

# **Modelação de custos de edifícios do Ponto de Vista do Promotor**

**Francisco e Castro Nunes Pereira Monteiro**

Dissertação para a obtenção de grau de Mestre em

## **Engenharia Civil**

Orientadores:

Prof. Doutor Vítor Faria e Sousa

Eng. David Manuel de Carvalho Pereira Cardoso

### **Júri:**

Presidente: Prof. Doutor Jorge Manuel Caliço Lopes de Brito

Orientadores: Eng. David Manuel de Carvalho Pereira Cardoso

Vogal: Eng. Álvaro Manuel de Araújo da Cunha Vale e Azevedo/ Prof. Doutor Carlos  
Paulo Novais Oliveira da Silva Cruz

**Dezembro 2020**



## **DECLARAÇÃO**

Declaro que o presente documento é um trabalho original da minha autoria e que cumpre todos os requisitos do Código de Conduta e Boas Práticas da Universidade de Lisboa.



**“ SCIENTISTS INVESTIGATE THAT WHICH ALREADY IS; ENGINEERS CREATE THAT WHICH HAS  
NEVER BEEN.”**

**ALBERT EINSTEIN**



## RESUMO

O controlo financeiro dos empreendimentos de construção sempre foi e continuará a ser um dos aspetos chave em qualquer empreendimento, mais ainda nos empreendimentos privados. Como tal, compreender os fatores subjacentes ao desempenho financeiro dos mesmos e dispor de ferramentas que auxiliem na sua gestão é do interesse de todas as partes envolvidas.

Neste contexto, a presente dissertação visa modelar os custos de construção de edifícios de habitação e escritórios privados da perspetiva do promotor. A modelação será desenvolvida através (i) da definição de funções de custo e indicadores para controlar/verificar as estimativas orçamentais na fase de projeto e (ii) da proposta de abordagens para estimar a magnitude dos potenciais desvios durante a fase de construção. Para tal, serão utilizadas ferramentas estatísticas, nomeadamente, modelos de regressão linear múltipla, sobre uma base de dados com valores iniciais e finais de construção de empreendimentos imobiliários realizados pela Teixeira Duarte Imobiliária.

**Palavras-chave:** Função de Custo, Desvio de Custos, Promotor, Edifícios





## **ABSTRACT**

The financial control of construction projects has always been and will continue to be one of the key aspects in any development, even more so in private enterprises. As such, understanding the factors underlying their financial performance and having tools to assist in their management is in the interests of all parties involved.

In this context, this dissertation aims to model the costs of construction of private housing and office buildings from the perspective of the promoter. The modelling will be developed (i) by defining cost functions and indicators to control/check budget estimates at the design stage and (ii) by proposing approaches to estimate the magnitude of potential deviations during the construction phase. This will be done by using statistical tools, notably, models of multiple linear regression, on a database with initial and final values of construction of real estate developments undertaken by the Teixeira Duarte Real Estate.

**Key-words:** Cost Function, Cost Deviation, Promoter, Buildings



## **AGRADECIMENTOS**

Concluída mais uma etapa acadêmica da minha vida, o mestrado em Engenharia Civil, não poderia deixar de agradecer a todos os que, direta ou indiretamente, me ajudaram a alcançar este objetivo.

Começando por referir o Professor Doutor Vítor Sousa por toda a orientação ao longo dos últimos meses, todas as críticas construtivas, o incentivo que me deu para fazer esta dissertação, a partilha de toda a sua sabedoria e principalmente o apoio que me facultou durante todo este processo.

Gostava de expressar um enorme agradecimento à Teixeira Duarte Imobiliária por toda a disponibilidade demonstrada desde o início da elaboração da presente dissertação. Não poderia deixar de referir as duas pessoas que me orientaram dentro da empresa, os Engenheiros David Pereira Cardoso e André Melo Marques, pela incansável disponibilidade que mostraram durante toda esta dissertação.

Agradeço a todos os meus amigos que me ajudaram a atingir os meus objetivos e me acompanharam em todas as noites de estudo.

Por fim, com especial agradecimento refiro a minha família: a minha irmã por todo o carinho que me transmitiu ao longo destes anos e os meus pais por terem-me proporcionado as melhores condições para fazer o curso, por toda a paciência e apoio durante este trajeto e esta dissertação.



# ÍNDICE DE TEXTO

RESUMO .....	I
ABSTRACT .....	III
AGRADECIMENTOS .....	V
1 INTRODUÇÃO .....	1
1.1 Enquadramento .....	1
1.2 Objetivos .....	1
1.3 Organização .....	1
2 RESUMO DO CONHECIMENTO .....	3
2.1 Considerações gerais .....	3
2.2 Desvio de custos .....	4
2.2.1 Quantificação do desvio de custos .....	6
2.2.2 Qualificação de desvio de custos .....	7
2.3 Função de custo .....	11
3 CASO DE ESTUDO E METODOLOGIA .....	13
3.1 Caracterização da empresa .....	13
3.2 Caso de estudo .....	13
3.2.1 Edifícios de habitação .....	13
3.2.2 Edifícios de escritórios .....	15
3.3 Metodologia .....	17
3.3.1 Enquadramento .....	17
3.3.2 Recolha e tratamento dos dados .....	18
3.3.3 Análise preliminar dos dados .....	19
3.3.4 Modelação de dados .....	19
4 ANÁLISE E RESULTADOS .....	21

