31/10/2016	Fundação	14,80	0,00	0,00	14,80	5,14	Concluída
E20	620	31/10/2016	Fundação	16,80	0,00	0,00	16,80	5,83	Concluída
E3	620	31/10/2016	Fundação	14,80	0,00	0,00	14,80	5,14	Concluída
E21	620	01/11/2016	Fundação	16,80	1,00	1,00	15,80	5,83	Concluída
E4	620	01/11/2016	Fundação	14,80	0,00	0,00	14,80	5,14	Concluída
E22	620	03/11/2016	Fundação	16,80	0,00	0,00	16,80	5,83	Concluída
E12	620	03/11/2016	Fundação	16,80	0,00	0,00	16,80	5,83	Concluída
E23	620	04/11/2016	Fundação	16,80	0,00	0,00	16,80	5,83	Concluída
E11	620	04/11/2016	Fundação	16,80	0,00	0,00	16,80	5,83	Concluída
E8	620	04/11/2016	Fundação	16,80	0,00	0,00	16,80	5,83	Concluída
E9	620	04/11/2016	Fundação	16,80	0,00	0,00	16,80	5,83	Concluída
E24	620	05/11/2016	Fundação	16,80	0,00	0,00	16,80	5,83	Concluída
E10	620	05/11/2016	Fundação	16,80	0,00	0,00	16,80	5,83	Concluída
E5	620	05/11/2016	Fundação	14,80	0,00	0,00	14,80	5,14	Concluída
				227,20	1,00	1,00	226,20	78,88	

** - Inclui sobreconsumo de 15%

Total S44

Estacas	Executadas (un)	14
	Executadas (m)	227,20
	Média diária (m)	45,44
	Furação em solos (m)	226,20
	Carottier /Trado rocha	1,00
	Carottier /Trado rocha	1,00
Controlo de custos	Margem comercial	32,0%
	Margem de produção	10,4%
	Diferença entre margens, de produção e comercial	-21,5%

S45 de 07/11 a 12/11

(Nº)	Diâmetro (mm)	Data execução	Tipo	Comprimento Furado (m)	Furação seixos / rocha (m)	Furação seixos / rocha (h)	Furação solo (m)	Vol. betão ** (m³)	Estado
E13	620	07/11/2016	Fundação	16,80	0,00	0,00	16,80	5,83	Concluída
E25	620	07/11/2016	Fundação	16,80	0,00	0,00	16,80	5,83	Concluída
E14	620	07/11/2016	Fundação	16,80	0,00	0,00	16,80	5,83	Concluída
E26	620	08/11/2016	Fundação	16,80	0,00	0,00	16,80	5,83	Concluída
E15	620	08/11/2016	Fundação	16,80	0,00	0,00	16,80	5,83	Concluída
E27	620	08/11/2016	Fundação	16,80	0,00	0,00	16,80	5,83	Concluída
E16	620	08/11/2016	Fundação	16,80	0,00	0,00	16,80	5,83	Concluída
E32	620	09/11/2016	Fundação	14,80	0,00	0,00	14,80	5,14	Concluída
E31	620	09/11/2016	Fundação	14,80	0,00	0,00	14,80	5,14	Concluída
E28	620	09/11/2016	Fundação	14,80	0,00	0,00	14,80	5,14	Concluída
E29	620	09/11/2016	Fundação	14,80	0,00	0,00	14,80	5,14	Concluída
E34	620	10/11/2016	Fundação	14,80	0,00	0,00	14,80	5,14	Concluída
				191,60	0,00	0,00	191,60	66,52	

** - Inclui sobreconsumo de 15%

Total S45		
Estacas	Executadas (un)	12
	Executadas (m)	191,60
	Média diária (m)	47,90
	Furação em solos (m)	191,60
Controlo de custos	Margem comercial	32,0%
	Margem de produção	16,1%
	Diferença entre margens, de produção e comercial	-15,9%

Total geral		
Mobilização e desmobilização de equipamentos	Verba percentual do valor unitário	0,7
Estacas	Executadas (un)	34
	Executadas (m)	545,60
	Média diária (m)	36,37
	Furação em solos (m)	544,60
	Carottier /Trado rocha	1,00
	Carottier /Trado rocha	1,00
Controlo de custos	Margem comercial	32,0%
	Margem de produção	26,9%
	Diferença entre margens, de produção e comercial	-5,0%

A2.4 Viaduto na Deolinda Rodrigues, Luanda

Projeto: Estacas

Obra: **Viaduto Deolinda Rodrigues**

Ano: 2017

Total S4		
Mobilização e desmobilização de equipamentos	Verba percentual do valor unitário	0,1
Controlo de custos	Margem comercial	30,1%
	Margem de produção	35,6%
	Diferença entre margens, de produção e comercial	5,4%

Total S5		
Mobilização e desmobilização de equipamentos	Verba percentual do valor unitário	0,0
Controlo de custos	Margem comercial	30,1%
	Margem de produção	-430,5%
	Diferença entre margens, de produção e comercial	-460,6%

Gestão do risco na construção de estacas moldadas e dúcteis cravadas e suas implicações económicas

Total S6		
Mobilização e desmobilização de equipamentos	Verba percentual do valor unitário	0,2
Controlo de custos	Margem comercial	30,1%
	Margem de produção	40,9%
	Diferença entre margens, de produção e comercial	10,8%

S7 de 13/02 a 18/02

Estaca (Nº)	Técnica	Diâmetro (mm)	Data execução	Comprimento furado (m)	Furação seixos / rocha (m)	Furação seixos / rocha (h)	Furação solo (m)	Vol. betão ** (m³)	Estado
P1-1	Bentonite	800	18/02/2017	26,54	0,00	0,00	26,54	14,58	concluída
				26,54	0,00	0,00	26,54	14,58	

** - Inclui sobreconsumo de 15%

Total S7		
Mobilização e desmobilização de equipamentos	Verba percentual do valor unitário	0,4
Estacas	Executadas (un)	1
	Executadas (m)	26,54
	Média diária (m)	17,69
	Furação em solos (m)	26,54
	Carottier /Trado rocha (h)	0,00
	Carottier /Trado rocha (m)	0,00
Controlo de custos	Margem comercial	30,1%
	Margem de produção	33,4%
	Diferença entre margens, de produção e comercial	3,3%

S8 de 20/02 a 25/02

Estaca (Nº)	Técnica	Diâmetro (mm)	Data execução	Comprimento furado (m)	Furação seixos / rocha (m)	Furação seixos / rocha (h)	Furação solo (m)	Vol. betão ** (m³)	Estado
P2-1	Bentonite	800	21/02/2017	26,51	0,00	0,00	26,51	14,57	concluída
P1-2	Bentonite	800	21/02/2017	26,58	0,70	0,50	25,88	14,61	concluída
P1-7	Bentonite	800	22/02/2017	26,60	1,00	0,67	25,60	14,62	concluída
P2-2	Bentonite	800	22/02/2017	26,51	0,00	0,00	26,51	14,57	concluída
P2-8	Bentonite	800	23/02/2017	26,52	1,40	1,00	25,12	14,57	concluída
P1-8	Bentonite	800	23/02/2017	26,63	1,60	0,67	25,03	14,63	concluída
P2-10	Bentonite	800	24/02/2017	26,58	1,00	0,17	25,58	14,61	concluída
P3-1	Bentonite	800	25/02/2017	27,04	0,90	0,33	26,14	14,86	concluída
P2-7	Bentonite	800	25/02/2017	26,54	0,70	0,33	25,84	14,58	concluída
				239,51	7,30	3,67	232,21	131,61	

** - Inclui sobreconsumo de 15%

Total S8		
Estacas	Executadas (un)	9
	Executadas (m)	239,51
	Média diária (m)	43,55
	Furação em solos (m)	232,21
	Carottier /Trado rocha (h)	3,67
	Carottier /Trado rocha (m)	7,30
Controlo de custos	Margem comercial	30,1%
	Margem de produção	39,7%
	Diferença entre margens, de produção e comercial	9,5%

Apêndice 2 – Dados de produção das empreitadas

S9 de 27/02 a 04/03									
Estaca (Nº)	Técnica	Diâmetro (mm)	Data execução	Comprimento furado (m)	Furação seixos / rocha (m)	Furação seixos / rocha (h)	Furação solo (m)	Vol. betão ** (m³)	Estado
P3-7	Bentonite	800	27/02/2017	27,06	1,00	0,50	26,06	14,87	concluída
P2-12	Bentonite	800	27/02/2017	26,52	1,00	0,33	25,52	14,57	concluída
P3-10	Bentonite	800	01/03/2017	27,08	1,00	0,50	26,08	14,88	concluída
P2-9	Bentonite	800	01/03/2017	26,52	0,80	0,33	25,72	14,57	concluída
P4-10	Bentonite	800	02/03/2017	26,51	1,30	0,75	25,21	14,57	concluída
P4-2	Bentonite	800	02/03/2017	26,57	2,90	1,25	23,67	14,60	concluída
E1-5	Bentonite	800	03/03/2017	26,61	1,00	0,58	25,61	14,62	concluída
E1-12	Bentonite	800	03/03/2017	26,58	1,50	1,00	25,08	14,61	concluída
P4-9	Bentonite	800	04/03/2017	26,51	2,20	1,00	24,31	14,57	concluída
P4-1	Bentonite	800	04/03/2017	26,50	2,10	1,25	24,40	14,56	concluída
				266,46	14,80	7,50	251,66	146,42	

** - Inclui sobreconsumo de 15%

Total S9		
Estacas	Executadas (un)	10
	Executadas (m)	266,46
	Média diária (m)	59,21
	Furação em solos (m)	251,66
	Carottier /Trado rocha (h)	7,50
	Carottier /Trado rocha (m)	14,80
Controlo de custos	Margem comercial	30,1%
	Margem de produção	46,0%
	Diferença entre margens, de produção e comercial	15,9%

S10 de 06/03 a 11/03									
Estaca (Nº)	Técnica	Diâmetro (mm)	Data execução	Comprimento furado (m)	Furação seixos / rocha (m)	Furação seixos / rocha (h)	Furação solo (m)	Vol. betão ** (m³)	Estado
E1-6	Bentonite	800	06/03/2017	26,62	1,00	0,75	25,62	14,63	concluída
E1-11	Bentonite	800	06/03/2017	26,58	0,80	0,58	25,78	14,61	concluída
P4-11	Bentonite	800	07/03/2017	26,51	0,80	0,75	25,71	14,57	concluída
P2-11	Bentonite	800	07/03/2017	26,50	0,80	0,75	25,70	14,56	concluída
E1-10	Bentonite	800	09/03/2017	26,60	0,80	1,00	25,80	14,62	concluída
P3-12	Bentonite	800	09/03/2017	27,07	0,80	0,75	26,27	14,88	concluída
P4-7	Bentonite	800	10/03/2017	26,60	1,00	1,00	25,60	14,62	concluída
E1-7	Bentonite	800	10/03/2017	26,60	0,70	0,58	25,90	14,62	concluída
P3-11	Bentonite	800	10/03/2017	27,07	0,80	0,67	26,27	14,88	concluída
P4-12	Bentonite	800	11/03/2017	26,51	0,70	0,67	25,81	14,57	concluída
				266,66	8,20	7,50	258,46	146,53	

** - Inclui sobreconsumo de 15%

Total S10		
Mobilização e desmobilização de equipamentos	Verba percentual do valor unitário	0,5
Estacas	Executadas (un)	10
	Executadas (m)	266,66
	Média diária (m)	59,26
	Furação em solos (m)	258,46
	Carottier /Trado rocha (h)	7,50
	Carottier /Trado rocha (m)	8,20
Controlo de custos	Margem comercial	30,1%
	Margem de produção	48,4%
	Diferença entre margens, de produção e comercial	18,3%

Gestão do risco na construção de estacas moldadas e dúcteis cravadas e suas implicações económicas

S11 de 13/03 a 18/03

Estaca (Nº)	Técnica	Diâmetro (mm)	Data execução	Comprimento furado (m)	Furação seixos / rocha (m)	Furação seixos / rocha (h)	Furação solo (m)	Vol. betão ** (m³)	Estado
P5-12	Bentonite	800	13/03/2017	26,29	0,00	0,00	26,29	14,45	concluída
P5-1	Bentonite	800	13/03/2017	26,89	0,00	0,00	26,89	14,78	concluída
P5-7	Bentonite	800	13/03/2017	26,39	0,00	0,00	26,39	14,50	concluída
P5-11	Bentonite	800	14/03/2017	26,27	0,00	0,00	26,27	14,44	concluída
P5-2	Bentonite	800	14/03/2017	26,76	0,00	0,00	26,76	14,70	concluída
P5-8	Bentonite	800	14/03/2017	26,29	0,00	0,00	26,29	14,45	concluída
P1-3	Entubada	800	14/03/2017	26,55	0,00	0,00	26,55	14,59	concluída
P5-9	Bentonite	800	15/03/2017	26,34	0,00	0,00	26,34	14,47	concluída
P3-2	Bentonite	800	15/03/2017	27,04	1,20	0,58	25,84	14,86	concluída
P2-6	Entubada	800	15/03/2017	26,53	0,00	0,00	26,53	14,58	concluída
P4-8	Bentonite	800	16/03/2017	26,51	0,70	0,58	25,81	14,57	concluída
P5-10	Bentonite	800	16/03/2017	26,37	0,00	0,00	26,37	14,49	concluída
P1-6	Entubada	800	16/03/2017	26,62	0,70	0,25	25,92	14,63	concluída
P3-9	Bentonite	800	17/03/2017	27,07	0,80	0,67	26,27	14,88	concluída
P1-12	Bentonite	800	17/03/2017	26,04	0,00	0,00	26,04	14,31	concluída
P2-3	Entubada	800	17/03/2017	26,50	0,80	0,67	25,70	14,56	concluída
P3-8	Bentonite	800	18/03/2017	27,07	0,80	0,58	26,27	14,88	concluída
P1-9	Bentonite	800	18/03/2017	26,02	0,00	0,00	26,02	14,30	concluída
P1-4	Entubada	800	18/03/2017	26,55	0,00	0,00	26,55	14,59	concluída
				504,10	5,00	3,33	499,10	277,01	

** - Inclui sobreconsumo de 15%

Total S11		
Mobilização e desmobilização de equipamentos	Verba percentual do valor unitário	0,2
Estacas	Executadas (un)	19
	Executadas (m)	504,10
	Média diária total (m)	91,65
	Furação em solos - bentonite (m)	367,85
	Média diária - bentonite (m)	66,88
	Furação em solos - entubadas (m)	131,25
	Média diária - entubadas (m)	29,17
	Carottier /Trado rocha (h)	3,33
	Carottier /Trado rocha (m)	5,00
Controlo de custos	Margem comercial	30,1%
	Margem de produção	52,6%
	Diferença entre margens, de produção e comercial	22,5%

S12 de 20/03 a 25/03

Estaca (Nº)	Técnica	Diâmetro (mm)	Data execução	Comprimento furado (m)	Furação seixos / rocha (m)	Furação seixos / rocha (h)	Furação solo (m)	Vol. betão ** (m³)	Estado
P2-5	Bentonite	800	20/03/2017	26,54	0,40	0,17	26,14	14,58	concluída
P1-10	Bentonite	800	20/03/2017	26,07	0,00	0,00	26,07	14,33	concluída
P5-6	Entubada	800	20/03/2017	26,34	0,00	0,00	26,34	14,47	concluída
P1-11	Bentonite	800	21/03/2017	25,99	0,00	0,00	25,99	14,28	concluída
E1-9	Bentonite	800	21/03/2017	26,63	1,10	0,50	25,53	14,63	concluída
P5-3	Entubada	800	21/03/2017	26,68	0,00	0,00	26,68	14,66	concluída
E1-8	Bentonite	800	22/03/2017	26,61	1,00	0,50	25,61	14,62	concluída
P5-5	Entubada	800	22/03/2017	26,48	0,00	0,00	26,48	14,55	concluída
P5-4	Entubada	800	23/03/2017	26,58	0,00	0,00	26,58	14,61	concluída
P1-5	Entubada	800	24/03/2017	26,49	0,30	0,17	26,19	14,56	concluída
P2-4	Entubada	800	24/03/2017	26,51	0,00	0,00	26,51	14,57	concluída
P3-3	Entubada	800	25/03/2017	27,04	0,00	0,00	27,04	14,86	concluída
E1-1	Entubada	800	25/03/2017	26,66	0,00	0,00	26,66	14,65	concluída
				344,62	2,80	1,33	341,82	189,37	

** - Inclui sobreconsumo de 15%

Total S12		
Estacas	Executadas (un)	13
	Executadas (m)	344,62
	Média diária total (m)	62,66
	Furação em solos - bentonite (m)	129,34
	Média diária - bentonite (m)	23,52
	Furação em solos - entubadas (m)	212,48
	Média diária - entubadas (m)	38,63
	Carottier /Trado rocha (h)	1,33
	Carottier /Trado rocha (m)	2,80
Controlo de custos	Margem comercial	30,1%
	Margem de produção	37,1%
	Diferença entre margens, de produção e comercial	7,0%

Apêndice 2 – Dados de produção das empreitadas

S13 de 27/03 a 01/04

Estaca (Nº)	Técnica	Diâmetro (mm)	Data execução	Comprimento furado (m)	Furação seixos / rocha (m)	Furação seixos / rocha (h)	Furação solo (m)	Vol. betão ** (m³)	Estado
P4-3	Entubada	800	27/03/2017	26,51	1,40	0,75	25,11	14,57	concluída
E1-2	Entubada	800	27/03/2017	26,66	0,00	0,00	26,66	14,65	concluída
P3-5	Entubada	800	28/03/2017	27,05	0,00	0,00	27,05	14,86	concluída
E1-3	Entubada	800	28/03/2017	26,76	1,00	1,00	25,76	14,70	concluída
P4-6	Entubada	800	29/03/2017	26,51	2,00	1,50	24,51	14,57	concluída
E1-4	Entubada	800	29/03/2017	26,75	1,20	1,00	25,55	14,70	concluída
P3-6	Entubada	800	30/03/2017	27,07	1,20	1,00	25,87	14,88	concluída
P4-4	Entubada	800	30/03/2017	26,51	1,00	1,00	25,51	14,57	concluída
P3-4	Entubada	800	30/03/2017	27,05	0,00	0,00	27,05	14,86	concluída
P4-5	Entubada	800	31/03/2017	26,51	0,80	0,50	25,71	14,57	concluída
				267,38	8,60	6,75	258,78	146,93	

** - Inclui sobreconsumo de 15%

Total S13		
Estacas	Executadas (un)	10
	Executadas (m)	267,38
	Média diária total (m)	48,61
	Furação em solos - bentonite (m)	0,00
	Média diária - bentonite (m)	0,00
	Furação em solos - entubadas (m)	258,78
	Média diária - entubadas (m)	47,05
	Carottier /Trado rocha (h)	6,75
	Carottier /Trado rocha (m)	8,60
Controlo de custos	Margem comercial	30,1%
	Margem de produção	30,6%
	Diferença entre margens, de produção e comercial	0,5%

S14 de 03/04 a 08/04

Estaca (Nº)	Técnica	Diâmetro (mm)	Data execução	Comprimento furado (m)	Furação seixos / rocha (m)	Furação seixos / rocha (h)	Furação solo (m)	Vol. betão ** (m³)	Estado
P7-6	Entubada	800	03/04/2017	26,57	0,00	0,00	26,57	14,60	concluída
P7-3	Entubada	800	05/04/2017	26,55	0,00	0,00	26,55	14,59	concluída
P8-3	Entubada	800	05/04/2017	26,84	0,00	0,00	26,84	14,75	concluída
P7-5	Entubada	800	06/04/2017	26,58	0,00	0,00	26,58	14,61	concluída
P8-6	Entubada	800	06/04/2017	27,04	0,00	0,00	27,04	14,86	concluída
P6-3	Entubada	800	06/04/2017	26,57	0,00	0,00	26,57	14,60	concluída
P6-9	Bentonite	800	06/04/2017	26,67	0,00	0,00	26,67	14,66	concluída
P7-4	Entubada	800	07/04/2017	26,54	0,00	0,00	26,54	14,58	concluída
P6-6	Entubada	800	07/04/2017	26,47	0,00	0,00	26,47	14,55	concluída
P8-4	Entubada	800	08/04/2017	26,94	0,00	0,00	26,94	14,80	concluída
P6-4	Entubada	800	08/04/2017	26,60	0,00	0,00	26,60	14,62	concluída
				293,37	0,00	0,00	293,37	161,21	

** - Inclui sobreconsumo de 15%

Total S14		
Estacas	Executadas (un)	11
	Executadas (m)	293,37
	Média diária total (m)	59,42
	Furação em solos - bentonite (m)	26,67
	Média diária - bentonite (m)	5,93
	Furação em solos - entubadas (m)	266,70
	Média diária - entubadas (m)	59,27
	Carottier /Trado rocha (h)	0,00
	Carottier /Trado rocha (m)	0,00
Controlo de custos	Margem comercial	30,1%
	Margem de produção	26,3%
	Diferença entre margens, de produção e comercial	-3,8%

Gestão do risco na construção de estacas moldadas e dúcteis cravadas e suas implicações económicas

S15 de 10/04 a 15/04									
Estaca (Nº)	Técnica	Diâmetro (mm)	Data execução	Comprimento furado (m)	Furação seixos / rocha (m)	Furação seixos / rocha (h)	Furação solo (m)	Vol. betão ** (m³)	Estado
P9-3	Entubada	800	10/04/2017	26,51	0,00	0,00	26,51	14,57	concluída
P8-5	Entubada	800	10/04/2017	27,04	0,00	0,00	27,04	14,86	concluída
P6-11	Bentonite	800	10/04/2017	26,54	0,00	0,00	26,54	14,58	concluída
P6-1	Bentonite	800	10/04/2017	26,60	0,00	0,00	26,60	14,62	concluída
P9-5	Entubada	800	11/04/2017	26,51	0,00	0,00	26,51	14,57	concluída
P10-3	Entubada	800	11/04/2017	26,50	0,00	0,00	26,50	14,56	concluída
P9-4	Entubada	800	12/04/2017	26,47	0,00	0,00	26,47	14,55	concluída
P10-6	Entubada	800	12/04/2017	26,58	0,00	0,00	26,58	14,61	concluída
E2-3	Entubada	800	13/04/2017	27,05	0,00	0,00	27,05	14,86	concluída
P10-4	Entubada	800	13/04/2017	26,55	0,00	0,00	26,55	14,59	concluída
P6-5	Entubada	800	13/04/2017	26,60	0,00	0,00	26,60	14,62	concluída
P6-12	Bentonite	800	13/04/2017	26,62	0,00	0,00	26,62	14,63	concluída
P9-6	Entubada	800	14/04/2017	26,51	0,00	0,00	26,51	14,57	concluída
P7-11	Bentonite	800	14/04/2017	26,57	0,00	0,00	26,57	14,60	concluída
				372,65	0,00	0,00	372,65	204,78	

** - Inclui sobreconsumo de 15%

Total S15		
Estacas de fundação	Estacas executadas (un)	14
	Estacas executadas (m)	372,65
	Média diária total (m)	82,81
	Furação em solos - bentonite (m)	106,33
	Média diária - bentonite (m)	23,63
	Furação em solos - entubadas (m)	266,32
	Média diária - entubadas (m)	59,18
	Carottier /Trado rocha (h)	0,00
	Carottier /Trado rocha (m)	0,00
Controlo de custos	Margem comercial	30,1%
	Margem de produção	41,6%
	Diferença entre margens, de produção e comercial al	11,5%

Apêndice 2 – Dados de produção das empreitadas

S16 de 17/04 a 22/04									
Estaca (Nº)	Técnica	Diâmetro (mm)	Data execução	Comprimento furado (m)	Furação seixos / rocha (m)	Furação seixos / rocha (h)	Furação solo (m)	Vol. betão ** (m³)	Estado
P10-5	Entubada	800	17/04/2017	26,64	0,00	0,00	26,64	14,64	concluída
E2-6	Entubada	800	17/04/2017	27,12	0,00	0,00	27,12	14,90	concluída
P7-1	Bentonite	800	17/04/2017	26,54	0,00	0,00	26,54	14,58	concluída
P7-10	Bentonite	800	17/04/2017	26,59	0,00	0,00	26,59	14,61	concluída
E2-4	Entubada	800	18/04/2017	27,07	0,00	0,00	27,07	14,88	concluída
P8-10	Bentonite	800	18/04/2017	27,32	0,00	0,00	27,32	15,01	concluída
P7-2	Bentonite	800	18/04/2017	26,56	0,00	0,00	26,56	14,60	concluída
E2-5	Entubada	800	19/04/2017	27,09	0,00	0,00	27,09	14,89	concluída
P10-9	Bentonite	800	19/04/2017	26,64	0,00	0,00	26,64	14,64	concluída
P7-7	Bentonite	800	19/04/2017	26,46	0,00	0,00	26,46	14,54	concluída
P7-12	Bentonite - entubada	800	19/04/2017	26,59	0,00	0,00	26,59	14,61	concluída
E2-12	Bentonite - entubada	800	20/04/2017	27,12	0,00	0,00	27,12	14,90	concluída
P10-12	Bentonite - entubada	800	20/04/2017	26,67	0,00	0,00	26,67	14,66	concluída
P8-9	Bentonite - entubada	800	20/04/2017	27,13	0,00	0,00	27,13	14,91	concluída
P7-9	Bentonite - entubada	800	20/04/2017	26,57	0,00	0,00	26,57	14,60	concluída
E2-7	Bentonite - entubada	800	21/04/2017	27,01	0,00	0,00	27,01	14,84	concluída
P10-7	Bentonite - entubada	800	21/04/2017	26,51	0,00	0,00	26,51	14,57	concluída
P8-1	Bentonite - entubada	800	21/04/2017	26,95	0,00	0,00	26,95	14,81	concluída
P8-11	Bentonite - entubada	800	21/04/2017	27,32	0,00	0,00	27,32	15,01	concluída
E2-10	Bentonite - entubada	800	22/04/2017	26,90	0,00	0,00	26,90	14,78	concluída
P7-8	Bentonite - entubada	800	22/04/2017	26,57	0,00	0,00	26,57	14,60	concluída
				563,37	0,00	0,00	563,37	309,58	

** - Inclui sobreconsumo de 15%

Total S16		
Estacas	Executadas (un)	21
	executadas (m)	563,37
	Média diária total (m)	102,43
	Furação em solos - bentonite (m)	455,45
	Média diária - bentonite (m)	82,81
	Furação em solos - entubadas (m)	107,92
	Média diária - entubadas (m)	19,62
	Carottier /Trado rocha (h)	0,00
	Carottier /Trado rocha (m)	0,00
Controlo de custos	Margem comercial	30,1%
	Margem de produção	54,5%
	Diferença entre margens, de produção e comercial	24,4%

Gestão do risco na construção de estacas moldadas e dúcteis cravadas e suas implicações económicas

S17 de 24/04 a 29/04									
Estaca (Nº)	Técnica	Diâmetro (mm)	Data execução	Comprimento furado (m)	Furação seixos / rocha (m)	Furação seixos / rocha (h)	Furação solo (m)	Vol. betão ** (m³)	Estado
P10-10	Bentonite - entubada	800	24/04/2017	26,68	0,00	0,00	26,68	14,66	concluída
E2-9	Bentonite - entubada	800	24/04/2017	27,08	0,00	0,00	27,08	14,88	concluída
P8-7	Bentonite - entubada	800	24/04/2017	27,05	0,00	0,00	27,05	14,86	concluída
P8-12	Bentonite - entubada	800	24/04/2017	27,25	0,00	0,00	27,25	14,97	concluída
P10-8	Bentonite - entubada	800	25/04/2017	26,58	0,00	0,00	26,58	14,61	concluída
E2-8	Bentonite - entubada	800	25/04/2017	27,00	0,00	0,00	27,00	14,84	concluída
P8-2	Bentonite - entubada	800	25/04/2017	26,94	0,00	0,00	26,94	14,80	concluída
P9-2	Bentonite - entubada	800	25/04/2017	26,46	0,00	0,00	26,46	14,54	concluída
E2-11	Bentonite - entubada	800	26/04/2017	26,95	0,00	0,00	26,95	14,81	concluída
P8-8	Bentonite - entubada	800	26/04/2017	27,05	0,00	0,00	27,05	14,86	concluída
P9-7	Bentonite - entubada	800	26/04/2017	26,42	0,00	0,00	26,42	14,52	concluída
P10-11	Bentonite - entubada	800	27/04/2017	26,66	0,00	0,00	26,66	14,65	concluída
P9-8	Bentonite - entubada	800	27/04/2017	26,56	0,00	0,00	26,56	14,60	concluída
P6-7	Bentonite - entubada	800	27/04/2017	26,49	0,00	0,00	26,49	14,56	concluída
P6-10	Bentonite - entubada	800	27/04/2017	26,57	0,00	0,00	26,57	14,60	concluída
P9-1	Bentonite - entubada	800	28/04/2017	26,50	0,00	0,00	26,50	14,56	concluída
P6-2	Bentonite - entubada	800	28/04/2017	26,60	0,00	0,00	26,60	14,62	concluída
P6-8	Bentonite - entubada	800	29/04/2017	26,68	0,00	0,00	26,68	14,66	concluída
				481,52	0,00	0,00	481,52	264,60	

** - Inclui sobreconsumo de 15%

Total S17		
Estacas	Executadas (un)	18
	Executadas (m)	481,52
	Média diária total (m)	87,55
	Furação em solos - bentonite (m)	481,52
	Média diária - bentonite (m)	87,55
	Furação em solos - entubadas (m)	0,00
	Média diária - entubadas (m)	0,00
	Carottier /Trado rocha (h)	0,00
	Carottier /Trado rocha (m)	0,00
Controlo de custos	Margem comercial	30,1%
	Margem de produção	41,1%
	Diferença entre margens, de produção e comercial	11,0%

Apêndice 2 – Dados de produção das empreitadas

S18 de 01/05 a 06/05									
Estaca (Nº)	Técnica	Diâmetro (mm)	Data execução	Comprimento furado (m)	Furação seixos / rocha (m)	Furação seixos / rocha (h)	Furação solo (m)	Vol. betão ** (m³)	Estado
P10-1	Bentonite - entubada	800	02/05/2017	26,51	0,00	0,00	26,51	14,57	concluída
P10-2	Bentonite - entubada	800	03/05/2017	26,52	0,00	0,00	26,52	14,57	concluída
E2-2	Bentonite - entubada	800	04/05/2017	27,05	0,00	0,00	27,05	14,86	concluída
P9-11	Bentonite - entubada	800	05/05/2017	26,67	0,00	0,00	26,67	14,66	concluída
E2-1	Bentonite - entubada	800	05/05/2017	27,02	0,00	0,00	27,02	14,85	concluída
P9-10	Bentonite - entubada	800	06/05/2017	26,61	0,00	0,00	26,61	14,62	concluída
				160,38	0,00	0,00	160,38	88,13	

** - Inclui sobreconsumo de 15%

Total S18		
Estacas	executadas (un)	6
	Executadas (m)	160,38
	Média diária total (m)	35,64
	Furação em solos - bentonite (m)	160,38
	Média diária - bentonite (m)	35,64
	Furação em solos - entubadas (m)	0,00
	Média diária - entubadas (m)	0,00
	Carottier /Trado rocha (h)	0,00
	Carottier /Trado rocha (m)	0,00
Controlo de custos	Margem comercial	30,1%
	Margem de produção	6,5%
	Diferença entre margens, de produção e comercial	-23,7%

S19 de 08/05 a 13/05									
Estaca (Nº)	Técnica	Diâmetro (mm)	Data execução	Comprimento furado (m)	Furação seixos / rocha (m)	Furação seixos / rocha (h)	Furação solo (m)	Vol. betão ** (m³)	Estado
P9-9	Bentonite - entubada	800	08/05/2017	26,67	0,00	0,00	26,67	14,66	concluída
P9-12	Bentonite - entubada	800	08/05/2017	26,62	0,00	0,00	26,62	14,63	concluída
				53,29	0,00	0,00	53,29	29,28	

** - Inclui sobreconsumo de 15%

Total S19		
Mobilização e desmobilização de equipamentos	Verba percentual do valor unitário	0,6
Estacas	Executadas (un)	2
	Executadas (m)	53,29
	Média diária total (m)	53,29
	Furação em solos - bentonite (m)	53,29
	Média diária - bentonite (m)	53,29
	Furação em solos - entubadas (m)	0,00
	Média diária - entubadas (m)	0,00
	Carottier /Trado rocha (h)	0,00
	Carottier /Trado rocha (m)	0,00
Controlo de custos	Margem comercial	30,1%
	Margem de produção	-14,7%
	Diferença entre margens, de produção e comercial	-44,8%

Total geral		
Mobilização e desmobilização de equipamentos	Verba percentual do valor unitário	2,0
Estacas	Executadas (un)	144
	Executadas (m)	3839,85
	Média diária total (m)	66,20
	Furação em solos - bentonite (m)	2549,70
	Média diária - bentonite (m)	43,96
	Furação em solos - entubadas (m)	1243,45
	Média diária - entubadas (m)	35,03
	Carottier /Trado rocha (h)	30,08
	Carottier /Trado rocha (m)	46,70
Controlo de custos	Margem comercial	30,1%
	Margem de produção	39,0%
	Diferença entre margens, de produção e comercial	8,9%

A2.5 Igreja Talatona, Luanda

Projeto: Estacas
Obra: Igreja de Talatona
Ano: 2017

S20 de 15/05 e 20/05									
Estaca (Nº)	Técnica	Diâmetro (mm)	Data execução	Comprimento furado (m)	Furação seixos/rocha (m)	Furação seixos/rocha (h)	Furação solo (m)	Vol. betão ** (m³)	Estado
89	Entubada	800	16/05/2017	17,00	0,00	0,00	17,00	11,89	concluída
107	Entubada	800	16/05/2017	17,00	0,00	0,00	17,00	11,89	concluída
142	Entubada	800	16/05/2017	13,00	0,00	0,00	13,00	9,09	concluída
31	Entubada	800	17/05/2017	10,00	0,00	0,00	10,00	6,99	concluída
37	Entubada	800	18/05/2017	10,00	0,00	0,00	10,00	6,99	concluída
145	Entubada	800	18/05/2017	13,00	0,00	0,00	13,00	9,09	concluída
121	Entubada	800	18/05/2017	17,00	0,00	0,00	17,00	11,89	concluída
117	Entubada	800	19/05/2017	17,00	0,00	0,00	17,00	11,89	concluída
125	Entubada	800	19/05/2017	17,00	0,00	0,00	17,00	11,89	concluída
30	Entubada	800	19/05/2017	11,50	0,00	0,00	11,50	8,04	concluída
28	Entubada	800	20/05/2017	11,50	0,00	0,00	11,50	8,04	concluída
36	Entubada	800	20/05/2017	11,50	0,00	0,00	11,50	8,04	concluída
				165,50	0,00	0,00	165,50	115,76	

** - Inclui sobreconsumo de 15%

Total S20		
Mobilização e desmobilização de equipamentos	Verba percentual do valor unitário	0,7
Estacas	Executadas (un)	12
	Executadas (m)	165,50
	Média diária (m)	36,78
	Furação em solos (m)	165,50
	Carottier /Trado rocha (h)	0,00
	Carottier /Trado rocha (m)	0,00
Controlo de custos	Margem comercial	34,0%
	Margem de produção	50,8%
	Diferença entre margens, de produção e comercial	16,9%

Apêndice 2 – Dados de produção das empreitadas

S21 de 22/05 e 27/05

Estaca (Nº)	Técnica	Diâmetro (mm)	Data execução	Comprimento furado (m)	Furação seixos/rocha (m)	Furação seixos/rocha (h)	Furação solo (m)	Vol. betão ** (m³)	Estado
29	Entubada	800	22/05/2017	11,50	0,00	0,00	11,50	8,04	concluída
35	Entubada	800	22/05/2017	11,50	0,00	0,00	11,50	8,04	concluída
34	Entubada	800	22/05/2017	11,50	0,00	0,00	11,50	8,04	concluída
109	Entubada	800	23/05/2017	17,00	0,00	0,00	17,00	11,89	concluída
124	Entubada	800	23/05/2017	17,00	0,00	0,00	17,00	11,89	concluída
111	Entubada	800	23/05/2017	17,00	0,00	0,00	17,00	11,89	concluída
108	Entubada	800	24/05/2017	17,00	0,00	0,00	17,00	11,89	concluída
120	Entubada	800	24/05/2017	17,00	0,00	0,00	17,00	11,89	concluída
112	Entubada	800	25/05/2017	17,00	0,00	0,00	17,00	11,89	concluída
				136,50	0,00	0,00	136,50	95,47	

** - Inclui sobreconsumo de 15%

Total S21		
Mobilização e desmobilização de equipamentos	Verba percentual do valor unitário	0,0
Estacas	Executadas (un)	9
	Executadas (m)	136,50
	Média diária (m)	34,13
	Furação em solos (m)	136,50
	Carottier /Trado rocha (h)	0,00
	Carottier /Trado rocha (m)	0,00
Controlo de custos	Margem comercial	34,0%
	Margem de produção	-25,9%
	Diferença entre margens, de produção e comercial	-59,8%

S22 de 29/05 e 03/06

Estaca (Nº)	Técnica	Diâmetro (mm)	Data execução	Comprimento furado (m)	Furação seixos/rocha (m)	Furação seixos/rocha (h)	Furação solo (m)	Vol. betão ** (m³)	Estado
115	Entubada	800	01/06/2017	17,00	0,00	0,00	17,00	11,89	concluída
116	Entubada	800	01/06/2017	17,00	0,00	0,00	17,00	11,89	concluída
94	Bentonite	800	02/06/2017	17,00	0,00	0,00	17,00	9,34	concluída
103	Bentonite	800	02/06/2017	17,00	0,00	0,00	17,00	9,34	concluída
130	Bentonite	800	02/06/2017	13,00	0,00	0,00	13,00	7,14	concluída
97	Bentonite	800	02/06/2017	17,00	0,00	0,00	17,00	9,34	concluída
139	Bentonite	800	02/06/2017	13,00	0,00	0,00	13,00	7,14	concluída
100	Bentonite	800	03/06/2017	17,00	0,00	0,00	17,00	9,34	concluída
131	Bentonite	800	03/06/2017	13,00	0,00	0,00	13,00	7,14	concluída
122	Bentonite	800	03/06/2017	13,00	0,00	0,00	13,00	7,14	concluída
				154,00	0,00	0,00	154,00	89,72	

** - Inclui sobreconsumo de 15%

Gestão do risco na construção de estacas moldadas e dúcteis cravadas e suas implicações económicas