4.1	Edifícios de habitação .....	21
4.2	Edifícios de escritórios.....	30
4.3	Teste do modelo .....	38
4.4	Comparações de resultados.....	39
4.4.1	Edifícios de habitação e edifícios de escritórios.....	39
4.4.2	Edifícios da presente dissertação e empreendimentos de estudos internacionais .....	39
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	41
5.1	Síntese, contributos e principais conclusões .....	41
5.2	Desenvolvimentos futuros .....	41
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	43

# ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1: Contribuição do setor da construção para VAB em Portugal. ....	3
Figura 2.2: Contribuição do setor da construção para o emprego total. ....	4
Figura 3.1: Dados relativos ao número de empreitadas e anos de início e fim de construção de edifícios de habitação. ....	14
Figura 3.2: Cronograma relativo ao número de empreitadas e anos de início e fim de construção de edifícios escritórios. ....	16
Figura 3.3: Esquema dos objetivos da dissertação. ....	17
Figura 4.1: Relação entre o orçamento inicial atualizado da obra e o peso: a) estrutura; b) arquitetura; c) instalações especiais; estaleiro para edifícios de habitação. ....	22
Figura 4.2: Relação entre o preço unitário de orçamento da obra e o peso: a) estrutura; b) arquitetura; c) instalações especiais; estaleiro para edifícios de habitação. ....	22
Figura 4.3: Relação entre o desvio de custos da obra e o peso: a) estrutura; b) arquitetura; c) instalações especiais; estaleiro para edifícios de habitação. ....	23
Figura 4.4: Histograma de desvio de custo dos empreendimentos residenciais em Portugal. ....	26
Figura 4.5: Histograma de desvio de custo dos empreendimentos residenciais em África. ....	26
Figura 4.6: Modelo de orçamentos iniciais previstos dos empreendimentos residenciais. ....	29
Figura 4.7: Relação entre o orçamento inicial atualizado da obra e o peso: a) estrutura; b) arquitetura; c) instalações especiais; estaleiro para edifícios de escritórios. ....	30
Figura 4.8: Relação entre o preço unitário de orçamento da obra e o peso: a) estrutura; b) arquitetura; c) instalações especiais; estaleiro para edifícios de escritórios. ....	31
Figura 4.9: Relação entre o desvio de custos da obra e o peso: a) estrutura; b) arquitetura; c) instalações especiais; estaleiro para edifícios de escritórios. ....	32
Figura 4.10: Histograma de desvio de custo dos edifícios de escritórios. ....	34
Figura 4.11: Modelo de orçamentos iniciais previstos dos edifícios de escritórios. ....	37
Figura 4.12: Modelo de valor de venda final previsto dos edifícios de escritórios. ....	38





## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 2.1: Estudos quantitativos de desvio de custos. ....	7
Tabela 2.2: Estudos qualitativos de desvio de custos. ....	9
Tabela 2.3: Ranking de fatores de influência no excesso de custos em projetos de construção de empreiteiros internacionais. (Adaptado Vu et al., 2020) .....	10
Tabela 2.4: Estudos para determinar os fatores de custo relevantes. (Adaptado Stoy & Schalcher, 2007) .....	12
Tabela 3.1: Localização das empreitadas e índices gerais de edifícios de habitação. ....	14
Tabela 3.2: Dados estatísticos dos edifícios de habitação. ....	15
Tabela 3.3: Localização das empreitadas e índices gerais de edifícios de escritórios. ....	16
Tabela 3.4: Dados estatísticos dos edifícios de edifícios de escritórios. ....	17
Tabela 4.1: Estatística descritiva dos empreendimentos residenciais em Portugal. ....	24
Tabela 4.2: Estatística descritiva dos empreendimentos residenciais em África. ....	24
Tabela 4.3: Estatísticas de crise (1) e não crise (0) dos empreendimentos residenciais em Portugal. ....	25
Tabela 4.4: Teste de Levene e Teste-t para custos unitários e desvio de custos dos empreendimentos residenciais em Portugal. ....	25
Tabela 4.5: Correlações entre variáveis dos empreendimentos residenciais em Portugal. ....	27
Tabela 4.6: Modelo Base para empreendimentos residenciais. ....	27
Tabela 4.7: Modelo Linear para empreendimentos residenciais. ....	27
Tabela 4.8: Modelo Linear com constante para empreendimentos residenciais. ....	28
Tabela 4.9: Modelo Linear com crise para empreendimentos residenciais. ....	28
Tabela 4.10: Modelo Linear com crise e constante para empreendimentos residenciais. ....	28
Tabela 4.11: Correlação de Spearman dos empreendimentos residenciais. ....	29
Tabela 4.12: Estatísticas descritivas dos edifícios de escritórios. ....	33
Tabela 4.13: Estatísticas de crise (1) e não crise (0) dos edifícios de escritórios. ....	33
Tabela 4.14: Teste de Levene e Teste-t para custos unitários e desvio de custos dos edifícios de escritórios. ....	34
Tabela 4.15: Correlações entre variáveis dos edifícios de escritórios. ....	35

Tabela 4.16: Modelo Base para edifícios de escritórios. ....	35
Tabela 4.17: Modelo Linear para edifícios de escritórios.....	35
Tabela 4.18: Modelo Linear com constante para edifícios de escritórios. ....	36
Tabela 4.19: Modelo Linear com crise para edifícios de escritórios. ....	36
Tabela 4.20: Modelo Linear com crise e constante para edifícios de escritórios. ....	36
Tabela 4.21: Correlação de Spearman dos edifícios de escritórios. ....	37
Tabela 4.22: Modelo Linear de desvio de custos para edifícios de escritórios.....	38
Tabela 4.23: Dados do empreendimento residencial em Benfica. ....	38
Tabela 4.24: Dados comparativos entre edifícios de habitação e de escritórios. ....	39
Tabela 4.25: Comparação de desvio de custos entre estudos. ....	40
Tabela 4.26: Comparação de variáveis de custos entre estudos. ....	40

# **ABREVIATURAS E SIGLAS**

## **INSTITUIÇÕES**

INE	Instituto Nacional de Estatística
FEUP	Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto
IMPIC	Instituto dos Mercados Públicos do Imobiliário e da Construção
IST	Instituto Superior Técnico
FMI	Fundo Internacional Monetário

## **UNIDADES MONETÁRIAS**

EUR	Euro (€)
-----	----------

## **OUTRAS**

VAB	Valor Acrescentado Bruto
Ct	Coeficiente de Atualização
ABC	Área Bruta de Construção



# **1 INTRODUÇÃO**

## **1.1 ENQUADRAMENTO**

O risco está presente em todo o sector da promoção, porque a incerteza é algo que não se consegue quantificar detalhadamente. O risco na construção depende de diversas variáveis, tais como: segurança; condições meteorológicas; prazos; custos; ou outras.

Hoje em dia, a gestão de risco é fundamental para todos os intervenientes no setor da construção, em particular para os promotores. Nas variáveis associadas ao risco, destaca-se a dos custos. O desvio de custos está presente em todas as construções, pelo que um estudo empírico torna-se num apoio indispensável para precaver as incertezas em relação ao futuro.

Na atualidade, a competitividade entre empreiteiros é tão intensa, que as propostas de trabalho e orçamentos são elaborados com máxima otimização de custos e margens mínimas. Para que os empreiteiros não tenham prejuízo e, paralelamente, consigam obter lucro, essas propostas têm que ter em consideração os respetivos desvios de custos esperados.

Desta forma, o estudo do desvio de custos assegura uma sustentabilidade das empresas de construção, certificando um equilíbrio financeiro e uma otimização de recursos.

## **1.2 OBJETIVOS**

A presente dissertação tem 3 objetivos. Numa primeira parte, é efetuada a análise (i) do desvio de custos e (ii) da repartição de peso de custos por categorias: estrutura; arquitetura; instalações especiais; estaleiro para duas tipologias de edifícios, habitação e escritórios, e numa fase posterior, procede-se (iii) ao desenvolvimento de funções de custo para cada um dos tipos de edifícios referidos. Para tal, este estudo baseia-se em dados históricos referentes aos empreendimentos realizados pela Teixeira Duarte Imobiliária entre os anos 2000 e 2015.

O desvio de custos será calculado a partir do preço estimado previsto no orçamento inicial e do preço de venda final do empreiteiro ao promotor. Os preços do orçamento inicial e final incluem custos diretos e indiretos, sendo que o preço de venda final inclui também os erros e omissões relativos ao projeto que serviu de base para o orçamento inicial e os trabalhos a mais e a menos. A partir do desvio de custos de cada empreitada chegar-se-á a dados estatísticos que serão analisados e assim conseguindo-se obter valores e conclusões que ajudem os promotores em obras futuras.

As funções de custo serão calculadas recorrendo a um programa de estatística, cujo nome é SPSS. Através do teste das várias variáveis estudadas no Excel, pretende-se obter e identificar aquelas que se revelam mais condicionantes/importantes para se alcançar os resultados finais.

## **1.3 ORGANIZAÇÃO**

A presente dissertação de mestrado está dividida em 5 capítulos que refletem os passos sequenciais à realização da mesma. De seguida apresenta-se o resumo de cada capítulo que integra esta tese:

Capítulo 1: Introdução- neste capítulo é feito um enquadramento da presente dissertação e a importância do seu âmbito, são enumerados os seus objetivos e por fim é exibido como a mesma está organizada.

Capítulo 2: Resumo do Conhecimento- este capítulo é iniciado com uma caracterização do setor da construção em Portugal e o seu peso na economia Portuguesa. É explicada a importância do estudo da gestão de risco, mais concretamente as implicações que o tema dos desvio de custos tem para as empresas de construção. De seguida são apresentados estudos quantitativos e qualitativos, de âmbito nacional e internacional, elaborados por vários autores sobre o desvio e funções de custos.

Capítulo 3: Caso de Estudo e Metodologia- é composto por 3 subcapítulos, primeiramente é feita uma breve caracterização da empresa de construção estudada. Em seguida, é exposto o caso de estudo dividido em edifícios de habitação e escritórios, e por fim, a metodologia de estudo adotada na dissertação.