Total S22		
Estacas	Executadas (un)	10
	Executadas (m)	154,00
	Média diária (m)	28,00
	Furação em solos (m)	154,00
	Carottier /Trado rocha (h)	0,00
	Carottier /Trado rocha (m)	0,00
Controlo de custos	Margem comercial	34,0%
	Margem de produção	5,5%
	Diferença entre margens, de produção e comercial	-28,5%

S23 de 05/06 e 10/06									
Estaca (Nº)	Técnica	Diâmetro (mm)	Data execução	Comprimento furado (m)	Furação seixos/rocha (m)	Furação seixos/rocha (h)	Furação solo (m)	Vol. betão ** (m³)	Estado
96	Bentonite	800	05/06/2017	17,00	0,00	0,00	17,00	9,34	concluída
144	Bentonite	800	05/06/2017	13,00	0,00	0,00	13,00	7,14	concluída
95	Bentonite	800	05/06/2017	17,00	0,00	0,00	17,00	9,34	concluída
138	Bentonite	800	05/06/2017	13,00	0,00	0,00	13,00	7,14	concluída
143	Bentonite	800	05/06/2017	13,00	0,00	0,00	13,00	7,14	concluída
205	Bentonite	800	06/06/2017	17,00	0,00	0,00	17,00	9,34	concluída
219	Bentonite	800	06/06/2017	16,00	0,00	0,00	16,00	8,79	concluída
186	Bentonite	800	06/06/2017	15,00	0,00	0,00	15,00	8,24	concluída
210	Bentonite	800	06/06/2017	16,00	0,00	0,00	16,00	8,79	concluída
208	Bentonite	800	06/06/2017	16,00	0,00	0,00	16,00	8,79	concluída
209	Bentonite	800	07/06/2017	16,00	0,00	0,00	16,00	8,79	concluída
204	Bentonite	800	07/06/2017	16,00	0,00	0,00	16,00	8,79	concluída
212	Bentonite	800	07/06/2017	16,00	0,00	0,00	16,00	8,79	concluída
211	Bentonite	800	07/06/2017	16,00	0,00	0,00	16,00	8,79	concluída
206	Bentonite	800	07/06/2017	16,00	0,00	0,00	16,00	8,79	concluída
187	Bentonite	800	08/06/2017	16,00	0,00	0,00	16,00	8,79	concluída
178	Bentonite	800	08/06/2017	16,00	0,00	0,00	16,00	8,79	concluída
189	Bentonite	800	08/06/2017	16,00	0,00	0,00	16,00	8,79	concluída
185	Bentonite	800	08/06/2017	16,00	0,00	0,00	16,00	8,79	concluída
179	Bentonite	800	08/06/2017	16,00	0,00	0,00	16,00	8,79	concluída
175	Bentonite	800	08/06/2017	16,00	0,00	0,00	16,00	8,79	concluída
177	Bentonite	800	09/06/2017	16,00	0,00	0,00	16,00	8,79	concluída
190	Bentonite	800	09/06/2017	16,00	0,00	0,00	16,00	8,79	concluída
				361,00	0,00	0,00	361,00	198,37	

** - Inclui sobreconsumo de 15%

Total S23		
Mobilização e desmobilização de equipamentos	Verba percentual do valor unitário	0,15
Estacas	Executadas (un)	23
	Executadas (m)	361,00
	Média diária (m)	72,20
	Furação em solos (m)	361,00
	Carottier /Trado rocha (h)	0,00
	Carottier /Trado rocha (m)	0,00
Controlo de custos	Margem comercial	34,0%
	Margem de produção	37,1%
	Diferença entre margens, de produção e comercial	3,2%

Total S24		
Mobilização e desmobilização de equipamentos	Verba percentual do valor unitário	0,15
Controlo de custos	Margem comercial	34,0%
	Margem de produção	23,8%
	Diferença entre margens, de produção e comercial	-10,2%

Total geral		
Mobilização e desmobilização de equipamentos	Verba percentual do valor unitário	1,00
Estacas	Executadas (un)	54
	Executadas com revestimento (m)	336,00
	Executadas a bentonite (m)	481,00
	Média diária total revestidas (m)	35,37
	Média diária total a bentonite(m)	43,73
	Furação em solos	817,00
	Carottier /Trado rocha (h)	0,00
	Carottier /Trado rocha (m)	0,00
Controlo de custos	Margem comercial	34,0%
	Margem de produção	29,2%
	Diferença entre margens, de produção e comercial	-4,8%

A2.6 Ponte metálica da Boavista, Luanda

Projeto: Estacas

Obra: **Ponte Metálica da Boavista**

Ano: 2017

Total S23		
Mobilização e desmobilização de equipamentos	Quantidade percentual do valor unitário	0,4
Controlo de custos	Margem comercial	24,0%
	Margem de produção	58,4%
	Diferença entre margens, de produção e comercial	34,4%

S 24 de 12/06 a 17/06									
Estaca (Nº)	Técnica	Diâmetro (mm)	Data Execução	Comprimento Furado (m)	Furação seixos / rocha (m)	Furação seixos / rocha (h)	Furação Solo (m)	Vol. Betão ** (m³)	Estado
P1-1	Entubada	1080	16/06/2017	23,61	0,80	1,00	22,81	28,11	concluída
				23,61	0,80	1,00	22,81	28,11	

** - Inclui sobreconsumo de 15%

Gestão do risco na construção de estacas moldadas e dúcteis cravadas e suas implicações económicas

Total S24		
Mobilização e desmobilização de equipamentos	Quantidade percentual do valor unitário	0,3
Estacas	Executadas (un)	1
	Executadas (m)	23,607
	Média diária (m)	9,443
	Furação em solos (m)	22,807
	Carottier /Trado rocha (m)	0,80
	Carottier /Trado rocha (horas)	1,00
	Períodos de imobilização (horas)	0,00
	Períodos de imobilização (turno)	1,00
Controlo de custos	Margem comercial	24,0%
	Margem de produção	20,9%
	Diferença entre margens, de produção e comercial	-3,1%

S 25 de 19/06 a 24/06

Estaca (Nº)	Técnica	Diâmetro (mm)	Data Execução	Comprimento Furado (m)	Furação seixos / rocha (m)	Furação seixos / rocha (h)	Furação Solo (m)	Vol. Betão ** (m³)	Estado
P1-5	Entubada	1080	19/06/2017	23,61	1,40	1,00	22,21	28,11	concluída
P2-4	Entubada	1080	20/06/2017	23,41	1,20	1,00	22,21	28,11	concluída
P1-3	Entubada	1080	20/06/2017	23,61	1,70	1,00	21,91	28,11	concluída
P1-4	Entubada	1080	21/06/2017	23,61	0,60	1,00	23,01	28,11	concluída
P2-6	Entubada	1080	22/06/2017	23,41	0,00	1,00	23,41	28,11	concluída
P1-2	Entubada	1080	23/06/2017	23,61	0,60	1,00	23,01	28,11	concluída
				141,25	5,50	6,00	135,75	168,65	

** - Inclui sobreconsumo de 15%

Total S25		
Estacas	Executadas (un)	6
	Executadas (m)	141,246
	Média diária (m)	25,681
	Furação em solos (m)	135,746
	Carottier /Trado rocha (m)	5,50
	Carottier /Trado rocha (horas)	6,00
	Períodos de imobilização (horas)	0,00
	Períodos de imobilização (turno)	0,50
Controlo de custos	Margem comercial	24,0%
	Margem de produção	26,4%
	Diferença entre margens, de produção e comercial	2,4%

S 26 de 26/06 a 01/07

Estaca (Nº)	Técnica	Diâmetro (mm)	Data Execução	Comprimento Furado (m)	Furação seixos / rocha (m)	Furação seixos / rocha (h)	Furação Solo (m)	Vol. Betão ** (m³)	Estado
P2-2	Entubada	1080	26/06/2017	23,41	0,00	1,00	23,41	28,11	concluída
P1-6	Entubada	1080	26/06/2017	23,61	0,80	1,00	22,81	28,11	concluída
P3-1	Entubada	1080	27/06/2017	22,40	0,00	1,00	22,40	28,11	concluída
P3-6	Entubada	1080	28/06/2017	22,40	2,80	1,00	19,60	28,11	concluída
P2-5	Entubada	1080	28/06/2017	23,41	0,00	1,00	23,41	28,11	concluída
P2-1	Entubada	1080	29/06/2017	23,41	0,00	1,00	23,41	28,11	concluída
P3-2	Entubada	1080	29/06/2017	22,40	0,80	1,00	21,60	28,11	concluída
P2-3	Entubada	1080	30/06/2017	23,41	0,90	1,00	22,51	28,11	concluída
P4-1	Entubada	1080	01/07/2017	22,04	0,90	1,00	21,14	28,11	concluída
				206,48	6,20	9,00	200,28	252,97	

** - Inclui sobreconsumo de 15%

Apêndice 2 – Dados de produção das empreitadas

Total S26		
Estacas	Executadas (un)	9
	Executadas (m)	206,475
	Média diária (m)	37,541
	Furação em solos (m)	200,275
	Carottier /Trado rocha (m)	6,20
	Carottier /Trado rocha (horas)	9,00
	Períodos de imobilização (horas)	0,00
	Períodos de imobilização (turno)	0,125
Controlo de custos	Margem comercial	24,0%
	Margem de produção	34,9%
	Diferença entre margens, de produção e comercial	10,9%

S 27 de 03/07 a 08/07

Estaca (Nº)	Técnica	Diâmetro (mm)	Data Execução	Comprimento Furado (m)	Furação seixos / rocha (m)	Furação seixos / rocha (h)	Furação Solo (m)	Vol. Betão ** (m³)	Estado
P3-5	Entubada	1080	03/07/2017	22,40	0,80	1,00	21,60	28,11	concluída
P4-4	Entubada	1080	03/07/2017	22,04	0,00	1,00	22,04	28,11	concluída
P3-4	Entubada	1080	04/07/2017	22,40	0,00	1,00	22,40	28,11	concluída
P3-3	Entubada	1080	04/07/2017	22,40	0,90	1,00	21,50	28,11	concluída
P4-2	Entubada	1080	05/07/2017	22,04	0,60	1,00	21,44	28,11	concluída
P4-6	Entubada	1080	06/07/2017	22,04	0,80	1,00	21,24	28,11	concluída
P5-5	Entubada	1080	07/07/2017	22,56	1,10	1,00	21,46	28,11	concluída
P4-5	Entubada	1080	07/07/2017	22,04	0,00	1,00	22,04	28,11	concluída
P5-2	Entubada	1080	08/07/2017	22,56	0,00	1,00	22,56	28,11	concluída
				200,46	4,20	9,00	196,26	252,97	

** - Inclui sobreconsumo de 15%

Total S27		
Estacas	Executadas (un)	9
	Executadas (m)	200,462
	Média diária (m)	36,448
	Furação em solos (m)	196,262
	Carottier /Trado rocha (m)	4,20
	Carottier /Trado rocha (horas)	9,00
	Períodos de imobilização (horas)	0,00
	Períodos de imobilização (turno)	0,00
Controlo de custos	Margem comercial	24,0%
	Margem de produção	36,7%
	Diferença entre margens, de produção e comercial	12,7%

S 28 entre 10/07 a 15/07

Estaca (Nº)	Técnica	Diâmetro (mm)	Data Execução	Comprimento Furado (m)	Furação seixos / rocha (m)	Furação seixos / rocha (h)	Furação Solo (m)	Vol. Betão ** (m³)	Estado
P4-3	Entubada	1080	10/07/2017	22,04	0,00	1,00	22,04	28,11	concluída
P6-5	Entubada	1080	11/07/2017	23,14	0,00	1,00	23,14	28,11	concluída
P5-4	Entubada	1080	11/07/2017	22,56	1,10	1,00	21,46	28,11	concluída
P6-2	Entubada	1080	13/07/2017	23,14	0,50	1,00	22,64	28,11	concluída
P5-3	Entubada	1080	13/07/2017	22,56	0,00	1,00	22,56	28,11	concluída
P6-3	Entubada	1080	14/07/2017	23,14	0,55	1,00	22,59	28,11	concluída
P5-1	Entubada	1080	14/07/2017	22,56	0,00	1,00	22,56	28,11	concluída
P6-4	Entubada	1080	15/07/2017	23,14	0,45	1,00	22,69	28,11	concluída
				182,28	2,60	8,00	179,68	224,86	

** - Inclui sobreconsumo de 15%

Gestão do risco na construção de estacas moldadas e dúcteis cravadas e suas implicações económicas

Total S28		
Estacas	Executadas (un)	8
	Executadas (m)	182,28
	Média diária (m)	33,142
	Furação em solos (m)	179,68
	Carottier /Trado rocha (m)	2,60
	Carottier /Trado rocha (horas)	8,00
	Períodos de imobilização (horas)	0,00
	Períodos de imobilização (turno)	0,00
Controlo de custos	Margem comercial	24,0%
	Margem de produção	43,2%
	Diferença entre margens, de produção e comercial	19,2%

S 29 de 17/07 a 22/07

Estaca (Nº)	Técnica	Diâmetro (mm)	Data Execução	Comprimento Furado (m)	Furação seixos / rocha (m)	Furação seixos / rocha (h)	Furação Solo (m)	Vol. Betão ** (m³)	Estado
P6-6	Entubada	1080	17/07/2017	23,14	0,85	1,00	22,29	28,11	concluída
P5-6	Entubada	1080	18/07/2017	22,56	0,00	1,00	22,56	28,11	concluída
P6-1	Entubada	1080	18/07/2017	23,14	0,85	1,00	22,29	28,11	concluída
P10-2	Entubada	1080	20/07/2017	22,49	0,00	1,00	22,49	28,11	concluída
P9-5	Entubada	1080	20/07/2017	22,65	0,65	1,00	22,00	28,11	concluída
P10-5	Entubada	1080	21/07/2017	22,49	1,00	1,00	21,49	28,11	concluída
P9-6	Entubada	1080	22/07/2017	22,65	0,00	1,00	22,65	28,11	concluída
				159,13	3,35	7,00	155,78	196,76	

** - Inclui sobreconsumo de 15%

Total S29		
Estacas	Executadas (un)	7
	Executadas (m)	159,134
	Média diária (m)	28,933
	Furação em solos (m)	155,784
	Carottier /Trado rocha (m)	3,35
	Carottier /Trado rocha (horas)	7,00
	Períodos de imobilização (horas)	0,00
	Períodos de imobilização (turno)	0,00
Controlo de custos	Margem comercial	24,0%
	Margem de produção	24,4%
	Diferença entre margens, de produção e comercial	0,4%

S 30 de 24/07 a 29/07

Estaca (Nº)	Técnica	Diâmetro (mm)	Data Execução	Comprimento Furado (m)	Furação seixos / rocha (m)	Furação seixos / rocha (h)	Furação Solo (m)	Vol. Betão ** (m³)	Estado
P10-4	Entubada	1080	24/07/2017	22,49	0,00	1,00	22,49	28,11	concluída
P9-4	Entubada	1080	24/07/2017	22,65	0,00	1,00	22,65	28,11	concluída
P10-6	Entubada	1080	25/07/2017	22,49	0,00	1,00	22,49	28,11	concluída
P9-2	Entubada	1080	26/07/2017	22,65	0,00	1,00	22,65	28,11	concluída
P10-3	Entubada	1080	26/07/2017	22,49	0,00	1,00	22,49	28,11	concluída
P9-3	Entubada	1080	28/07/2017	22,65	0,00	1,00	22,65	28,11	concluída
P10-1	Entubada	1080	28/07/2017	22,49	0,00	1,00	22,49	28,11	concluída
P9-1	Entubada	1080	29/07/2017	22,65	0,00	1,00	22,65	28,11	concluída
				180,58	0,00	8,00	180,58	224,86	

** - Inclui sobreconsumo de 15%

Apêndice 2 – Dados de produção das empreitadas

Total S30		
Estacas	Executadas (un)	8
	Executadas (m)	180,584
	Média diária (m)	32,833
	Furação em solos (m)	180,584
	Carottier /Trado rocha (m)	0,00
	Carottier /Trado rocha (horas)	8,00
	Períodos de imobilização (horas)	0,00
	Períodos de imobilização (turno)	0,00
Controlo de custos	Margem comercial	24,0%
	Margem de produção	45,2%
	Diferença entre margens, de produção e comercial	21,2%

S 31 de 31/07 a 05/08

Estaca (Nº)	Técnica	Diâmetro (mm)	Data Execução	Comprimento Furado (m)	Furação seixos / rocha (m)	Furação seixos / rocha (h)	Furação Solo (m)	Vol. Betão ** (m³)	Estado
P8-5	Entubada	1080	31/07/2017	21,68	0,00	1,00	21,68	28,11	concluída
P7-2	Entubada	1080	01/08/2017	23,01	0,50	1,00	22,51	28,11	concluída
P8-6	Entubada	1080	01/08/2017	21,68	0,00	1,00	21,68	28,11	concluída
P7-5	Entubada	1080	02/08/2017	23,01	0,70	1,00	22,31	28,11	concluída
P8-4	Entubada	1080	03/08/2017	21,68	0,00	1,00	21,68	28,11	concluída
P7-6	Entubada	1080	03/08/2017	23,01	0,00	1,00	23,01	28,11	concluída
P8-2	Entubada	1080	04/08/2017	21,68	0,00	1,00	21,68	28,11	concluída
P7-1	Entubada	1080	05/08/2017	23,01	0,00	1,00	23,01	28,11	concluída
				178,77	1,20	8,00	177,57	224,86	

** - Inclui sobreconsumo de 15%

Total S31		
Estacas	Executadas (un)	8
	Executadas (m)	178,768
	Média diária (m)	32,503
	Furação em solos (m)	177,568
	Carottier /Trado rocha (m)	1,20
	Carottier /Trado rocha (horas)	8,00
	Períodos de imobilização (horas)	0,00
	Períodos de imobilização (turno)	0,00
Controlo de custos	Margem comercial	24,0%
	Margem de produção	42,0%
	Diferença entre margens, de produção e comercial	18,0%

S 32 de 07/08 a 12/08

Estaca (Nº)	Técnica	Diâmetro (mm)	Data Execução	Comprimento Furado (m)	Furação seixos / rocha (m)	Furação seixos / rocha (h)	Furação Solo (m)	Vol. Betão ** (m³)	Estado
P8-1	Entubada	1080	07/08/2017	21,68	0,00	1,00	21,68	28,11	concluída
P7-4	Entubada	1080	09/08/2017	23,01	0,00	1,00	23,01	28,11	concluída
P8-3	Entubada	1080	09/08/2017	21,68	0,00	1,00	21,68	28,11	concluída
P7-3	Entubada	1080	10/08/2017	23,01	0,00	1,00	23,01	28,11	concluída
				89,38	0,00	4,00	89,38	112,43	

** - Inclui sobreconsumo de 15%

Total S32		
Mobilização e desmobilização de equipamentos	Quantidade percentual do valor unitário	0,15
Estacas	Executadas (un)	4
	Executadas (m)	89,384
	Média diária (m)	22,346
	Furação em solos (m)	89,384
	Carottier /Trado rocha (m)	0,00
	Carottier /Trado rocha (horas)	4,00
	Períodos de imobilização (horas)	0,00
	Períodos de imobilização (turno)	0,00
Controlo de custos	Margem comercial	24,0%
	Margem de produção	16,4%
	Diferença entre margens, de produção e comercial	-7,6%