Capítulo 4: Análise e Resultados- neste capítulo são apresentados os resultados obtidos no estudo e feitas as suas devidas análises.

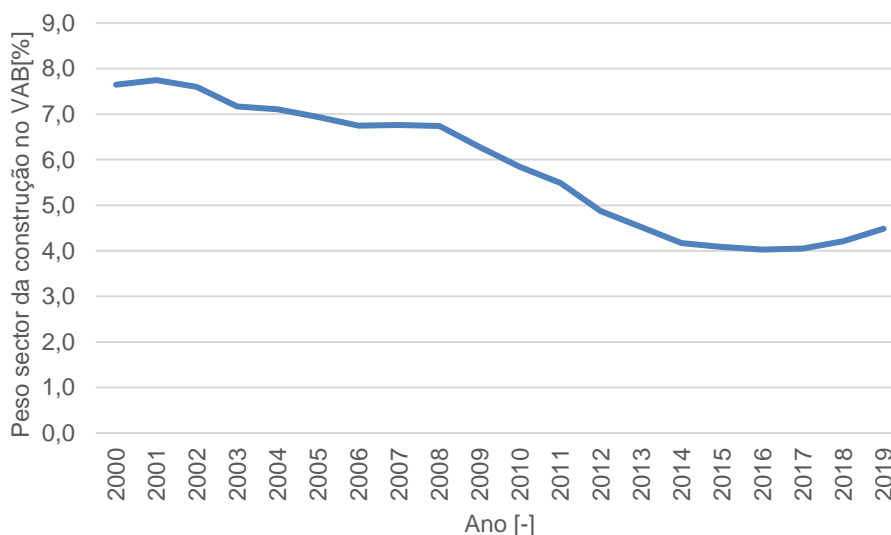
Capítulo 5: Considerações Finais- estão incluídas as conclusões sobre os objetivos que foram propostos para esta dissertação, as limitações do caso de estudo e a contribuição dos resultados deste estudo para o setor da construção, principalmente para os promotores.

## 2 RESUMO DO CONHECIMENTO

### 2.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS

O setor da construção é um dos setores mais importantes na economia Portuguesa. A construção tem um peso significativo no VAB (Valor Acrescentado Bruto), variando entre os 4% e os 8% dependendo do panorama financeiro em que o País se encontrava na altura (INE, n.d.-b). Este setor de atividade é responsável por uma fatia importante na taxa de empregabilidade em Portugal, com um peso medido entre os 5% e os 11% (INE, n.d.-a).

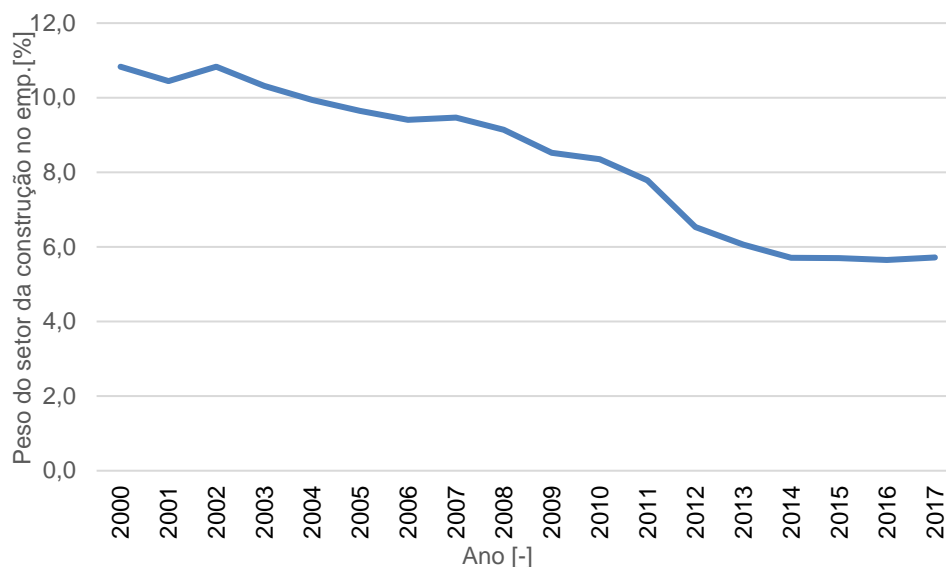
No início de 2000, o setor da construção tinha um peso aproximado de 7% do VAB em Portugal, valor esse que decresceu continuamente até pouco mais de 4% em 2016 – 2017 (**Figura 2.1**). Esse decréscimo foi particularmente acentuado no período da crise financeira internacional que também assolou Portugal entre os anos 2008 e 2013. Entre 2014 e 2017 o valor estabilizou ligeiramente acima de 4%, e nos anos mais recentes apresentou alguma recuperação (os dados de 2018 são provisórios e os de 2019 estimados).



**Figura 2.1: Contribuição do setor da construção para VAB em Portugal.**

Sem prejuízo do exposto, a importância do setor da construção na economia não se limita à análise do respetivo peso no VAB. Sendo um setor de mão-de-obra intensiva, é fundamental avaliar, igualmente, a sua contribuição para o emprego total (**Figura 2.2**). Conforme ilustram a **Figura 2.1** (*supra*) e a **Figura 2.2** (*infra*), o padrão da contribuição do setor da construção para o VAB e para o emprego é idêntico, com o último a diminuir de 11% em 2000 para menos de 6% em 2016-2017.

Em termos percentuais, o decréscimo da contribuição do setor para o VAB e para o emprego é relativamente equivalente, pelo que, não se identifica nenhuma alteração da estrutura de valor ou produtividade.



**Figura 2.2: Contribuição do setor da construção para o emprego total.**

A gestão do risco é fulcral para a estabilidade financeira de uma empresa. Como tal, existe uma Norma Europeia (Norma ISO 31000 2012, elaborada pelo grupo de trabalho de gestão técnica da *International Organization for Standardization*) que estabelece um conjunto de princípios que devem ser adotados para que a gestão do risco se torne eficaz.

As organizações de todos os tipos e dimensões enfrentam fatores e influências, internos e externos que tornam incerto se, e quando, atingirão os seus objetivos. O efeito que esta incerteza tem nos objetivos de uma organização designa-se por “risco” (Instituto Português da Qualidade, n.d.).

Sendo a construção, um sector de atividade com um peso significativo na economia de País, a presente dissertação tem um contributo quantitativo na gestão do risco, nomeadamente na parte dos custos de obra. Assim sendo, esta dissertação analisa o desvio e repartição por categoria de custos na construção de edifícios de habitação e de escritórios do ponto de vista do promotor, visto ser um tema muito pouco aprofundado a nível nacional e internacional e, ao mesmo tempo, ser deveras importante na gestão de empreitadas e na gestão das próprias empresas de construção.

Regra geral, os promotores apoiam-se apenas em dados empíricos para estimarem os custos das empreitadas, porém, uma função de custo consegue ser mais precisa na maior parte dos casos. Tendo acesso ao historial de obras e seus respetivos dados, conseguem-se obter essas funções de custo tão importantes e que a maioria dos promotores não as possui. Visto isto, o outro subtema examinado nesta dissertação é a obtenção destas funções atrás referidas para edifícios de habitação e escritórios.

## **2.2 DESVIO DE CUSTOS**

Os desvios orçamentais são obtidos através da comparação dos valores inicialmente orçamentados com os valores finais da empreitada. Esta diferença pode traduzir-se num resultado favorável ou desfavorável à empresa, dependendo do sinal obtido no cálculo efetuado (Gregório, 2016). O desvio



de custos numa empreitada existe e existirá sempre, atendendo à dilação temporal entre o momento em que um determinado orçamento é preparado e a data em que os custos são efetivamente incorridos e, nesse sentido, o futuro acarreta sempre uma grande incerteza. Acresce que, perante uma forte competitividade entre empreiteiros, os orçamentos são feitos com os preços e as margens de lucro baixas para que estes consigam ver as suas propostas adjudicadas pelo dono da obra no âmbito dos concursos para a contratação das empreitadas e, como tal, o desvio de custos tende a ser sempre positivo, chamado em inglês "cost overrun".

Como as margens de lucro são cada vez mais reduzidas, o mínimo desvio de custos ou prazos verificado pode comprometer a obtenção de lucro. Assim, torna-se necessário que as empresas implementem sistemas de gestão eficazes para conseguirem monitorizar e controlar periodicamente os custos incorridos durante o decurso da obra (Miranda, 2011).

O desvio de custos é influenciado por diversos fatores que não são controláveis pelos agentes da construção (empreiteiros, donos da obra e projetistas), tais como: inflação ou o aumento do custo dos materiais de construção; planeamento e coordenação deficientes; pedidos de alteração devido ao aprimoramento exigido pelos clientes e excesso de quantidade durante a construção (Nega, 2008)

A Ordem dos Engenheiros desenvolveu em 2006 um documento com recomendações para a redução de desvio de custos nas obras públicas, enumerando as causas para estes desvios de custos (Ordem dos Engenheiros, 2006):

- a) Deficiente definição dos programas preliminares dos projetos e do objeto das empreitadas.
- b) Os prazos legais para os procedimentos da contratação de projetos e de empreitadas não são compatíveis com os prazos politicamente desejáveis para o cumprimento dos programas e para colocar em utilização um bem que pretende satisfazer necessidades de interesse público.
- c) A informação prestada pelos donos da obra aos projetistas, sobre as características dos terrenos é normalmente insuficiente.
- d) Os donos da obra sujeitos ao regime jurídico de empreitadas de obras públicas, estimados em mais de 5.000, não estão, na sua maioria, habilitados com técnicos com competências para a definição dos programas preliminares dos projetos, identificação do âmbito dos trabalhos, contratação dos projetos, seu acompanhamento e lançamento dos concursos para contratação das empreitadas.
- e) O reduzido investimento no projeto e no acompanhamento das diferentes fases da sua elaboração tem conduzido a uma falsa economia numa das áreas mais críticas do processo produtivo, que mais tarde se transforma em custos acrescidos em obra.
- f) As empresas que se apresentam a concurso para a realização de uma empreitada não têm as mesmas capacidades, apesar de possuírem o mesmo tipo de alvarás, caracterizados por categorias, subcategorias e classe.
- g) A elevada concorrência no setor, decorrente da existência de um excessivo número de empresas de construção, legalmente com a mesma capacidade definida pela posse do alvará,

determina a apresentação de preços muito baixos na fase de concurso, para, posteriormente, se procurar recuperar na fase de execução da obra o que, justamente, deveria ter sido incorporado no preço proposto.