Total S33		
Mobilização e desmobilização de equipamentos	Quantidade percentual do valor unitário	0,15
Controlo de custos	Margem comercial	24,0%
	Margem de produção	-27,4%
	Diferença entre margens, de produção e comercial	-51,4%

Total geral		
Mobilização e desmobilização de equipamentos	Quantidade percentual do valor unitário	1
Estacas	Executadas (un)	60
	Executadas (m)	1361,940
	Média diária total (m)	30,265
	Furação em solos (m)	1338,090
	Carottier /Trado rocha (m)	23,85
	Carottier /Trado rocha (horas)	60,00
	Períodos de imobilização (horas)	0,00
	Períodos de imobilização (turno)	1,625
Controlo de custos	Margem comercial	24,0%
	Margem de produção	33,9%
	Diferença entre margens, de produção e comercial	9,9%

A2.7 Viaduto da Corimba, Luanda

Projeto: Estacas

Obra: **Viaduto da Corimba**

Ano: 2018

Total S35		
Mobilização e desmobilização de equipamentos	Verba percentual do valor unitário	0,6
Controlo de custos	Margem comercial	20,0%
	Margem de produção	29,3%
	Diferença entre margens, de produção e comercial	9,3%

Apêndice 2 – Dados de produção das empreitadas

S37 de 10/09 a 16/09									
Estaca (Nº)	Técnica	Diâmetro (mm)	Data execução	Comprimento furado (m)	Furação seixos / rocha (m)	Furação seixos / rocha (h)	Furação solo (m)	Vol. betão ** (m³)	Estado
P21	Entubada	880	12/09/2018	18,00	0,00	0,50	18,00	12,59	concluída
P18	Entubada	880	13/09/2018	18,00	0,00	0,00	18,00	12,59	concluída
P19	Entubada	880	14/09/2018	18,00	0,00	0,33	18,00	12,59	concluída
P22	Entubada	880	15/10/2018	18,00	0,30	0,50	17,70	12,59	concluída
				72,00	0,30	1,33	71,70	50,35	

** - Inclui sobreconsumo de 15%

Total S37		
Estacas	Executadas (un)	4
	Executadas (m)	72,00
	Média diária (m)	18,00
	Furação em solos (m)	71,70
	Carottier /Trado rocha (h)	1,33
	Carottier /Trado rocha (m)	0,30
Controlo de custos	Margem comercial	20,0%
	Margem de produção	15,0%
	Diferença entre margens, de produção e comercial	-5,0%

S38 de 17/09 a 23/09									
Estaca (Nº)	Técnica	Diâmetro (mm)	Data execução	Comprimento furado (m)	Furação seixos / rocha (m)	Furação seixos / rocha (h)	Furação solo (m)	Vol. betão ** (m³)	Estado
P23	Entubado	880	18/09/2018	19,00	0,50	0,42	18,58	13,29	concluída
P24	Entubado	880	19/09/2018	18,00	0,40	0,50	17,50	12,59	concluída
P20	Entubado	880	20/09/2018	24,00	0,40	0,50	23,50	16,78	concluída
P17	Entubado	880	22/09/2018	30,00	0,00	0,00	30,00	20,98	concluída
				91,00	1,30	1,42	89,58	63,64	

** - Inclui sobreconsumo de 15%

Total S38		
Estacas	Executadas (un)	4
	Executadas (m)	91,00
	Média diária (m)	22,75
	Furação em solos (m)	89,58
	Carottier /Trado rocha (h)	1,42
	Carottier /Trado rocha (m)	1,30
Controlo de custos	Margem comercial	20,0%
	Margem de produção	29,9%
	Diferença entre margens, de produção e comercial	9,9%

S39 de 24/09 a 30/09									
Estaca (Nº)	Técnica	Diâmetro (mm)	Data execução	Comprimento furado (m)	Furação seixos / rocha (m)	Furação seixos / rocha (h)	Furação solo (m)	Vol. betão ** (m³)	Estado
P1	Entubado	880	26/09/2018	21,00	0,00	0,00	21,00	14,69	concluída
P3	Entubado	880	27/09/2018	22,00	0,00	0,00	22,00	15,38	concluída
P4	Entubado	880	28/09/2018	23,00	0,00	0,00	23,00	16,08	concluída
				66,00	0,00	0,00	66,00	46,16	

** - Inclui sobreconsumo de 15%

Gestão do risco na construção de estacas moldadas e dúcteis cravadas e suas implicações económicas

Total S39		
Estacas	Executadas (un)	3
	Executadas (m)	66,00
	Furação em solos (m)	66,00
	Média diária (m)	22,00
	Carottier /Trado rocha (h)	0,00
	Carottier /Trado rocha (m)	0,00
Controlo de custos	Margem comercial	20,0%
	Margem de produção	58,1%
	Diferença entre margens, de produção e comercial	38,1%

S40 de 01/10 a 07/10									
Estaca (Nº)	Técnica	Diâmetro (mm)	Data execução	Comprimento furado (m)	Furação seixos / rocha (m)	Furação seixos / rocha (h)	Furação solo (m)	Vol. betão ** (m³)	Estado
P2	Entubado	880	01/10/2018	22,00	0,00	0,00	22,00	15,38	concluída
				22,00	0,00	0,00	22,00	15,38	

** - Inclui sobreconsumo de 15%

Total S40		
Estacas de fundação	Executadas (un)	1
	Executadas (m)	22,00
	Furação em solos (m)	22,00
	Média diária (m)	4,40
	Carottier /Trado rocha (h)	0,00
	Carottier /Trado rocha (m)	0,00
Controlo de custos	Margem comercial	20,0%
	Margem de produção	23,0%
	Diferença entre margens, de produção e comercial	3,0%

S41 de 08/10 a 14/10									
Estaca (Nº)	Técnica	Diâmetro (mm)	Data execução	Comprimento furado (m)	Furação seixos / rocha (m)	Furação seixos / rocha (h)	Furação solo (m)	Vol. betão ** (m³)	Estado
PA8	Entubado	880	11/10/2018	35,00	0,00	0,00	35,00	24,48	concluída
PA6	Entubado	880	12/10/2018	35,00	0,20	0,33	34,80	24,48	concluída
				70,00	0,20	0,33	69,80	48,95	

** - Inclui sobreconsumo de 15%

Total S41		
Estacas	Executadas (un)	2
	Executadas (m)	70,00
	Furação em solos (m)	70,00
	Média diária (m)	35,00
	Carottier /Trado rocha (h)	0,33
	Carottier /Trado rocha (m)	0,20
Controlo de custos	Margem comercial	20,0%
	Margem de produção	-6,1%
	Diferença entre margens, de produção e comercial	-26,1%

Apêndice 2 – Dados de produção das empreitadas

S42 de 15/10 a 21/10

Estaca (Nº)	Técnica	Diâmetro (mm)	Data execução	Comprimento furado (m)	Furação seixos / rocha (m)	Furação seixos / rocha (h)	Furação solo (m)	Vol. betão ** (m³)	Estado
PA3	Entubado	880	15/10/2018	33,00	0,00	0,00	33,00	23,08	concluída
PA7	Entubado	880	17/10/2018	32,00	0,60	0,50	31,40	22,38	concluída
PA1extra	Entubado	880	18/10/2018	33,00	0,00	0,00	33,00	23,08	concluída
				98,00	0,60	0,50	97,40	68,53	

** - Inclui sobreconsumo de 15%

Total S42		
Estacas	Executadas (un)	3
	Executadas (m)	98,00
	Furação em solos (m)	98,00
	Média diária (m)	32,67
	Carottier /Trado rocha (h)	0,50
	Carottier /Trado rocha (m)	0,60
Controlo de custos	Margem comercial	20,0%
	Margem de produção	26,3%
	Diferença entre margens, de produção e comercial	6,3%

S43 de 22/10 a 28/10

Estaca (Nº)	Técnica	Diâmetro (mm)	Data execução	Comprimento furado (m)	Furação seixos / rocha (m)	Furação seixos / rocha (h)	Furação solo (m)	Vol. betão ** (m³)	Estado
PA5	Entubado	880	21/10/2018	32,00	0,00	0,00	32,00	22,38	concluída
				32,00	0,00	0,00	32,00	22,38	

** - Inclui sobreconsumo de 15%

Total S43		
Estacas	Executadas (un)	1
	Executadas (m)	32,00
	Furação em solos (m)	32,00
	Média diária (m)	32,00
	Carottier /Trado rocha (h)	0,00
	Carottier /Trado rocha (m)	0,00
Controlo de custos	Margem comercial	20,0%
	Margem de produção	-85,0%
	Diferença entre margens, de produção e comercial	-105,0%

S46 de 12/11 e 18/11

Estaca (Nº)	Técnica	Diâmetro (mm)	Data execução	Comprimento furado (m)	Furação seixos / rocha (m)	Furação seixos / rocha (h)	Furação solo (m)	Vol. betão ** (m³)	Estado
P7	Bentonite	800	15/11/2018	17,20	0,00	0,00	17,20	9,94	concluída
P8	Bentonite	800	15/11/2018	16,10	0,00	0,00	16,10	9,30	concluída
P10	Bentonite	800	16/11/2018	20,60	0,00	0,00	20,60	11,91	concluída
P11	Bentonite	800	16/11/2018	21,15	0,00	0,00	21,15	12,22	concluída
P9	Bentonite	800	17/11/2018	21,10	0,00	0,00	21,10	12,19	concluída
P14	Bentonite	800	17/11/2018	23,10	0,15	0,17	22,93	13,35	concluída
				119,25	0,15	0,17	119,08	68,92	

** - Inclui sobreconsumo de 15%

Gestão do risco na construção de estacas moldadas e dúcteis cravadas e suas implicações económicas

Total S46		
Estacas	Executadas (un)	6
	Executadas (m)	119,25
	Furação em solos (m)	119,25
	Média diária (m)	39,75
	Carottier /Trado rocha (h)	0,17
	Carottier /Trado rocha (m)	0,15
Controlo de custos	Margem comercial	20,0%
	Margem de produção	10,9%
	Diferença entre margens, de produção e comercial	-9,1%

S47 entre 19/11 e 25/11									
Estaca (Nº)	Técnica	Diâmetro (mm)	Data execução	Comprimento furado (m)	Furação seixos / rocha (m)	Furação seixos / rocha (h)	Furação solo (m)	Vol. betão ** (m³)	Estado
P6	Bentonite	800	19/11/2018	16,20	0,20	0,17	16,00	9,36	concluída
P5	Bentonite	800	19/11/2018	16,30	0,00	0,17	16,30	9,42	concluída
P15	Bentonite	800	20/11/2018	22,70	0,00	0,50	22,70	13,12	concluída
P12	Bentonite	800	20/11/2018	20,70	0,00	0,17	20,70	11,96	concluída
Pa2	Bentonite	800	21/11/2018	31,70	0,00	0,33	31,70	18,32	concluída
				107,60	0,20	1,33	107,40	62,19	

** - Inclui sobreconsumo de 15%

Total S47		
Estacas	Executadas (un)	5
	Executadas (m)	107,60
	Furação em solos (m)	107,60
	Média diária (m)	35,87
	Carottier /Trado rocha (h)	1,33
	Carottier /Trado rocha (m)	107,40
Controlo de custos	Margem comercial	20,0%
	Margem de produção	3,0%
	Diferença entre margens, de produção e comercial	-17,0%

S48 entre 26/11 e 02/12									
Estaca (Nº)	Técnica	Diâmetro (mm)	Data execução	Comprimento furado (m)	Furação seixos / rocha (m)	Furação seixos / rocha (h)	Furação solo (m)	Vol. betão ** (m³)	Estado
P13	Bentonite	800	29/11/2018	22,90	0,00	0,17	22,90	13,23	concluída
				22,90	0,00	0,17	22,90	13,23	

** - Inclui sobreconsumo de 15%

Total S48		
Mobilização e desmobilização de equipamentos	Verba percentual do valor unitário	0,4
Estacas	Executadas (un)	1
	Executadas (m)	22,90
	Furação em solos (m)	22,90
	Média diária (m)	22,90
	Carottier /Trado rocha (h)	0,17
	Carottier /Trado rocha (m)	22,90
Controlo de custos	Margem comercial	20,0%
	Margem de produção	23,5%
	Diferença entre margens, de produção e comercial	3,5%

Total geral		
Mobilização e desmobilização de equipamentos	Verba percentual do valor unitário	1,0
Estacas	Executadas (un)	30
	Executadas (m)	701
	Média diária total (m)	27
	Furação em solos - bentonite (m)	250
	Estacas executadas - bentonite (m)	12
	Média diária - bentonite (m)	36
	Furação em solos - entubadas (m)	451
	Estacas executadas - entubadas	18
	Média diária - entubadas (m)	24
	Carottier /Trado rocha (h)	5,25
	Carottier /Trado rocha (m)	132,85
Controlo de custos	Margem comercial	20,0%
	Margem de produção	16,1%
	Diferença entre margens, de produção e comercial	-3,9%

A2.8 Viaduto do NAIL, Luanda

Projeto: Estacas

Obra: **Viaduto do NAIL**

Ano: 2018/2019

Total S41		
Controlo de custos	Margem comercial	24,0%
	Margem de produção	47,1%
	Diferença entre margens, de produção e comercial	23,1%

S42 de 15/10/18 a 20/10/18									
Estaca (N°)	Técnica	Diâmetro (mm)	Data execução	Comprimento furado (m)	Furação seixos / rocha (m)	Furação seixos / rocha (h)	Furação solo (m)	Vol. betão ** (m³)	Estado
A1-01	Bentonite	1180	18/10/2018	28,85	0,00	0,00	28,85	36,28	concluída
A1-02	Bentonite	1180	20/10/2018	28,87	0,20	0,17	28,67	36,30	concluída
A1-14	Bentonite	1180	19/10/2018	29,00	0,00	0,00	29,00	36,46	concluída
				86,72	0,20	0,17	86,52	109,04	

** - Inclui sobreconsumo de 15%

Total S42		
Estacas	Executadas (un)	3
	Executadas (m)	86,72
	Média diária (m)	28,91
	Furação em solos (m)	86,52
	Carottier /Trado rocha (h)	0,17
	Carottier /Trado rocha (m)	0,20
Controlo de custos	Margem comercial	24,0%
	Margem de produção	32,9%
	Diferença entre margens, de produção e comercial	8,9%

Gestão do risco na construção de estacas moldadas e dúcteis cravadas e suas implicações económicas

S43 de 22/10/18 a 27/10/18

Estaca (Nº)	Técnica	Diâmetro (mm)	Data execução	Comprimento furado (m)	Furação seixos / rocha (m)	Furação seixos / rocha (h)	Furação solo (m)	Vol. betão ** (m³)	Estado
A1-03	Bentonite	1180	27/10/2018	28,85	0,00	0,00	28,85	36,28	concluída
A1-09	Bentonite	1180	26/10/2018	28,95	0,00	0,00	28,95	36,40	concluída
A1-13	Bentonite	1180	24/10/2018	29,05	0,00	0,00	29,05	36,53	concluída
A1-19	Bentonite	1180	24/10/2018	28,80	0,00	0,00	28,80	36,21	concluída
				115,65	0,00	0,00	115,65	145,42	

** - Inclui sobreconsumo de 15%

Total S43		
Estacas	Executadas (un)	4
	Executadas (m)	115,65
	Média diária (m)	38,55
	Furação em solos (m)	115,65
	Carottier /Trado rocha (h)	0,00
	Carottier /Trado rocha (m)	0,00
Controlo de custos	Margem comercial	24,0%
	Margem de produção	50,4%
	Diferença entre margens, de produção e comercial	26,4%

S44 de 29/10/18 a 03/11/18

Estaca (Nº)	Técnica	Diâmetro (mm)	Data execução	Comprimento furado (m)	Furação seixos / rocha (m)	Furação seixos / rocha (h)	Furação solo (m)	Vol. betão ** (m³)	Estado
A1-17	Bentonite	1180	29/10/2018	28,89	0,00	0,00	28,89	36,33	concluída
A1-07	Bentonite	1180	30/10/2018	29,00	0,00	0,00	29,00	36,46	concluída
A1-11	Bentonite	1180	31/10/2018	29,00	0,00	0,00	29,00	36,46	concluída
A1-15	Bentonite	1180	01/11/2018	29,20	0,00	0,00	29,20	36,72	concluída
				116,09	0,00	0,00	116,09	145,97	

** - Inclui sobreconsumo de 15%

Total S44		
Estacas	Executadas (un)	4
	Executadas (m)	116,09
	Média diária (m)	29,02
	Furação em solos (m)	116,09
	Carottier /Trado rocha (h)	0,00
	Carottier /Trado rocha (m)	0,00
Controlo de custos	Margem comercial	24,0%
	Margem de produção	23,7%
	Diferença entre margens, de produção e comercial	-0,3%

Apêndice 2 – Dados de produção das empreitadas

S45 de 05/11/18 a 10/11/18

Estaca (Nº)	Técnica	Diâmetro (mm)	Data execução	Comprimento furado (m)	Furação seixos / rocha (m)	Furação seixos / rocha (h)	Furação solo (m)	Vol. betão ** (m³)	Estado
A1-20	Bentonite	1180	05/11/2018	29,00	0,00	0,00	29,00	36,46	concluída
A1-18	Bentonite	1180	06/11/2018	29,00	0,00	0,00	29,00	36,46	concluída
A1-05	Bentonite	1180	07/11/2018	29,00	0,00	0,00	29,00	36,46	concluída
A1-10	Bentonite	1180	07/11/2018	29,00	0,00	0,00	29,00	36,46	concluída
A1-21	Bentonite	1180	08/11/2018	29,00	0,00	0,00	29,00	36,46	concluída
A1-06	Bentonite	1180	08/11/2018	29,00	0,00	0,00	29,00	36,46	concluída
A1-12	Bentonite	1180	09/11/2018	29,10	0,00	0,00	29,10	36,59	concluída
A1-22	Bentonite	1180	09/11/2018	29,10	0,00	0,00	29,10	36,59	concluída
				232,20	0,00	0,00	232,20	291,97	

** - Inclui sobreconsumo de 15%

Total S45		
Estacas	Executadas (un)	8
	Executadas (m)	232,20
	Média diária total (m)	46,44
	Furação em solos (m)	232,20
	Média diária (m)	46,44
	Carottier /Trado rocha (h)	0,00
Controlo de custos	Carottier /Trado rocha (m)	0,00
	Margem comercial	24,0%
	Margem de produção	10,2%
	Diferença entre margens, de produção e comercial	-13,8%

S46 de 12/11/18 a 17/11/18

Estaca (Nº)	Técnica	Diâmetro (mm)	Data execução	Comprimento furado (m)	Furação seixos / rocha (m)	Furação seixos / rocha (h)	Furação solo (m)	Vol. betão ** (m³)	Estado
A1-16	Bentonite	1180	12/11/2018	29,00	0,00	0,00	29,00	36,46	concluída
A1-08	Bentonite	1180	13/11/2018	29,00	0,00	0,00	29,00	36,46	concluída
P1-01	Bentonite	1080	15/11/2018	23,70	0,00	0,00	23,70	29,80	concluída
P1-02	Bentonite	1080	16/11/2018	23,60	0,00	0,00	23,60	29,67	concluída
P1-05	Bentonite	1080	16/11/2018	23,60	0,00	0,00	23,60	29,67	concluída
				128,90	0,00	0,00	128,90	162,08	