- h) Os concursos conceção – construção são uma modalidade que tende a ampliar as causas dos desvios anteriormente referidos, uma vez que os concursos são lançados, apenas, com um estudo prévio dos projetos, que deverão ser desenvolvidos pelos empreiteiros e com base no qual apresentam um preço.

### **2.2.1 QUANTIFICAÇÃO DO DESVIO DE CUSTOS**

Na **Tabela 2.1** está descrito um resumo de estudos quantitativos do desvio de custos a nível internacional, segundo a perspectiva de duas entidades distintas: empreiteiro e dono da obra. Como se consegue observar na, só 1 dos 16 estudos a nível internacional foi elaborado na ótica do empreiteiro, isto porque esta entidade de construção tende a esconder os valores e a não torná-los públicos. O estudo de (Kim et al., 2008) sobre o ponto de vista do empreiteiro, não tem informação sobre o desvio de custos médio, só a percentagem de empreendimentos com desvio de custos positivos e negativos.

Após a análise dos 16 estudos, procedeu-se ao cálculo das médias das seguintes variáveis: desvio de custos médios; percentagem (%) de empreendimentos com desvio de custos positivos; percentagem (%) de empreendimentos com desvio de custos negativos. Os resultados obtidos estão descritos na **Tabela 2.1**, mas é de salientar que, em cada estudo, o número e tipologia de empreendimentos são distintos, logo os resultados não são totalmente precisos.

Observando a média das 3 variáveis descritas na **Tabela 2.1**, percebe-se que o valor do desvio de custos é bastante elevado e que a percentagem de desvio de custos positivos também tem margem para descer no futuro com a continuação da investigação deste tema.

A maioria dos estudos recolhidos são referentes a tipologias de estruturas que são propícias a terem sempre grande desvio de custos, visto serem de grandes dimensões e grau de complexidade, como são os casos dos empreendimentos de estradas, aeroportos, portos e ferrovias.

No caso do estudo realizado na Malásia (Shehu et al., 2014), referente a edifícios residenciais, dos 59 edifícios analisados, 29 tiveram um desvio negativo e 2 não tiveram desvio algum. O número de edifícios com desvio de custo positivo foi 28, um valor bastante interessante a comparar com o que se pratica em Portugal. O desvio de custo médio calculado neste estudo foi 2,5%, mas ao considerarem-se apenas os edifícios com desvio positivo a média passa para 7,9%, valor mais aproximado do que acontece em Portugal em obras privadas de edifícios de habitação.

O estudo Português (Pinheiro Catalão et al., 2019), investigou 4305 obras públicas de infraestruturas entre 1980 e 2012, chegando a um desvio médio entre governos locais e centrais de 19%, valor muito elevado e que influencia a economia portuguesa. Este tipo de estudo tem o objetivo de auxiliar os governos a entenderem os fatores que influenciaram este excesso de custos.

**Tabela 2.1: Estudos quantitativos de desvio de custos.**

País	Autor	Empreendimentos	Entidade	Desvio de custos médio [%]	Empreendimentos com desvio + [%]	Empreendimentos com desvio - [%]
Austrália	(Love et al., 2013)	115 (tuneis, estradas e estações de tratamento de esgotos)	Dono da obra, Empreiteiro e Projetista	11,8		
Austrália	(Love et al., 2015)	49 (estradas)	Dono da obra	13,8		
Coreia do Sul	(Kim et al., 2008)	126 (internacionais)	Empreiteiro		39	31
	(Lee, 2008)	161 (estradas, aeroportos, portos e ferrovias)	Dono da obra		88	12
E.U.A	(Chen et al., 2015)	254 (edifícios comerciais/institucionais)	Dono da obra	6,5		
Etiópia	(Nega, 2008)	70 (edifícios)	Dono da obra		96	4
Jordânia	(Al-Momani, 1996)	125 (escolas)	Dono da obra	30		
Jordânia	(Al-Hazim et al., 2017)	14 (infraestruturas)	Dono da obra	114		
Malásia	(Endut, Intan Rohani; Akintoye, Akintola; Kelly, 2005)	359 (infraestruturas e edifícios)	Dono da obra	2,1		
Malásia	(Shehu et al., 2014)	59 (edifícios residenciais)	Dono da obra	-2,5	40	56
Noruega	(Odeck, 2004)	620 (rodoviários)	Dono da obra	7,9	52	35
Portugal	(Pinheiro Catalão et al., 2019)	4305 (infra estruturas)	Dono da obra	19		
Qatar	(Senouci et al., 2016)	14 (edifícios)	Dono da obra		70,3	
Sri Lanka	(Priyantha et al., 2011)	58 (autoestradas)	Dono da obra	10,2	66	33
Suécia	(Lundberg et al., 2011)	102 (rodoviários)	Dono da obra	11,1		
		65 (ferroviários)	Dono da obra	21,1		
Vários	(Flyvbjerg, 2007)	258 (vias)	Dono da obra	33		
<b>Média</b>				<b>21,4</b>	<b>64,5</b>	<b>28,5</b>

### 2.2.2 QUALIFICAÇÃO DE DESVIO DE CUSTOS

As causas para desvio de custos em empreitadas diferem consoante a entidade em questão: empreiteiros; donos da obra; projetistas. Os empreiteiros através das margens mínimas que se

propõem a concurso têm que ir procurar lucro nos trabalhos a mais, custos estes que são suportados pelo dono da obra, este é um exemplo da diferença de ponto de vista de ambas as entidades da construção.

A maioria dos estudos internacionais descreve as causas de um ponto de vista geral, ou seja, faz um questionário a especialistas das 3 entidades (empreiteiros, dono da obra e projetista) e por conseguinte faz uma listagem das causas sem distinguir a quem são atribuídas separadamente.

Na **Tabela 2.2**, estão enumeradas um conjunto de causas que influenciam o desvio de custos positivo, analisadas por autores internacionais em distintos países. Através de alguns autores conseguiu-se identificar as principais causas atribuídas a cada uma das 3 entidades: empreiteiro; dono da obra; projetista.

**Empreiteiro:** Flutuações de preços de materiais, equipamentos ou mão-de-obra; trabalhos a mais; erros durante a construção e empreiteiros ineficientes.

**Dono da obra:** Dimensão, natureza e complexidade do projeto; aumento das exigências de projeto; modo de financiamento e pagamento dos trabalhos concluídos.

**Projetista:** Alterações, erros e má qualidade dos projetos; método errado de estimativa de custos..

Na **Tabela 2.3**, está apresentado um estudo realizado por (Vu et al., 2020) sobre a influência de fatores no desvio de custos positivo de projetos de construção no Vietname realizados por empreiteiros internacionais. A análise está dividida em 6 entidades ligadas à construção: empreiteiro; subempreiteiro; dono da obra e gestor de projeto; arquiteto; engenheiro; outros. Foi feito um ranking por influência de cada fator.

Salientam-se os 3 fatores com maior influência no desvio de custos positivo: 1- extensão da execução do projeto relacionada com a necessidade do dono da obra/gestor de projeto de atrasar o projeto devido à situação do mercado, falta de financiamento ou problemas com as fontes de financiamento, problemas de conceção ou problemas de construção do local; 2- enorme aumento da procura de trabalhadores da obra relacionado com um forte aumento na procura de trabalhadores na indústria da construção, o que resultou em escassez, em grande parte afetando o plano de gestão global, como a construção e horários de entrega de contratantes estrangeiros com outros fatores; 3- suspensão do contrato ou cancelamento arbitrário do contrato devido à necessidade do dono de obra/empreiteiro por muitas razões tais como um problema legal, sem licenças de construção concedidas, sem acordos de ligação disponíveis, uma crise económica devido a uma epidemia, o congelamento do mercado imobiliário e etc (Vu et al., 2020).

**Tabela 2.2: Estudos qualitativos de desvio de custos.**

<b>Causas</b>	(Frimpong et al., 2003)	(Odeck, 2004)	(Iyer & Jha, 2005)	(Shane et al., 2009)	(Priyantha et al., 2011)	(Cheng et al., 2013)	(Mahamid, 2013)	(Aziz, 2013)	(Derakhshanlavijeh & Teixeira, 2017)	(Abusafiya & Suliman, 2017)
Alterações, erros e má qualidade dos projetos				D	P		T	P	P	T
Dimensão, natureza e complexidade do projeto	T		T	D			T			
Condições do local de obra e do terreno		D		D			T			
Flutuações de preços de materiais, equipamentos ou mão de obra	T					T		E	T	
Problemas com a fase de proposta					D					
Aumento das exigências de projeto					D					
Inadequado planeamento de obra	T		T	D				D	T	T
Modo de financiamento e pagamento dos trabalhos concluídos				D				D		
Trabalhos a mais								D		
Problemas financeiros	T		T					D		
Empreiteiros ineficientes								D		T
Método errado de estimativa de custos e tempo	T			D				P	P	T
Estudo de pré-construção inapropriado								P		
Práticas fraudulentas, subornos e corrupção								E		
Controlo financeiro deficiente no local								E		
Atrasos nos trabalhos										T
Erros durante a construção	T								T	T
Alterações de âmbito do empreendimento				D						
Conhecimento técnico ou experiência insuficiente, por uma ou mais das partes intervenientes no empreendimento	T		T							
Conflitos entre entidades interessadas			T							
Forte concorrência de mercado			T							
Condições meteorológicas	T		T							
Pressão na manutenção dos projetos mais pequenos		T								
Atraso na aprovação de trabalhos	T									
Carência de mão-de-obra	T									
<b>D- Dono de obra</b>	<b>E- Empreiteiro</b>			<b>P- Projetista</b>			<b>T- Geral</b>			