** - Inclui sobreconsumo de 15%

Total S46		
Estacas	Executadas (un)	5
	Executadas (m)	128,90
	Furação em solos (m)	128,90
	Média diária(m)	32,23
	Carottier /Trado rocha (h)	0,00
	Carottier /Trado rocha (m)	0,00
Controlo de custos	Margem comercial	24,0%
	Margem de produção	56,1%
	Diferença entre margens, de produção e comercial	32,1%

Gestão do risco na construção de estacas moldadas e dúcteis cravadas e suas implicações económicas

S47 de 19/11/18 a 24/11/18

Estaca (Nº)	Técnica	Diâmetro (mm)	Data execução	Comprimento furado (m)	Furação seixos / rocha (m)	Furação seixos / rocha (h)	Furação solo (m)	Vol. betão ** (m³)	Estado
P1-06	Bentonite	1180	19/11/2018	23,50	0,00	0,00	23,50	29,55	concluída
P1-03	Bentonite	1180	19/11/2018	23,69	0,00	0,00	23,69	29,79	concluída
P1-07	Bentonite	1180	20/11/2018	23,60	0,00	0,00	23,60	29,67	concluída
P1-11	Bentonite	1180	20/11/2018	23,60	0,00	0,00	23,60	29,67	concluída
P1-04	Bentonite	1180	21/11/2018	23,40	0,00	0,00	23,40	29,42	concluída
P1-08	Bentonite	1180	21/11/2018	23,50	0,00	0,00	23,50	29,55	concluída
P1-12	Bentonite	1180	21/11/2018	23,50	0,00	0,00	23,50	29,55	concluída
P1-10	Bentonite	1180	22/11/2018	23,43	0,00	0,00	23,43	29,46	concluída
P1-09	Bentonite	1180	22/11/2018	23,70	0,00	0,00	23,70	29,80	concluída
				211,92	0,00	0,00	211,92	266,47	

** - Inclui sobreconsumo de 15%

Total S47

Estacas	Executadas (un)	9
	Executadas (m)	211,92
	Furação em solos (m)	211,92
	Média diária (m)	52,98
	Carottier /Trado rocha (h)	0,00
	Carottier /Trado rocha (m)	0,00
Controlo de custos	Margem comercial	24,0%
	Margem de produção	66,1%
	Diferença entre margens, de produção e comercial	42,1%

S48 de 26/11/18 a 01/12/18

Estaca (Nº)	Técnica	Diâmetro (mm)	Data execução	Comprimento furado (m)	Furação seixos / rocha (m)	Furação seixos / rocha (h)	Furação solo (m)	Vol. betão ** (m³)	Estado
P2-01	Bentonite	1080	26/11/2018	24,05	0,00	0,00	24,05	25,33	concluída
P2-05	Bentonite	1080	27/11/2018	24,03	0,00	0,00	24,03	25,31	concluída
P2-07	Bentonite	1080	27/11/2018	23,85	0,00	0,00	23,85	25,12	concluída
P2-02	Bentonite	1080	27/11/2018	23,79	0,00	0,00	23,79	25,06	concluída
P2-06	Bentonite	1080	28/11/2018	23,70	0,00	0,00	23,70	24,96	concluída
P2-08	Bentonite	1080	28/11/2018	24,10	0,00	0,00	24,10	25,38	concluída
P2-11	Bentonite	1080	29/11/2018	23,55	0,00	0,00	23,55	24,81	concluída
P2-03	Bentonite	1080	29/11/2018	23,80	0,00	0,00	23,80	25,07	concluída
P2-12	Bentonite	1080	29/11/2018	24,00	0,00	0,00	24,00	25,28	concluída
P2-04	Bentonite	1080	30/11/2018	24,10	0,00	0,00	24,10	25,38	concluída
P2-10	Bentonite	1080	30/11/2018	24,00	0,00	0,00	24,00	25,28	concluída
P2-09	Bentonite	1080	30/11/2018	24,00	0,00	0,00	24,00	25,28	concluída
				286,97	0,00	0,00	286,97	302,27	

** - Inclui sobreconsumo de 15%

Total S48

Estacas	Executadas (un)	12
	Executadas (m)	286,97
	Furação em solos (m)	286,97
	Média diária (m)	57,39
	Carottier /Trado rocha (h)	0,00
	Carottier /Trado rocha (m)	0,00
Controlo de custos	Margem comercial	24,0%
	Margem de produção	62,1%
	Diferença entre margens, de produção e comercial	38,1%

Apêndice 2 – Dados de produção das empreitadas

S49 de 03/12/18 a 08/12/18

Estaca (Nº)	Técnica	Diâmetro (mm)	Data execução	Comprimento furado (m)	Furação seixos / rocha (m)	Furação seixos / rocha (h)	Furação solo (m)	Vol. betão ** (m³)	Estado
A2-01	Bentonite	1180	04/12/2018	28,40	0,00	0,00	28,40	35,71	concluída
A2-14	Bentonite	1180	04/12/2018	28,60	0,00	0,00	28,60	35,96	concluída
A2-12	Bentonite	1180	05/12/2018	28,35	0,00	0,00	28,35	35,65	concluída
A2-16	Bentonite	1180	05/12/2018	28,30	0,00	0,00	28,30	35,58	concluída
A2-10	Bentonite	1180	07/12/2018	28,37	0,00	0,00	28,37	35,67	concluída
				142,02	0,00	0,00	142,02	178,57	

** - Inclui sobreconsumo de 15%

Total S49

Estacas	Executadas (un)	5
	Executadas (m)	142,02
	Furação em solos (m)	142,02
	Média diária (m)	47,34
	Carottier /Trado rocha (h)	0,00
	Carottier /Trado rocha (m)	0,00
Controlo de custos	Margem comercial	24,0%
	Margem de produção	59,6%
	Diferença entre margens, de produção e comercial	35,6%

S50 de 10/12 a 14/12

Estaca (Nº)	Técnica	Diâmetro (mm)	Data execução	Comprimento furado (m)	Furação seixos / rocha (m)	Furação seixos / rocha (h)	Furação solo (m)	Vol. betão ** (m³)	Estado
A2-19	Bentonite	1180	10/12/2018	28,40	0,00	0,00	28,40	35,71	concluída
A2-18	Bentonite	1180	10/12/2018	28,13	0,00	0,00	28,13	35,37	concluída
A2-21	Bentonite	1180	11/12/2018	28,32	0,00	0,00	28,32	35,61	concluída
A2-15	Bentonite	1180	11/12/2018	28,28	0,00	0,00	28,28	35,56	concluída
A2-12	Bentonite	1180	12/12/2018	28,10	0,00	0,00	28,10	35,33	concluída
A2-22	Bentonite	1180	12/12/2018	28,23	0,00	0,00	28,23	35,50	concluída
A2-20	Bentonite	1180	13/12/2018	28,26	0,00	0,00	28,26	35,53	concluída
A2-17	Bentonite	1180	14/12/2018	28,27	0,00	0,00	28,27	35,55	concluída
				225,99	0,00	0,00	225,99	284,16	

** - Inclui sobreconsumo de 15%

Total S50

Estacas	Executadas (un)	8
	Executadas (m)	225,99
	Furação em solos (m)	225,99
	Média diária (m)	45,20
	Carottier /Trado rocha (h)	0,00
	Carottier /Trado rocha (m)	0,00
Controlo de custos	Margem comercial	24,0%
	Margem de produção	53,1%
	Diferença entre margens, de produção e comercial	29,1%

Gestão do risco na construção de estacas moldadas e dúcteis cravadas e suas implicações económicas

S02 de 07/01/2019 a 13/01/2019

Estaca (Nº)	Técnica	Diâmetro (mm)	Data execução	Comprimento furado (m)	Furação seixos / rocha (m)	Furação seixos / rocha (h)	Furação solo (m)	Vol. betão ** (m³)	Estado
A2-9	Bentonite	1180	07/01/2019	28,00	0,00	0,00	28,00	35,21	concluída
A2-3	Bentonite	1180	08/01/2019	28,00	0,00	0,00	28,00	35,21	concluída
A2-5	Bentonite	1180	09/01/2019	28,00	0,00	0,00	28,00	35,21	concluída
A2-11	Bentonite	1180	09/01/2019	28,00	0,00	0,00	28,00	35,21	concluída
A2-7	Bentonite	1180	11/01/2019	28,00	0,00	0,00	28,00	35,21	concluída
A2-2	Bentonite	1180	11/01/2019	28,00	0,00	0,00	28,00	35,21	concluída
A2-8	Bentonite	1180	11/01/2019	28,00	0,00	0,00	28,00	35,21	concluída
A2-6	Bentonite	1180	12/01/2019	28,00	0,00	0,00	28,00	35,21	concluída
				224,00	0,00	0,00	224,00	281,66	

** - Inclui sobreconsumo de 15%

Total S02/2109		
Estacas	Executadas (un)	8
	Executadas (m)	224,00
	Furação em solos (m)	224,00
	Média diária (m)	44,80
	Carottier /Trado rocha (h)	0,00
	Carottier /Trado rocha (m)	0,00
Controlo de custos	Margem comercial	24,0%
	Margem de produção	61,7%
	Diferença entre margens, de produção e comercial	37,7%

S03 de 14/01/2019 a 15/01/2019

Estaca (Nº)	Técnica	Diâmetro (mm)	Data execução	Comprimento furado (m)	Furação seixos / rocha (m)	Furação seixos / rocha (h)	Furação solo (m)	Vol. betão ** (m³)	Estado
A2-4	Bentonite	1180	14/01/2019	28,00	0,00	0,00	28,00	35,21	concluída
				28,00	0,00	0,00	28,00	35,21	

** - Inclui sobreconsumo de 15%

Total S03/2019		
Estacas	Executadas (un)	1
	Executadas (m)	28,00
	Furação em solos (m)	28,00
	Média diária (m)	28,00
	Carottier /Trado rocha (h)	0,00
	Carottier /Trado rocha (m)	0,00
Controlo de custos	Margem comercial	24,0%
	Margem de produção	52,7%
	Diferença entre margens, de produção e comercial	28,7%

Total geral		
Estacas	Executadas (un)	67
	Executadas (m)	1798,46
	Média diária total (m)	41,82
	Carottier /Trado rocha (h)	0,17
	Carottier /Trado rocha (m)	0,20
Controlo de custos	Margem comercial	24,0%
	Margem de produção	49,2%
	Diferença entre margens, de produção e comercial	25,2%

A2.9 Viadutos sobre a Via Expressa, Luanda

Projeto: Estacas dúcteis cravadas não injetadas (NGBDP)

Obra: Viadutos sobre a Via expressa

Ano: 2017

S01 de 01/01 a 08/01						
Técnica	Diâmetro (mm)	Data execução	Quantidade (un)	Comprimento cravação (m)	Vol. betão ** (m³)	Estado
NGBDP	118	06/01/2017	7,00	132,90	1,20	concluídas
NGBDP	118	07/01/2017	9,00	166,70	1,50	concluídas
			16,00	299,60	2,70	

** considerando 8% de sobreconsumo

Total S01		
Mobilização e desmobilização de equipamentos	Verba percentual do valor unitário	1,000
Estacas NGBDP	Unidades	16
	Comprimento (m)	299,60
	Média diária (m)	149,80
Controlo de custos	Margem comercial	38,0%
	Margem de produção	76,2%
	Diferença entre margens, de produção e comercial	38,2%

S02 de 09/01 a 15/01						
Técnica	Diâmetro (mm)	Data execução	Quantidade (un)	Comprimento cravação (m)	Vol. betão ** (m³)	Estado
NGBDP	118	09/01/2017	8,00	158,90	1,43	concluídas
NGBDP	118	10/01/2017	6,00	106,70	0,96	concluídas
NGBDP	118	11/01/2017	8,00	142,80	1,28	concluídas
NGBDP	118	12/01/2017	8,00	166,60	1,50	concluídas
NGBDP	118	13/01/2017	6,00	122,10	1,10	concluídas
			36,00	697,10	6,27	

** considerando 8% de sobreconsumo

Gestão do risco na construção de estacas moldadas e dúcteis cravadas e suas implicações económicas

Total S02		
Estacas NGBDP	Unidades	36
	Comprimento (m)	697,10
	Média diária (m)	139,42
Controlo de custos	Margem comercial	38,0%
	Margem de produção	56,7%
	Diferença entre margens, de produção e comercial	18,7%

S03 de 16/01 a 22/01

Técnica	Diâmetro (mm)	Data execução	Quantidade (un)	Comprimento cravação (m)	Vol. betão ** (m³)	Estado
NGBDP	118	16/01/2017	10,00	92,00	0,83	concluídas
NGBDP	118	17/01/2017	10,00	97,90	0,88	concluídas
NGBDP	118	18/01/2017	7,00	87,20	0,78	concluídas
NGBDP	118	19/01/2017	4,00	48,80	0,44	concluídas
NGBDP	118	20/01/2017	5,00	60,20	0,54	concluídas
NGBDP	118	21/01/2017	3,00	34,80	0,31	concluídas
			39,00	420,90	3,79	

** considerando 8% de sobreconsumo

Total S03		
Estacas NGBDP	Unidades	39
	Comprimento (m)	420,90
	Média diária (m)	76,53
Controlo de custos	Margem comercial	38,0%
	Margem de produção	38,7%
	Diferença entre margens, de produção e comercial	0,7%

S04 de 23/01 a 29/01

Técnica	Diâmetro (mm)	Data execução	Quantidade (un)	Comprimento cravação (m)	Vol. betão ** (m³)	Estado
NGBDP	118	23/01/2017	13,00	144,70	5,23	concluídas
NGBDP	118	26/01/2017	5,00	118,60	1,07	concluídas
NGBDP	118	27/01/2017	14,00	318,90	2,87	concluídas
NGBDP	118	28/01/2017	7,00	117,70	1,06	concluídas
			39,00	699,90	10,22	

** considerando 8% de sobreconsumo

Total S04		
Estacas NGBDP	Unidades	39
	Comprimento (m)	699,90
	Média diária (m)	174,98
Controlo de custos	Margem comercial	38,0%
	Margem de produção	50,8%
	Diferença entre margens, de produção e comercial	12,8%

S05 de 30/01 a 05/02

Técnica	Diâmetro (mm)	Data execução	Quantidade (un)	Comprimento cravação (m)	Vol. betão ** (m³)	Estado
NGBDP	118	30/01/2017	32,00	475,20	4,28	concluídas
NGBDP	118	31/01/2017	30,00	422,90	3,80	concluídas
NGBDP	118	01/02/2017	30,00	460,10	4,14	concluídas
NGBDP	118	02/02/2017	25,00	430,00	3,87	concluídas
NGBDP	118	03/02/2017	18,00	288,00	2,59	concluídas
			135,00	2076,20	18,68	

** considerando 8% de sobreconsumo

Total S05		
Estacas NGBDP	Unidades	135
	Comprimento (m)	2076,20
	Média diária (m)	415,24
Controlo de custos	Margem comercial	38,0%
	Margem de produção	52,4%
	Diferença entre margens, de produção e comercial	14,4%

S06 de 06/02 a 12/02

Técnica	Diâmetro (mm)	Data execução	Quantidade (un)	Comprimento cravação (m)	Vol. betão ** (m³)	Estado
NGBDP	118	06/02/2017	23,00	285,10	2,57	concluídas
NGBDP	118	07/02/2017	17,00	169,50	1,53	concluídas
NGBDP	118	08/02/2017	13,00	164,10	1,48	concluídas
NGBDP	118	09/02/2017	8,00	96,60	0,87	concluídas
NGBDP	118	10/02/2017	7,00	135,00	1,21	concluídas
			68,00	850,30	7,65	

** considerando 8% de sobreconsumo

Gestão do risco na construção de estacas moldadas e dúcteis cravadas e suas implicações económicas

Total S06		
Estacas NGBDP	Unidades	68
	Comprimento (m)	850,30
	Média diária (m)	170,06
Controlo de custos	Margem comercial	38,0%
	Margem de produção	40,8%
	Diferença entre margens, de produção e comercial	2,8%

S07 de 13/02 a 19/02

Técnica	Diâmetro (mm)	Data execução	Quantidade (un)	Comprimento cravação (m)	Vol. betão ** (m³)	Estado
NGBDP	118	13/02/2017	8,00	171,50	1,54	concluídas
NGBDP	118	15/02/2017	5,00	111,20	1,00	concluídas
NGBDP	118	16/02/2017	11,00	143,00	1,29	concluídas
NGBDP	118	17/02/2017	14,00	303,70	2,73	concluídas
NGBDP	118	18/02/2017	2,00	43,00	0,39	concluídas
			40,00	772,40	6,95	

** considerando 8% de sobreconsumo

Total S07		
Estacas NGBDP	Unidades	40
	Comprimento (m)	772,40
	Média diária (m)	140,44
Controlo de custos	Margem comercial	38,0%
	Margem de produção	54,7%
	Diferença entre margens, de produção e comercial	16,7%

S08 de 20/02 a 26/02

Técnica	Diâmetro (mm)	Data execução	Quantidade (un)	Comprimento cravação (m)	Vol. betão ** (m³)	Estado
NGBDP	118	20/02/2017	16,00	318,20	2,86	concluídas
NGBDP	118	21/02/2017	20,00	353,10	3,18	concluídas
NGBDP	118	22/02/2017	14,00	189,60	1,71	concluídas
NGBDP	118	23/02/2017	14,00	261,90	2,36	concluídas
NGBDP	118	24/02/2017	10,00	238,60	2,15	concluídas
NGBDP	118	25/02/2017	4,00	111,00	1,00	concluídas
			78,00	1472,40	13,25	

** considerando 8% de sobreconsumo

Total S08		
Estacas NGBDP	Unidades	78
	Comprimento (m)	1472,40
	Média diária (m)	267,71
Controlo de custos	Margem comercial	38,0%
	Margem de produção	55,2%
	Diferença entre margens, de produção e comercial	17,2%

S09 de 27/02 a 05/03

Técnica	Diâmetro (mm)	Data execução	Quantidade (un)	Comprimento cravação (m)	Vol. betão ** (m³)	Estado
NGBDP	118	27/02/2017	16,00	305,00	2,74	concluídas
NGBDP	118	01/03/2017	12,00	228,90	2,09	concluídas
NGBDP	118	02/03/2017	15,00	232,80	0,31	concluídas
NGBDP	118	03/03/2017	3,00	34,50	0,31	concluídas
			46,00	801,20	5,46	

** considerando 8% de sobreconsumo

Total S09		
Estacas NGBDP	Unidades	46
	Comprimento (m)	801,20
	Média diária (m)	200,30
Controlo de custos	Margem comercial	38,0%
	Margem de produção	58,0%
	Diferença entre margens, de produção e comercial	20,0%

S10 de 06/03 a 12/03

Técnica	Diâmetro (mm)	Data execução	Quantidade (un)	Comprimento cravação (m)	Vol. betão ** (m³)	Estado
NGBDP	118	06/03/2017	19,00	333,90	3,00	concluídas
NGBDP	118	07/03/2017	17,00	287,90	2,59	concluídas
NGBDP	118	09/03/2017	18,00	274,20	2,47	concluídas
NGBDP	118	10/03/2017	20,00	258,30	2,32	concluídas
NGBDP	118	11/03/2017	4,00	54,50	0,49	concluídas
			78,00	1208,80	10,88	

** considerando 8% de sobreconsumo

Total S10		
Estacas NGBDP	Unidades	78
	Comprimento (m)	1208,80
	Média diária (m)	241,76
Controlo de custos	Margem comercial	38,0%
	Margem de produção	52,8%
	Diferença entre margens, de produção e comercial	14,8%

Gestão do risco na construção de estacas moldadas e dúcteis cravadas e suas implicações económicas

S11 de 13/03 a 19/03

Técnica	Diâmetro (mm)	Data execução	Quantidade (un)	Comprimento cravação (m)	Vol. betão ** (m³)	Estado
NGBDP	118	14/03/2017	5,00	105,70	0,95	concluídas
NGBDP	118	15/03/2017	10,00	252,10	2,27	concluídas
NGBDP	118	16/03/2017	14,00	206,50	1,86	concluídas
NGBDP	118	17/03/2017	9,00	98,80	0,89	concluídas
NGBDP	118	18/03/2017	6,00	68,00	0,61	concluídas
			44,00	731,10	6,58	

** considerando 8% de sobreconsumo

Total S11

Estacas NGBDP	Unidades	44
	Comprimento (m)	731,10
	Média diária (m)	146,22
Controlo de custos	Margem comercial	38,0%
	Margem de produção	51,8%
	Diferença entre margens, de produção e comercial	13,8%

S12 de 20/03 a 26/03

Técnica	Diâmetro (mm)	Data execução	Quantidade (un)	Comprimento cravação (m)	Vol. betão ** (m³)	Estado
NGBDP	118	21/03/2017	12,00	142,00	1,28	concluídas
NGBDP	118	22/03/2017	12,00	113,60	1,02	concluídas
NGBDP	118	23/03/2017	1,00	8,90	0,08	concluídas
NGBDP	118	24/03/2017	7,00	113,20	1,02	concluídas
NGBDP	118	25/03/2017	8,00	111,60	1,00	concluídas
			40,00	489,30	4,40	

** considerando 8% de sobreconsumo

Total S12

Estacas NGBDP	Unidades	40
	Comprimento (m)	489,30
	Média diária (m)	97,86
Controlo de custos	Margem comercial	38,0%
	Margem de produção	41,4%
	Diferença entre margens, de produção e comercial	3,4%

Apêndice 2 – Dados de produção das empreitadas

S13 de 27/03 a 02/04

Técnica	Diâmetro (mm)	Data execução	Quantidade (un)	Comprimento cravação (m)	Vol. betão ** (m³)	Estado
NGBDP	118	27/03/2017	9,00	134,00	1,21	concluídas
NGBDP	118	28/03/2017	16,00	217,20	1,95	concluídas
NGBDP	118	29/03/2017	7,00	127,70	1,15	concluídas
NGBDP	118	30/03/2017	6,00	112,30	1,01	concluídas
NGBDP	118	31/03/2017	8,00	151,10	1,36	concluídas
NGBDP	118	01/04/2017	5,00	92,90	0,84	concluídas
			51,00	835,20	7,51	

** considerando 8% de sobreconsumo

Total S13		
Estacas NGBDP	Unidades	51
	Comprimento (m)	835,20
	Média diária (m)	151,85
Controlo de custos	Margem comercial	38,0%
	Margem de produção	51,7%
	Diferença entre margens, de produção e comercial	13,7%

S14 de 03/04 a 09/04

Técnica	Diâmetro (mm)	Data execução	Quantidade (un)	Comprimento cravação (m)	Vol. betão ** (m³)	Estado
NGBDP	118	03/04/2017	7,00	101,60	0,91	concluídas
NGBDP	118	05/04/2017	3,00	56,30	0,51	concluídas
			10,00	157,90	1,42	

** considerando 8% de sobreconsumo

Total S14		
Estacas NGBDP	Unidades	10
	Comprimento (m)	157,90
	Média diária (m)	28,71
Controlo de custos	Margem comercial	38,0%
	Margem de produção	32,1%
	Diferença entre margens, de produção e comercial	-5,9%

Gestão do risco na construção de estacas moldadas e dúcteis cravadas e suas implicações económicas

S15 de 10/04 a 16/04

Técnica	Diâmetro (mm)	Data execução	Quantidade (un)	Comprimento cravação (m)	Vol. betão ** (m³)	Estado
NGBDP	118	10/04/2017	2,00	40,30	0,36	concluídas
NGBDP	118	11/04/2017	3,00	69,20	0,62	concluídas
NGBDP	118	12/04/2017	11,00	228,80	2,06	concluídas
NGBDP	118	13/04/2017	5,00	126,50	1,14	concluídas
			21,00	464,80	4,18	

** considerando 8% de sobreconsumo

Total S15

Estacas NGBDP	Unidades	21
	Comprimento (m)	464,80
	Média diária (m)	116,20
Controlo de custos	Margem comercial	38,0%
	Margem de produção	54,8%
	Diferença entre margens, de produção e comercial	16,8%

S16 de 17/04 a 23/04

Técnica	Diâmetro (mm)	Data execução	Quantidade (un)	Comprimento cravação (m)	Vol. betão ** (m³)	Estado
NGBDP	118	17/04/2017	7,00	169,90	1,53	concluídas
NGBDP	118	18/04/2017	5,00	116,10	1,04	concluídas
NGBDP	118	19/04/2017	5,00	73,20	0,66	concluídas
NGBDP	118	20/04/2017	6,00	130,00	1,17	concluídas
NGBDP	118	21/04/2017	5,00	115,80	1,04	concluídas
			28,00	605,00	5,44	

** considerando 8% de sobreconsumo

Total S16

Estacas NGBDP	Unidades	28
	Comprimento (m)	605,00
	Média diária (m)	121,00
Controlo de custos	Margem comercial	38,0%
	Margem de produção	46,4%
	Diferença entre margens, de produção e comercial	8,4%

Apêndice 2 – Dados de produção das empreitadas

S17 de 24/04 a 30/04

Técnica	Diâmetro (mm)	Data execução	Quantidade (un)	Comprimento cravação (m)	Vol. betão ** (m³)	Estado
NGBDP	118	25/04/2017	5,00	137,30	1,24	concluídas
NGBDP	118	26/04/2017	7,00	169,80	1,53	concluídas
NGBDP	118	28/04/2017	2,00	36,00	0,32	concluídas
NGBDP	118	29/04/2017	3,00	82,50	0,74	concluídas
			17,00	425,60	3,83	

** considerando 8% de sobreconsumo

Total S17

Estacas NGBDP	Unidades	17
	Comprimento (m)	425,60
	Média diária (m)	106,40
Controlo de custos	Margem comercial	38,0%
	Margem de produção	51,0%
	Diferença entre margens, de produção e comercial	13,0%

S18 de 01/05 a 07/05

Técnica	Diâmetro (mm)	Data execução	Quantidade (un)	Comprimento cravação (m)	Vol. betão ** (m³)	Estado
NGBDP	118	02/05/2017	3,00	75,90	0,68	concluídas
NGBDP	118	06/05/2017	4,00	101,00	0,91	concluídas
			7,00	176,90	1,59	

** considerando 8% de sobreconsumo

Total S18

Estacas NGBDP	Unidades	7
	Comprimento (m)	176,90
	Média diária (m)	88,45
Controlo de custos	Margem comercial	38,0%
	Margem de produção	48,6%
	Diferença entre margens, de produção e comercial	10,6%

Gestão do risco na construção de estacas moldadas e dúcteis cravadas e suas implicações económicas

S19 de 08/05 a 14/05

Técnica	Diâmetro (mm)	Data execução	Quantidade (un)	Comprimento cravação (m)	Vol. betão ** (m³)	Estado
NGBDP	118	10/05/2017	4,00	70,70	0,64	concluídas
NGBDP	118	11/05/2017	8,00	146,70	1,32	concluídas
NGBDP	118	12/05/2017	8,00	128,50	1,16	concluídas
NGBDP	118	13/05/2017	8,00	105,50	0,95	concluídas
			28,00	451,40	4,06	

** considerando 8% de sobreconsumo

Total S19

Estacas NGBDP	Unidades	28
	Comprimento (m)	451,40
	Média diária (m)	112,85
Controlo de custos	Margem comercial	38,0%
	Margem de produção	44,4%
	Diferença entre margens, de produção e comercial	6,4%

S20 de 15/05 a 21/05

Técnica	Diâmetro (mm)	Data execução	Quantidade (un)	Comprimento cravação (m)	Vol. betão ** (m³)	Estado
NGBDP	118	15/05/2017	11,00	159,40	1,43	concluídas
NGBDP	118	16/05/2017	10,00	100,10	0,90	concluídas
NGBDP	118	17/05/2017	6,00	82,80	0,74	concluídas
			27,00	342,30	3,08	

** considerando 8% de sobreconsumo

Total S20

Estacas NGBDP	Unidades	27
	Comprimento (m)	342,30
	Média diária (m)	114,10
Controlo de custos	Margem comercial	38,0%
	Margem de produção	60,1%
	Diferença entre margens, de produção e comercial	22,1%

Total geral

Mobilização e desmobilização de equipamentos	Verba percentual do valor unitário	1,000
Estacas NGBDP	Estacas executadas (Un)	848,00
	Estacas executadas (m)	13978,30
	Média diária total (m)	160,67
Controlo de custos	Margem comercial	38,0%
	Margem de produção	52,5%
	Diferença entre margens, de produção e comercial	14,5%

A2.10 Edifício habitacional no Zango, Luanda

Projeto: Estacas dúcteis cravadas injetadas (GBDP)

Obra: **Edifício no Zango**

Ano: 2017

S20 de 15/05 a 21/05

Técnica	Diâmetro (mm)	Data execução	Quantidade (un)	Comprimento cravação (m)	Vol. betão ** (m³)	Estado
GBDP	200	17/05/2018	10,00	156,00	5,29	concluídas
GBDP	200	18/05/2018	7,00	103,70	3,52	concluídas
GBDP	200	19/05/2018	15,00	221,50	7,51	concluídas
GBDP	200	20/05/2018	8,00	124,80	4,23	concluídas
			40,00	606,00	20,56	

** - Inclui sobreconsumo de 8%

Total S20		
Estacas de fundação GBDP	Estacas executadas (un)	40
	Estacas executadas (ml)	606,00
	Média diária (ml)	202,00
Controlo de custos	Margem comercial	40,6%
	Margem de produção	56,3%
	Diferença entre margens, de produção e comercial	15,7%

S21 de 22/05 a 28/05

Técnica	Diâmetro (mm)	Data execução	Quantidade (un)	Comprimento cravação (m)	Vol. betão ** (m³)	Estado
GBDP	200	22/05/2018	11,00	156,10	1,40	concluídas
GBDP	200	23/05/2018	11,00	163,10	1,47	concluídas
			22,00	319,20	2,87	

** - Inclui sobreconsumo de 8%

Total S21		
Estacas de fundação GBDP	Estacas executadas (un)	22
	Estacas executadas (ml)	319,20
	Média diária (ml)	58,04
Controlo de custos	Margem comercial	40,6%
	Margem de produção	42,5%
	Diferença entre margens, de produção e comercial	1,9%

Total geral		
Mobilização e desmobilização de equipamentos	Verba percentual do valor unitário	1,0
Estacas de fundação GBDP	Estacas executadas (Un)	62,00
	Estacas executadas (ml)	925,20
	Média diária total (ml)	154,20
Controlo de custos	Margem comercial	40,6%
	Margem de produção	52,2%
	Diferença entre margens, de produção e comercial	11,6%

A2.11 Hospital do Cuíto, Bié

Projeto: Estacas dúcteis cravadas injetadas (GBDP)

Obra: **Hospital do Cuito**

Ano: 2018

Total S25		
Mobilização e desmobilização de equipamentos	Verba percentual do valor unitário	1,0
Controlo de custos	Margem comercial	24,0%
	Margem de produção	30,0%
	Diferença entre margens, de produção e comercial	6,0%

S26 de 25/06 a 30/06

Técnica	Diâmetro (mm)	Data execução	Quantidade (un)	Comprimento cravação (m)	Vol. betão ** (m ³)	Estado
GBDP	200	27/06/2018	32,00	320,00	10,86	concluídas
GBDP	200	29/06/2018	16,00	112,00	3,80	concluídas
GBDP	200	30/06/2018	20,00	146,00	4,95	concluídas
			68,00	578,00	19,61	

** - Inclui sobreconsumo de 8%

Total S26		
Estacas de fundação GBDP	Estacas executadas (un)	68
	Estacas executadas (ml)	578,00
	Média diária (ml)	192,67
Controlo de custos	Margem comercial	24,0%
	Margem de produção	20,7%
	Diferença entre margens, de produção e comercial	-3,3%

S27 de 02/07 a 07/07

Técnica	Diâmetro (mm)	Data execução	Quantidade (un)	Comprimento cravação (m)	Vol. betão ** (m ³)	Estado
GBDP	200	02/07/2018	30,00	237,60	2,14	concluídas
GBDP	200	03/07/2018	25,00	191,20	1,72	concluídas
GBDP	200	04/07/2018	32,00	263,60	2,37	concluídas
GBDP	200	05/07/2018	28,00	246,80	2,22	concluídas
GBDP	200	06/07/2018	40,00	344,80	3,10	concluídas
GBDP	200	07/07/2018	10,00	89,60	0,81	concluídas
			165,00	1373,60	12,36	

** - Inclui sobreconsumo de 8%

Total S27		
Estacas de fundação GBDP	Estacas executadas (un)	165
	Estacas executadas (ml)	1373,60
	Média diária (ml)	249,75
Controlo de custos	Margem comercial	24,0%
	Margem de produção	24,6%
	Diferença entre margens, de produção e comercial	0,6%

Apêndice 2 – Dados de produção das empreitadas

S28 de 09/07 a 14/07

Técnica	Diâmetro (mm)	Data execução	Quantidade (un)	Comprimento cravação (m)	Vol. betão ** (m³)	Estado
GBDP	200	09/07/2018	26,00	195,80	6,64	concluídas
GBDP	200	10/07/2018	24,00	187,20	6,35	concluídas
GBDP	200	11/07/2018	24,00	181,20	6,15	concluídas
GBDP	200	12/07/2018	24,00	200,80	6,81	concluídas
			98,00	765,00	25,95	

** - Inclui sobreconsumo de 8%

Total S28		
Estacas de fundação GBDP	Estacas executadas (un)	98
	Estacas executadas (ml)	98,00
	Média diária (ml)	24,50
Controlo de custos	Margem comercial	24,0%
	Margem de produção	25,7%
	Diferença entre margens, de produção e comercial	1,7%

S29 de 16/07 a 21/07

Técnica	Diâmetro (mm)	Data execução	Quantidade (un)	Comprimento cravação (m)	Vol. betão ** (m³)	Estado
GBDP	200	17/07/2018	24,00	226,40	7,68	concluídas
GBDP	200	18/07/2018	28,00	230,00	7,80	concluídas
GBDP	200	19/07/2018	28,00	204,40	6,93	concluídas
GBDP	200	20/07/2018	16,00	116,80	3,96	concluídas
GBDP	200	21/07/2018	2,00	12,30	0,42	concluídas
			98,00	789,90	26,80	

** - Inclui sobreconsumo de 8%

Total S29		
Estacas de fundação GBDP	Estacas executadas (un)	98
	Estacas executadas (ml)	789,90
	Média diária total (ml)	157,98
Controlo de custos	Margem comercial	24,0%
	Margem de produção	28,5%
	Diferença entre margens, de produção e comercial	4,5%

S30 de 23/07 a 28/07

Técnica	Diâmetro (mm)	Data execução	Quantidade (un)	Comprimento cravação (m)	Vol. betão ** (m³)	Estado
GBDP	200	24/07/2018	24,00	176,00	5,97	concluídas
GBDP	200	25/07/2018	24,00	175,20	5,94	concluídas
GBDP	200	26/07/2018	24,00	190,60	6,47	concluídas
GBDP	200	27/07/2018	28,00	219,40	7,44	concluídas
GBDP	200	28/07/2018	13,00	115,90	3,93	concluídas
			113,00	877,10	29,75	

** - Inclui sobreconsumo de 8%

Total S30		
Estacas de fundação GBDP	Estacas executadas (un)	113
	Estacas executadas (ml)	877,10
	Média diária total (ml)	175,42
Controlo de custos	Margem comercial	24,0%
	Margem de produção	32,1%
	Diferença entre margens, de produção e comercial	8,1%

Gestão do risco na construção de estacas moldadas e dúcteis cravadas e suas implicações económicas

S31 de 30/07 a 04/08

Técnica	Diâmetro (mm)	Data execução	Quantidade (un)	Comprimento cravação (m)	Vol. betão ** (m³)	Estado
GBDP	200	30/07/2018	3,00	17,80	0,60	concluídas
GBDP	200	03/08/2018	18,00	318,60	10,81	concluídas
GBDP	200	04/08/2018	11,00	193,40	6,56	concluídas
			32,00	529,80	17,97	

** - Inclui sobreconsumo de 8%

Total S31		
Estacas de fundação GBDP	Estacas executadas (un)	32
	Estacas executadas (ml)	529,80
	Média diária total (ml)	176,60
Controlo de custos	Margem comercial	24,0%
	Margem de produção	16,4%
	Diferença entre margens, de produção e comercial	-7,6%

S32 de 06/08 a 11/08

Técnica	Diâmetro (mm)	Data execução	Quantidade (un)	Comprimento cravação (m)	Vol. betão ** (m³)	Estado
GBDP	200	06/08/2018	20,00	356,00	12,08	concluídas
GBDP	200	07/08/2018	25,00	445,00	15,10	concluídas
GBDP	200	08/08/2018	25,00	340,00	11,53	concluídas
GBDP	200	09/08/2018	22,00	192,60	6,53	concluídas
GBDP	200	10/08/2018	18,00	144,20	4,89	concluídas
GBDP	200	11/08/2018	8,00	77,60	2,63	concluídas
			118,00	1555,40	52,76	

** - Inclui sobreconsumo de 8%

Total S32		
Estacas de fundação GBDP	Estacas executadas (un)	118
	Estacas executadas (ml)	1555,40
	Média diária total (ml)	282,80
Controlo de custos	Margem comercial	24,0%
	Margem de produção	33,3%
	Diferença entre margens, de produção e comercial	9,3%

S33 de 13/08 a 18/08

Técnica	Diâmetro (mm)	Data execução	Quantidade (un)	Comprimento cravação (m)	Vol. betão ** (m³)	Estado
GBDP	200	13/08/2018	35,00	309,90	10,51	concluídas
GBDP	200	14/08/2018	31,00	255,10	8,65	concluídas
GBDP	200	15/08/2018	32,00	310,40	10,53	concluídas
			98,00	875,40	29,70	

** - Inclui sobreconsumo de 8%

Total S33		
Estacas de fundação GBDP	Estacas executadas (un)	98
	Estacas executadas (ml)	875,40
	Média diária total (ml)	291,80
Controlo de custos	Margem comercial	24,0%
	Margem de produção	28,4%
	Diferença entre margens, de produção e comercial	4,4%

Total geral		
Mobilização e desmobilização de equipamentos	Verba percentual do valor unitário	1,0
Estacas de fundação GBDP	Estacas executadas (Un)	790,00
	Estacas executadas (ml)	6677,20
	Média diária total (ml)	185,48
Controlo de custos	Margem comercial	24,0%
	Margem de produção	27,7%
	Diferença entre margens, de produção e comercial	3,7%

A2.12 Empreendimento Nova Vida, Luanda

Projeto: Estacas dúcteis cravadas não injetadas (NGBDP)

Obra: **Empreendimento Nova Vida**

Ano: 2018/2019

Total S38		
Mobilização e desmobilização de equipamentos	Verba percentual do valor unitário	0,250
Controlo de custos	Margem comercial	26,0%
	Margem de produção	26,0%
	Diferença entre margens, de produção e comercial	0,0%

S 39 de 24/09/18 a 30/09/18						
Técnica	Diâmetro (mm)	Data execução	Quantidade (un)	Comprimento cravação (m)	Vol. betão ** (m³)	Estado
NGBDP	118	24/09/2019	7,00	57,70	0,52	concluídas
NGBDP	118	27/09/2019	17,00	156,60	1,41	concluídas
NGBDP	118	28/09/2019	17,00	143,10	1,29	concluídas
NGBDP	118	29/09/2019	2,00	23,00	0,21	concluídas
			43,00	380,40	3,42	

** considerando 8% de sobreconsumo

Total S39		
Estacas de fundação NGBDP	Unidades	43
	Comprimento (m)	380,40
	Média diária (m)	95,10
Controlo de custos	Margem comercial	26,0%
	Margem de produção	38,9%
	Diferença entre margens, de produção e comercial	12,9%

Gestão do risco na construção de estacas moldadas e dúcteis cravadas e suas implicações económicas

S40 de 01/10/18 a 07/10/18

Técnica	Diâmetro (mm)	Data execução	Quantidade (un)	Comprimento cravação (m)	Vol. betão ** (m³)	Estado
NGBDP	118	03/10/2019	8,00	85,40	0,77	concluídas
NGBDP	118	04/10/2019	17,00	154,70	1,39	concluídas
NGBDP	118	05/10/2019	18,00	159,40	1,43	concluídas
			43,00	399,50	3,59	

** considerando 8% de sobreconsumo

Total S40		
Estacas de fundação NGBDP	Unidades	43
	Comprimento (m)	399,50
	Média diária (m)	133,17
Controlo de custos	Margem comercial	26,0%
	Margem de produção	37,7%
	Diferença entre margens, de produção e comercial	11,7%

S41 de 08/10/18 a 14/10/18

Técnica	Diâmetro (mm)	Data execução	Quantidade (un)	Comprimento cravação (m)	Vol. betão ** (m³)	Estado
NGBDP	118	08/10/2019	18,00	156,20	1,41	concluídas
NGBDP	118	09/10/2019	15,00	140,10	1,26	concluídas
NGBDP	118	10/10/2019	15,00	153,30	1,38	concluídas
NGBDP	118	11/10/2019	21,00	183,40	1,65	concluídas
NGBDP	118	12/10/2019	20,00	195,40	1,76	concluídas
NGBDP	118	13/10/2019	14,00	114,00	1,03	concluídas
			103,00	942,40	8,48	

** considerando 8% de sobreconsumo

Total S41		
Estacas de fundação NGBDP	Unidades	103
	Comprimento (m)	942,40
	Média diária (m)	171,35
Controlo de custos	Margem comercial	26,0%
	Margem de produção	44,7%
	Diferença entre margens, de produção e comercial	18,7%

S42 de 15/10/18 a 21/10/18

Técnica	Diâmetro (mm)	Data execução	Quantidade (un)	Comprimento cravação (m)	Vol. betão ** (m³)	Estado
NGBDP	118	15/10/2019	23,00	206,10	1,85	concluídas
NGBDP	118	16/10/2019	18,00	151,90	1,37	concluídas
NGBDP	118	17/10/2019	15,00	150,60	1,35	concluídas
NGBDP	118	18/10/2019	15,00	125,40	1,13	concluídas
NGBDP	118	19/10/2019	5,00	63,10	0,57	concluídas
NGBDP	118	20/10/2019	5,00	59,80	0,54	concluídas
			81,00	756,90	6,81	

** considerando 8% de sobreconsumo

Apêndice 2 – Dados de produção das empreitadas

Total S42		
Mobilização e desmobilização de equipamentos	Verba percentual do valor unitário	0,125
Estacas de fundação NGBDP	Unidades	81
	Comprimento (m)	756,90
	Média diária (m)	137,62
Controlo de custos	Margem comercial	26,0%
	Margem de produção	48,9%
	Diferença entre margens, de produção e comercial	22,9%

S43 de 22/10/18 a 28/10/18

Técnica	Diâmetro (mm)	Data execução	Quantidade (un)	Comprimento cravação (m)	Vol. betão ** (m³)	Estado
NGBDP	118	22/10/2019	7,00	97,00	0,87	concluídas
NGBDP	118	23/10/2019	6,00	79,20	0,71	concluídas
NGBDP	118	24/10/2019	15,00	177,00	1,59	concluídas
NGBDP	118	25/10/2019	9,00	98,30	0,88	concluídas
NGBDP	118	26/10/2019	9,00	121,00	1,09	concluídas
NGBDP	118	27/10/2019	3,00	57,00	0,51	concluídas
			49,00	629,50	5,66	

** considerando 8% de sobreconsumo

Total S43		
Estacas de fundação NGBDP	Unidades	49
	Comprimento (m)	626,50
	Média diária (m)	113,91
Controlo de custos	Margem comercial	26,0%
	Margem de produção	23,5%
	Diferença entre margens, de produção e comercial	-2,5%

S44 de 29/10/18 a 04/11/18

Técnica	Diâmetro (mm)	Data execução	Quantidade (un)	Comprimento cravação (m)	Vol. betão ** (m³)	Estado
NGBDP	118	30/10/2019	14,00	236,60	2,13	concluídas
NGBDP	118	31/10/2019	9,00	149,30	1,34	concluídas
NGBDP	118	01/11/2019	16,00	167,30	1,51	concluídas
NGBDP	118	03/11/2019	9,00	30,50	0,27	concluídas
			48,00	583,70	5,25	

** considerando 8% de sobreconsumo

Total S44		
Estacas de fundação NGBDP	Unidades	43
	Comprimento (m)	583,70
	Média diária (m)	166,77
Controlo de custos	Margem comercial	26,0%
	Margem de produção	26,3%
	Diferença de margem de produção e comercial	0,3%

Gestão do risco na construção de estacas moldadas e dúcteis cravadas e suas implicações económicas

S45 de 05/11/18 a 11/11/18

Técnica	Diâmetro (mm)	Data execução	Quantidade (un)	Comprimento cravação (m)	Vol. betão ** (m³)	Estado
NGBDP	118	05/11/2019	4,00	55,40	0,50	concluídas
NGBDP	118	06/11/2019	10,00	164,50	1,48	concluídas
NGBDP	118	07/11/2019	13,00	204,60	1,84	concluídas
NGBDP	118	08/11/2019	13,00	227,80	2,05	concluídas
NGBDP	118	09/11/2019	5,00	89,00	0,80	concluídas
NGBDP	118	10/11/2019	3,00	57,00	0,51	concluídas
			48,00	798,30	7,18	

** considerando 8% de sobreconsumo

Total S45		
Estacas de fundação NGBDP	Unidades	48
	Comprimento (m)	798,50
	Média diária (m)	145,18
Controlo de custos	Margem comercial	26,0%
	Margem de produção	17,2%
	Diferença entre margens, de produção e comercial	-8,8%

S46 de 12/11/18 a 18/11/18

Técnica	Diâmetro (mm)	Data execução	Quantidade (un)	Comprimento cravação (m)	Vol. betão ** (m³)	Estado
NGBDP	118	15/11/2019	14,00	21,10	0,19	concluídas
NGBDP	118	16/11/2019	14,00	245,30	2,21	concluídas
NGBDP	118	17/11/2019	8,00	105,70	0,95	concluídas
			36,00	372,10	3,35	

** considerando 8% de sobreconsumo

Total S46		
Estacas de fundação NGBDP	Unidades	23
	Comprimento (m)	372,10
	Média diária (m)	148,84
Controlo de custos	Margem comercial	26,0%
	Margem de produção	17,4%
	Diferença entre margens, de produção e comercial	-8,6%

S 47 de 19/11/18 a 25/11/18

Técnica	Diâmetro (mm)	Data execução	Quantidade (un)	Comprimento cravação (m)	Vol. betão ** (m³)	Estado
NGBDP	118	19/11/2019	14,00	221,20	1,99	concluídas
NGBDP	118	20/11/2019	13,00	236,60	2,13	concluídas
NGBDP	118	21/11/2019	12,00	216,60	1,95	concluídas
NGBDP	118	22/11/2019	14,00	259,30	2,33	concluídas
NGBDP	118	23/11/2019	15,00	279,20	2,51	concluídas
NGBDP	118	24/11/2019	9,00	157,10	1,41	concluídas
			77,00	1370,00	12,33	

** considerando 8% de sobreconsumo

Apêndice 2 – Dados de produção das empreitadas

Total S47		
Estacas de fundação NGBDP	Unidades	78
	Comprimento (m)	1386,90
	Média diária (m)	252,16
Controlo de custos	Margem comercial	26,0%
	Margem de produção	20,3%
	Diferença entre margens, de produção e comercial	-5,7%

S48 de 26/11/18 a 02 /12/18

Técnica	Diâmetro (mm)	Data execução	Quantidade (un)	Comprimento cravação (m)	Vol. betão ** (m³)	Estado
NGBDP	118	26/11/2019	10,00	114,30	1,03	concluídas
NGBDP	118	27/11/2019	9,00	106,70	0,96	concluídas
NGBDP	118	28/11/2019	5,00	39,10	0,35	concluídas
			24,00	260,10	2,34	

** considerando 8% de sobreconsumo

Total S48		
Mobilização e desmobilização de equipamentos	Verba percentual do valor unitário	0,125
Estacas de fundação NGBDP	Unidades	24
	Comprimento (m)	261,00
	Média diária (m)	87,00
Controlo de custos	Margem comercial	26,0%
	Margem de produção	44,4%
	Diferença entre margens, de produção e comercial	18,4%

S 49 de 03/12/18 a 09/12/18

Técnica	Diâmetro (mm)	Data execução	Quantidade (un)	Comprimento cravação (m)	Vol. betão ** (m³)	Estado
-	-	-	0,00	0,00	0,00	Avaria MBG12
			0,00	0,00	0,00	

** considerando 8% de sobreconsumo

Total S49		
Estacas de fundação NGBDP	Unidades	0
	Comprimento (m)	0,00
	Média diária (m)	0,00
Controlo de custos	Margem comercial	26,0%
	Margem de produção	-232,0%
	Diferença entre margens, de produção e comercial	-258,0%

Gestão do risco na construção de estacas moldadas e dúcteis cravadas e suas implicações económicas

S2 de 07/01/19 a 13/01/19

Técnica	Diâmetro (mm)	Data execução	Quantidade (un)	Comprimento cravação (m)	Vol. betão ** (m³)	Estado
NGBDP	118	08/01/2019	3,00	31,20	0,28	concluídas
NGBDP	118	09/01/2019	5,00	52,30	0,47	concluídas
NGBDP	118	10/01/2019	8,00	53,10	0,48	concluídas
NGBDP	118	11/01/2019	16,00	141,60	1,27	concluídas
NGBDP	120	12/01/2019	5,00	41,60	0,37	concluídas
			37,00	319,80	2,88	

** considerando 8% de sobreconsumo

Total S02		
Estacas de fundação NGBDP	Unidades	37
	Comprimento (m)	319,80
	Média diária (m)	63,96
Controlo de custos	Margem comercial	26,0%
	Margem de produção	30,0%
	Diferença entre margens, de produção e comercial	4,0%

S3 de 14/01/19 a 20/01/19

Técnica	Diâmetro (mm)	Data execução	Quantidade (un)	Comprimento cravação (m)	Vol. betão ** (m³)	Estado
NGBDP	118	14/01/2019	0,00	0,00	0,00	concluídas
NGBDP	118	15/01/2019	9,00	74,30	0,67	concluídas
NGBDP	118	16/01/2019	26,00	231,90	2,09	concluídas
NGBDP	118	17/01/2019	26,00	186,60	1,68	concluídas
NGBDP	118	18/01/2019	18,00	182,50	1,64	concluídas
NGBDP	119	19/01/2019			0,00	concluídas
			79,00	675,30	6,08	

** considerando 8% de sobreconsumo

Total S03		
Estacas de fundação NGBDP	Unidades	79
	Comprimento (m)	675,30
	Média diária (m)	112,55
Controlo de custos	Margem comercial	26,0%
	Margem de produção	40,0%
	Diferença entre margens, de produção e comercial	14,0%

S4 de 21/01/19 a 27/01/19

Técnica	Diâmetro (mm)	Data execução	Quantidade (un)	Comprimento cravação (m)	Vol. betão ** (m³)	Estado
NGBDP	118	21/01/2019	13,00	108,80	0,98	concluídas
NGBDP	118	22/01/2019	19,00	184,00	1,66	concluídas
NGBDP	118	23/01/2019	20,00	195,30	1,76	concluídas
NGBDP	118	24/01/2019	16,00	144,30	1,30	concluídas
NGBDP	118	25/01/2019	21,00	182,70	1,64	concluídas
NGBDP	119	26/01/2019	14,00	118,45	1,07	concluídas
			103,00	933,55	8,40	

** considerando 8% de sobreconsumo

Apêndice 2 – Dados de produção das empreitadas

Total S04		
Estacas de fundação NGBDP	Unidades	103
	Comprimento (m)	933,55
	Média diária (m)	155,59
Controlo de custos	Margem comercial	26,0%
	Margem de produção	36,2%
	Diferença entre margens, de produção e comercial	10,2%

S5 de 28/01/19 a 03/02/19

Técnica	Diâmetro (mm)	Data execução	Quantidade (un)	Comprimento cravação (m)	Vol. betão ** (m³)	Estado
NGBDP	118	28/01/2019	20,00	190,60	1,71	concluídas
NGBDP	118	29/01/2019	15,00	134,80	1,21	concluídas
NGBDP	118	30/01/2019	21,00	209,70	1,89	concluídas
NGBDP	118	31/01/2019	20,00	178,00	1,60	concluídas
NGBDP	118	01/02/2019	2,00	40,30	0,36	concluídas
			78,00	753,40	6,78	

** considerando 8% de sobreconsumo

Total S05		
Estacas de fundação NGBDP	Unidades	78
	Comprimento (m)	753,40
	Média diária (m)	150,68
Controlo de custos	Margem comercial	26,0%
	Margem de produção	29,0%
	Diferença entre margens, de produção e comercial	3,0%

S6 de 04/02/19 a 10/02/19

Técnica	Diâmetro (mm)	Data execução	Quantidade (un)	Comprimento cravação (m)	Vol. betão ** (m³)	Estado
NGBDP	118	05/02/2019	10,00	149,90	1,35	concluídas
NGBDP	118	06/02/2019	13,00	190,60	1,71	concluídas
NGBDP	118	07/02/2019	16,00	158,80	1,43	concluídas
NGBDP	118	08/02/2019	22,00	174,50	1,57	concluídas
NGBDP	118	09/02/2019	2,00	40,30	0,36	concluídas
NGBDP	119	10/02/2019			0,00	concluídas
			63,00	714,10	6,42	

** considerando 8% de sobreconsumo

Total S06		
Estacas de fundação NGBDP	Unidades	63
	Comprimento (m)	714,10
	Média diária (m)	119,02
Controlo de custos	Margem comercial	26,0%
	Margem de produção	22,4%
	Diferença entre margens, de produção e comercial	-3,6%

Gestão do risco na construção de estacas moldadas e dúcteis cravadas e suas implicações económicas

S7 de 11/02/19 a 17/02/19

Técnica	Diâmetro (mm)	Data execução	Quantidade (un)	Comprimento cravação (m)	Vol. betão ** (m³)	Estado
NGBDP	118	11/02/2019	27,00	199,60	1,80	concluídas
NGBDP	118	12/02/2019	17,00	173,30	1,56	concluídas
NGBDP	118	13/02/2019	16,00	150,30	1,35	concluídas
NGBDP	118	14/02/2019	24,00	194,00	1,75	concluídas
NGBDP	118	15/02/2019	21,00	165,45	1,49	concluídas
			105,00	882,65	7,94	

** considerando 8% de sobreconsumo

Total S07		
Estacas de fundação NGBDP	Unidades	105
	Comprimento (m)	882,65
	Média diária (m)	176,53
Controlo de custos	Margem comercial	26,0%
	Margem de produção	36,3%
	Diferença entre margens, de produção e comercial	10,3%

S8 de 18/02/19 a 24/02/19

Técnica	Diâmetro (mm)	Data execução	Quantidade (un)	Comprimento cravação (m)	Vol. betão ** (m³)	Estado
NGBDP	118	18/02/2019	8,00	70,40	0,63	concluídas
NGBDP	118	19/02/2019	25,00	181,00	1,63	concluídas
NGBDP	118	20/02/2019	3,00	22,00	0,20	concluídas
			36,00	273,40	2,46	

** considerando 8% de sobreconsumo

Total S08/2019		
Estacas de fundação NGBDP	Unidades	36
	Comprimento (m)	273,40
	Média diária (m)	91,13
Controlo de custos	Margem comercial	26,0%
	Margem de produção	26,3%
	Diferença entre margens, de produção e comercial	0,3%

S9 de 25/02/19 a 03/03/19

Técnica	Diâmetro (mm)	Data execução	Quantidade (un)	Comprimento cravação (m)	Vol. betão ** (m³)	Estado
NGBDP	118	25/02/2019	7,00	70,00	0,63	concluídas
NGBDP	118	26/02/2019	9,00	97,70	0,88	concluídas
			16,00	167,70	1,51	

** considerando 8% de sobreconsumo

Total S09		
Estacas de fundação NGBDP	Unidades	16
	Comprimento (m)	167,70
	Média diária (m)	83,85
Controlo de custos	Margem comercial	26,0%
	Margem de produção	36,3%
	Diferença entre margens, de produção e comercial	10,3%

Total geral		
Mobilização e desmobilização de equipamentos	Verba percentual do valor unitário	0,500
Estacas de fundação NGBDP	Estacas executadas (Un)	1052,00
	Estacas executadas (ml)	11227,80
	Média diária total (ml)	135,27
Controlo de custos	Margem comercial	26,0%
	Margem de produção	33,3%
	Diferença entre margens, de produção e comercial	7,3%

APÊNDICE 3 – LISTAS DE VERIFICAÇÃO DE PERIGOS POTENCIAIS PARA EMPREITADAS DE ESTACAS

Considerações iniciais

No presente apêndice apresentam-se exemplos de Listas de verificação de perigos (Mata et al., 2021) As listas constantes deste exemplo foram concebidas com base nas ocorrências e na realidade dos casos de estudo. Não devem ser consideradas como modelo para implementação direta, mas sim como um guia para que os responsáveis dos trabalhos em obra possam realizar as suas listas de verificação que se coadunem às empreitadas em que se encontrem envolvidos.

A3.1 Listas de verificação de perigos comuns em empreitadas de estacas moldadas com vara “Kelly” ou dúcteis cravadas

Perigos		Sim/Não	N/A
Geológicos e geotécnicos	Existem, visivelmente, constrangimentos à execução dos trabalhos?		
	Existe e está acessível o relatório geotécnico?		
	O projeto reflete as características dos terrenos identificadas no relatório geotécnico?		
	Os terrenos atravessados pela perfuração correspondem aos discriminados no relatório geotécnico?		
	Verifica-se a presença de cascalheiras, calhaus, níveis cimentados ou blocos no terreno?		
	Os contatos com a camada de fundação apresenta alguma irregularidade conhecida?		
	A perfuração atingiu a cota de projeto para a camada de fundação?		
	Verifica-se a presença de nível freático?		
	Existindo nível freático, está de acordo com o relatório geotécnico?		
	Existe variação do nível freático durante o tempo de construção da estaca?		
	É possível cumprir as tolerâncias normativas ou as de projeto, no caso das mais restritivas?		
Humanos	A equipa tem as necessidades básicas de vida satisfeitas?		
	Existe Plano de Segurança e Saúde implementado na obra aplicado às fundações?		
	A equipa tem formação em Higiene e Segurança no Trabalho específica para os trabalhos a realizar?		
	A equipa tem a dimensão adequada?		
	Os operadores de equipamentos estão devidamente habilitados à sua utilização?		
	Existe em obra um técnico permanente com capacidade de interpretação do projeto e do relatório geotécnico?		
	Existe em obra um técnico com o conhecimento das técnicas de controlo de custos?		
	Está previsto o trabalho por turnos?		
	No caso de ser necessário a equipa tem possibilidade de estender o horário de trabalho para terminar uma estaca?		
Técnicos	Está previsto em projeto a interseção de estruturas antrópicas?		
	No caso de existência de estruturas antrópicas, as mesmas estão identificadas e localizadas no projeto?		
	Todos os trabalhos temporários necessários estão previstos no projeto?		
	Existe um Plano Integrado de Gestão de obra?		
	Existe um Plano de Manutenção de Equipamentos?		
	Os equipamentos em obra estão dimensionados para trabalharem com eventuais condições atmosféricas adversas?		
	A entidade executante tem experiência neste tipo de técnica construtiva?		
	A entidade executante possui meios de substituição de equipamentos em casos de avaria?		

	A entidade executante possui, localmente, meios de próprios de reparação de equipamentos?		
	Existem em obra ferramentas de corte adequadas aos terrenos discriminados no relatório geotécnico?		
	Existem em obra ferramentas de corte adequadas aos terrenos atravessados?		
	No caso de prolongamento pontual dos trabalhos ou da existência de turnos, estão assegurados os meios de iluminação adequados?		
	Existe um documento descritivo de procedimentos de trabalho?		
	Existe Plano de Inspeção e Ensaios dos trabalhos?		
	Existe uma Ficha de Inspeção e Ensaios dos trabalhos?		
	Existe Plano de Inspeção e Ensaios dos equipamentos?		
	Existe uma Ficha de Inspeção e Ensaios dos equipamentos?		
Económicos e financeiros	Existe orçamento comercial com CBA?		
	Existe orçamento de produção com CBA?		
	Existindo orçamento comercial e de produção, são diretamente comparáveis?		
	Existindo um orçamento de produção, ele é diretamente comparável com a contabilidade?		
	Existe um contrato assinado refletindo os pressupostos do relatório geotécnico e do projeto?		
	Os rendimentos obtidos são os considerados no orçamento de produção?		

A3.2 Lista de verificação de perigos explícitos em empreitadas de estacas moldadas com recurso a suspensão bentonítica

Perigos		Sim/Não	N/A
G. e G.	Existem argilas que possam contaminar a bentonite, aumentando a sua densidade?		
	Existe água salobra ou salgada?		
Hum	As equipas em obra dominam os conhecimentos da técnica construtiva de estacas recorrendo a suspensão bentonítica?		
Técnicos	O método com suspensão bentonítica é o mais adequado?		
	Caso não seja, o projetista foi consultado para estudar / aprovar uma técnica alternativa?		
	O equipamento disponível localmente é o mais adequado?		

A3.3 Lista de verificação de perigos explícitos em empreitadas de estacas moldadas com recurso a suspensão de polímero

Perigos		Sim/Não	N/A
G. e G.	Os terrenos atravessados têm valores de SPT superiores a 3?		
Hum.	As equipas em obra dominam os conhecimentos da técnica construtiva de estacas recorrendo a suspensão de polímeros?		
Técnicos	O método com suspensão de polímeros é o mais adequado?		
	Caso não seja, o projetista foi consultado para estudar / aprovar uma técnica alternativa?		
	O equipamento disponível localmente é o mais adequado?		

A3.4 Lista de verificação de perigos explícitos em empreitadas de estacas moldadas com tubos moldadores

Perigos		Sim/Não	N/A
G. e G.	Existem areias com nível freático artesiano?		
Hum.	As equipas em obra dominam os conhecimentos da técnica construtiva de estacas recorrendo a tubos moldadores?		
Técnicos	O método com tubos moldadores é o mais adequado?		
	Caso não seja, o projetista foi consultado para estudar / aprovar uma técnica alternativa?		
	O equipamento disponível localmente é o mais adequado?		

A3.5 Lista de verificação de perigos explícitos em empreitadas de estacas moldadas com tubo guia

Perigos		Sim/Não	N/A
G. e G.	A litologia tem capacidade autoportante?		
Hum.	As equipas em obra dominam os conhecimentos da técnica construtiva de estacas recorrendo somente a tubo de guia?		
Técnicos	O método com tubos de guia é o mais adequado?		
	Caso não seja, o projetista foi consultado para estudar / aprovar uma técnica alternativa?		
	O equipamento disponível localmente é o mais adequado?		

A3.6 Lista de verificação de perigos explícitos em empreitadas de estacas dúcteis cravadas não injetadas

Perigos		Sim/Não	N/A
G. e G.	Verificou-se a "nega" à profundidade expectável?		
Hum.	As equipas em obra dominam os conhecimentos da técnica construtiva de estacas dúcteis cravadas não injetadas?		
Técnicos	O método construtivo de estacas dúcteis cravadas não injetadas é o mais adequado?		
	Caso não seja, o projetista foi consultado para estudar / aprovar uma técnica alternativa?		
	O equipamento disponível localmente é o mais adequado?		

A3.7 Lista de verificação de perigos explícitos em empreitadas de estacas dúcteis cravadas injetadas

Perigos		Sim/Não	N/A
G. e G.	Foi possível cravar o comprimento da estaca planeado no projeto?		
Hum.	As equipas em obra dominam os conhecimentos da técnica construtiva de estacas dúcteis cravadas não injetadas?		
Técnicos	O método construtivo de estacas dúcteis cravadas não injetadas é o mais adequado?		
	Caso não seja, o projetista foi consultado para estudar / aprovar uma técnica alternativa?		
	O equipamento disponível localmente é o mais adequado?		

APÊNDICE 4 – PUBLICAÇÕES REALIZADAS NO ÂMBITO DA INVESTIGAÇÃO

Considerações iniciais

Neste apêndice apresentam-se as primeiras páginas de artigos publicados no âmbito do desenvolvimento da dissertação.

A4.1 BIM – GGIM: conceitos e aplicações na geotecnia (primeira página)

Artigo publicado no 15º Congresso nacional de geotecnia / 8º Congresso luso-brasileiro de geotecnia que decorreu na Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto entre os dias 19 e 23 de junho de 2016.

BIM – GGIM: CONCEITOS E APLICAÇÕES NA GEOTECNIA

BIM – GGIM: CONCEPTS AND GEOTECHNICAL APPLICATIONS

Paraíso da Mata, Pedro; *Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade NOVA de Lisboa, Caparica, Portugal*, pedro.p.mata@hotmail.com

Silva, Paula F. da; *GeoBioTec e Dep. de Ciências da Terra, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade NOVA de Lisboa, Caparica, Portugal*, apfs@fct.unl.pt

Pinho, Fernando F. S.; *CERis – ICIST e Dep. de Engenharia Civil, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade NOVA de Lisboa, Caparica, Portugal*, ffp@fct.unl.pt

RESUMO

A presente comunicação pretende contribuir para o desenvolvimento de uma "nova era" na gestão da informação geológica e geotécnica, e tem como objetivo auxiliar todos os *stakeholders* envolvidos na análise dos riscos intrínsecos a projetos geotécnicos, nomeadamente os que dependem de fundações, contenções ou túneis. Consiste em utilizar uma ferramenta complementar ao BIM - *Building Information Modelling*, um programa aplicado à geologia & geotecnia (G&G) que se designa por *Geological & Geotechnical Information Modelling* - GGIM. Pretende estimular a implementação da modelação 3D do meio G&G, bem como a introdução de ações no tempo, 4D. Possibilitará inferir riscos e custos, tanto mais assertivamente quanto maior for a quantidade de informação disponibilizada para a área em análise. Esta metodologia tem como fim último garantir a acessibilidade à informação G&G à comunidade interessada na mesma, salientando-se as potencialidades da sua funcionalidade através de uma análise SWOT. Discutem-se ainda quatro exemplos de obras problemáticas onde a existência de uma ferramenta deste tipo teria sido vantajosa.

ABSTRACT

This paper intends to trigger a new era of geological and geotechnical information management. It aims to assist all stakeholders involved in mitigating of the risks inherent to geotechnical projects, namely of tunnels, foundations or retaining walls. It consists in using a complementary tool to BIM - *Building Information Modelling*, a software applied to geology & geotechnics (G&G), designated as *Geological & Geotechnical Information Modelling* - GGIM. The aim is to implement the 3D modelling of the geotechnical parameters and the introduction of action in time (4D). Afterwards, it will be possible to foresee and mitigate the risk and the cost. The accuracy of the prevision will be directly increased with the amount of information available for the target area. This tool is intended to enable access to G&G information to the interested community. The potentialities of working with GGIM as well as the SWOT analysis of its applicability are also introduced. Four examples of problematic sites where the existence of a tool like of this type would have had an advantageous applicability are discussed.

1- INTRODUÇÃO

O desenvolvimento de projetos que envolvem riscos geológicos e geotécnicos é cada vez maior nos locais de crescimento demográfico acentuado, implicando a construção de estruturas em locais menos propícios, em especial em áreas urbanas situadas em zonas litorais. Esta necessidade estimula o desenvolvimento de técnicas que permitam a execução desses projetos com qualidade e segurança, sem desprezar o controlo orçamental. Por outro lado, tendo presente que a economia mundial tem vindo a sofrer diversos reveses, o "custo" é a palavra primordial em qualquer projeto.

O BIM é uma metodologia de análise e gestão de projetos, virtual, que se pode estender á dimensão 4D, e que devido à possibilidade da inserção das diversas especialidades no projeto/construção do empreendimento, permite visualizar, descobrir e resolver problemas de interferência entre as diversas especialidades. Permite, além disso, a estimativa dos custos de materiais, mão-de-obra, equipamentos e o tempo necessários à execução de todo o projeto ou de apenas determinada etapa. O BIM a 4D envolve o agendamento da execução das diversas especialidades permitindo verificar as várias interferências entre as mesmas no desenrolar da construção.

Atualmente, já existem diversos modelos geológicos 3D, alguns desenvolvidos por empresas de uma forma particular, e outros desenvolvidos por entidades estatais tanto ao nível das instituições municipais como a nível nacional, como se verifica no Reino Unido. Diversos autores Glynn et al. (2011); Mathers (2011); Gunnink et al. (2013); Jorgensen et al. (2013); Thorleifson et al. (2013); Kessler and Dearden (2014); Mathers et al. (2014) defendem modelos geológicos; no entanto, pretende-se ir mais longe, ter um detalhe maior com a diminuição substancial da escala de interações e um aumento de informação tendo sempre como

A4.2 Risk management procedure in the execution of deep foundations (primeira página)

Artigo publicado no congresso internacional *Geotechnics for sustainable infrastructure development* que decorreu nos dias 24 e 25 de novembro de 2016 em Hanoi, Vietname.

Geotechnics for Sustainable Infrastructure Development - Geotec Hanoi 2016, Phung (ed). ISBN 978-604-82-0013-8

Risk management procedure in the construction of deep foundations

Pedro Paraíso da Mata

Faculdade de Ciências e Tecnologia (FCT), Univ. NOVA Lisboa, Portugal. E-mail: pedro.p.mata@hotmail.com

Paula F. da Silva

GeoBioTec and Dept. Ciências da Terra, FCT, Univ. NOVA de Lisboa, Portugal. E-mail: apfs@fct.unl.pt

Fernando F. S. Pinho

CERis – ICIST and Dept. Engenharia Civil, FCT, Univ. NOVA de Lisboa, Portugal. E-mail: ffp@fct.unl.pt

Keywords: Deep foundations; Geotechnical risk; Risk management; Cost control

ABSTRACT: Due to the world population growth and the need of contemporary way of life, an increasing number of edifications are being constructed in places less adequate to do so from the geotechnical point of view. This, allied to poor geotechnical studies, have driven for several modifications on projects at the construction phase. To solve this, over the past 40 years, the need for deep foundations, especially piles, has increased, and so the inherent construction costs. The application and applicability of several constructive techniques are often disregarded or not implemented in an adequate way, bringing large financial consequences to the project stakeholders. All the above problems may be quantified in monetary terms and managed on the basis of acceptable risk. Thus, a simple and semi-quantitative methodology and best practices are required to mitigate these situations while keeping a sustainable cost control.

1 INTRODUCTION

Nowadays, all over the world, many edifications are being built in places previously disregarded due to their weak geotechnical properties, most of them near the coast or river mouths. Therefore, and considering that the scheduling for the inherent previous geological and geotechnical surveys are summarized, frequently less accurate information is given to the designers; sometimes, also less than what would be adequate. This leads to oversized or undersized projects that will impact economically during the project execution phase, namely increasing the time and the cost for all stakeholders, which is a major concern.

Some authors (Hoek and Palmeiri 1998; Chapman and Marcetteau 2004; Chapman 2008); corroborate that most of those delays and over budget in sites have their origins in geological and geotechnical problems, many of them occurring during the execution of the foundations. Much of those problems are treated as unpredictable and, afterwards, are usually stored, and that isn't always

appropriate since they are not analyzed with the due relevance.

In order to deal with such growing phenomena, the authors are developing a strategic procedure of risk management in the execution phase of deep foundations based upon the analyses of the geological and geotechnical fundamental knowledge of the ground, the construction work and how it will interfere with the economic budget. This procedure should be initiated in an early phase of the deep foundations construction where all the actions will be divided and analyzed, so they can be fully understood in the scope of the construction development, both in terms of "know how" and "Cost-control Based Activities" (CBA), so the technicians on site can decide what is the most cost/effective solution to implement, and thus considering the inherent cost and risk of doing it. Next, in the project execution phase, the site manager will have to work in two major directions: technical approach and budget; for these two issues, the site manager will have to analyze the decisions to be made, both in terms of risk and in cost perspective. Hence, this communication

A4.3 Risk management procedure in the execution of deep foundations (Classificação do prémio da apresentação)

LIST OF THE BEST PRESENTATION AND POSTER PRESENTATION AWARDS

No	Name	Country	Paper title
The best presentation award			
1	Prof. Dr.-Ing. Rolf Katzenbach	Germany	Prevention of mistakes at the design and the construction of deep foundations
2	Jae Hyun Park	Korea	Experimental study on local scour and effect of riprap as scour countermeasures for offshore wind turbine
3	Paula F. da Silva	Portugal	Risk management procedure in the construction of deep foundations
4	Nguyen Thuy Mai Khanh	Vietnam	Design for Deep Shaft Excavation with Adjacent High Slopes in Urban Areas of Hong Kong
5	Nguyen Trung Thanh	Vietnam	Natural prefabricated vertical drains - structure and geo - hydraulic properties
6	Panu Promputthangkoon	Thailand	Development of Cornstalk-Derived PVD and its Performance from a Laboratory Test
7	Jalmasco Maricris	Korea	Permeability of Unclogged and Clogged Pervious Concretes based on Experiments
8	John Erickson B. Delos Santos	Philippines	Application of Geotechnical (Slope) Monitoring as Early Warning System for Hazard Mitigation and Risk Reduction in an Industrial Facility in Central Philippines
The best poster presentation			
1	Keh-Jian. Shou	Taiwan	Predictive landslide susceptibility analysis along the mountain highway in central Taiwan

A4.4 Risk management interaction of bored piling construction on sandy soils with real time cost control (primeira página)

Artigo publicado na *Infrastructures* em 20 de abril 2021



infrastructures



Article

Risk Management of Bored Piling Construction on Sandy Soils with Real-Time Cost Control

Pedro Mata ^{1,*}, Paula F. Silva ¹ and Fernando F. S. Pinho ²

¹ GeoBioTec, Department of Earth Sciences, NOVA School of Science and Technology, FCT Nova, NOVA University of Lisbon, Campus de Caparica, 2829-516 Caparica, Portugal; apfs@fct.unl.pt

² CERIS, Department of Civil Engineering, NOVA School of Science and Technology, FCT Nova, NOVA University of Lisbon, Campus de Caparica, 2829-516 Caparica, Portugal; ffp@fct.unl.pt

* Correspondence: a6270@campus.fct.unl.pt



Citation: Mata, P.; Silva, P.F.; Pinho, F.F.S. Risk Management of Bored Piling Construction on Sandy Soils with Real-Time Cost Control. *Infrastructures* **2021**, *6*, 77. <https://doi.org/10.3390/infrastructures6050077>

Academic Editors: S. Sonny Kim, Jongwan Eun and Soontie Nam

Received: 14 April 2021

Accepted: 17 May 2021

Published: 20 May 2021

Publisher's Note: MDPI stays neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.



Copyright: © 2021 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Abstract: In a global society, in which geotechnical projects are increasingly designed in a country other than the one where construction takes place, geotechnical risk management must be extended to cover infrastructure works, which are smaller than dams and tunnels, for example, since there is a significant impact on works budget imponderables. Therefore, a risk management methodology based on the likelihood of the occurrence of certain events and their economic consequences is proposed, which is applicable to bored piles (Kelly drilled) in coarse soils, easy to use, and simple to implement since the initial stage of construction. Of 12 case studies of construction works involving bored piles (Kelly drilled) carried out in Luanda (Angola), two selected examples involving the proposed risk methodology on sandy soil layers with interbedded clays are discussed. Subsequently, whether the overall foundation contract budget is affected by assessed risk is determined, and what influence it has on the budget in the light of mitigating factors and associated real costs. This method intended to encourage the adaptation of sustainable risk management in bored piles construction by the site project managers, involving risk analysis concurrently with budgetary review. Though the level of assessed technical risk may be acceptable, overall costs associated with the contract in question may not be acceptable.

Keywords: risk management; bored piling; Kelly drilled; sandy soils; construction stage; activity-based costing (ABC)

1. Introduction

To achieve a sustainable building process, a rigorous economic and technical analysis is required in all design steps. One of the most widely used tools in geotechnics field consists of management of risks associated with a project, including the construction stage. Since the 90's of the 20th century, designers, contractors, and contracting organizations started to adopt risk management in large-scale construction structures, to avoid delays and budgets deviations and to reduce the associated insurance costs of which a large portion of it is generally allocated to the construction of deep piling [1], required to cover geological/geotechnical (hereafter referred to as geological), technical and human risks [2–6].

Nevertheless, there is still a disparity in the implementation of this tool between the design [7–9] and operational stages [2] for less technical complexity projects as foundations infrastructures, in contrast to large-scale structures [3,10,11], like dams [12] or tunnels [13,14]. While excavated piling works involving bored piles are usually regarded as less important construction works, they account for a huge portion of the overall special (deep) foundations costs. This is made worse in developing countries due to a lack of specialized human and technical resources, with projects being carried out that have often been designed in a different country, while the conduct of risk management at the construction stage is still comparatively rare [15]. In small-scale projects, managers and designers

2021

PEDRO MATA

GESTÃO DO RISCO NA CONSTRUÇÃO DE ESTACAS MOLDADAS E CRAVADAS DÚCTEIS E SUAS IMPLICAÇÕES ECONÓMICAS