**Tabela 2.3: Ranking de fatores de influência no excesso de custos em projetos de construção de empreiteiros internacionais. (Adaptado Vu et al., 2020)**

Nº	Ranking de factores de influência no excesso de custos em projectos de construção de empreiteiros internacionais	Média	Rank
I	Factores relacionados com os empreiteiros		
1	Situação financeira instável	2.99	10
2	Experiência limitada na organização da construção	2.98	11
3	Gestão fraca e controlo deficiente das quantidades	3.14	04
4	Gestão fraca e má supervisão da qualidade e do horário	2.70	25
5	Segurança no trabalho sem garantia	2.71	24
6	Gestão fraca do armazém de material e maquinaria do locais	2.37	29
7	Gestão deficiente dos contratos com os proprietários no que diz respeito a quantidades crescentes e reparação dos defeitos e condições contratuais desfavoráveis para os empreiteiros	3.07	06
8	Atraso no processo de tomada de decisão dos empreiteiros	2.69	26
9	Comunicação inadequada entre empreiteiros e subempreiteiros	2.94	14
II	Fatores relacionados com o proprietário e o gestor do projecto		
10	Atrasos de pagamento por parte dos proprietários	3.00	09
11	Más qualificações dos donos da obra	2.97	12
12	Extensão do calendário de implementação do projecto	3.49	01
13	Suspensão do contrato ou cancelamento arbitrário do contrato	3.19	03
14	Atraso e entrega incompleta do estaleiro de construção	3.12	05
15	Apresentação deliberada pelos donos da obra de quantidades incompletas nos documentos de licitação	2.84	20
III	Fatores relacionados com o arquiteto		
16	Má qualidade dos documentos de projeto	2.95	13
17	Atrasos em lidar com alterações de projeto	2.67	27
18	Adopção de códigos e normas de construção diferentes dos sempre aplicáveis aos projectos de empreiteiros estrangeiros nos seus países	2.35	31
IV	Fatores relacionados com o engenheiro		
19	Más qualificações dos engenheiros do local	2.78	23
20	Instruções e decisões inoportunas sobre a aceitação e aprovação de projetos e quantidades	2.80	21
V	Fatores relacionados com subempreiteiros e fornecedores		
21	Financiamento insuficiente dos subempreiteiros para a construção	2.79	22
22	Experiência de construção deficiente dos subempreiteiros	2.93	15
23	Fornecimento de materiais de má qualidade e atrasos no fornecimento	2.93	16
VI	Outros factores de influência		
24	Dificuldades ou atrasos no processo de aprovação e licenciamento por parte das autoridades administrativas	3.05	07
25	Alterações de documentos jurídicos com impacto nos projetos	3.01	08
26	Inflação ou aumento das taxas de juro	2.87	18
27	Grande aumento da procura de trabalhadores da obra	3.26	02
28	Documentos de levantamento geológico obscuros e incompletos	2.87	19
29	Más condições climáticas	2.88	17
30	Diferenças na cultura e nos ambientes de trabalho e barreiras linguísticas	2.36	30
31	Burocracia, corrupção e suborno das partes interessadas	2.60	28

### 2.3 FUNÇÃO DE CUSTO

Esta dissertação tem como objetivo estudar os custos na construção, como tal, a criação de funções de custo tendo em conta uma série de variáveis condicionantes às empreitadas torna-se uma ferramenta muito importante e que a maioria dos promotores não possui.

A função de custo é, portanto, o resultado de tentar compreender, explorar ou descrever o fenómeno em causa, no qual estão simultaneamente envolvidos diversos fatores que concorrem para o custo final e as respetivas interações (Lopes, 2014)

De acordo com os métodos de estimativa de custos, as abordagens de cima para baixo e de baixo para cima são as duas principais abordagens para a estimativa de custos. Por um lado, a abordagem de cima para baixo ocorre na fase conceptual e depende dos dados históricos dos custos, a partir dos quais os dados de projetos semelhantes são recuperados para estimar o projeto atual. Por outro lado, a abordagem da base para o topo requer informação detalhada sobre o projeto estudado (Elmousalami, 2020).

Existem variadas métodos para calcular estimativas de custos: análises estatísticas; técnicas de inteligência artificial; comparações com projetos semelhantes. A presente dissertação está focado em regressões lineares múltiplas (análises estatísticas) para a estimativa de custos de empreitadas.

A análise de regressão múltipla (ARM) é uma análise estatística que utiliza os dados fornecidos para aplicações de previsão. Com base no histórico dos casos, a análise de regressão desenvolve uma forma matemática para se ajustar aos dados fornecidos (Campo 2009; Walker 1989). Esta forma matemática pode ser formulado como  $Y = B_0 + B_1X_1 + B_2X_2 + \dots + B_nX_n$ , onde: Y=variável dependente;  $B_0$  = constante;  $B_i$  =coeficiente da variável  $X_i$ ;  $X_i$  = variáveis independentes. A alteração por uma unidade de a variável independente  $X_1$  provoca uma alteração por  $B_1$  na variável dependente Y. Da mesma forma, a mudança por uma unidade do independente da variável  $X_2$  provoca uma alteração por  $B_2$  na variável dependente Y. Além disso, o sinal de  $B_1$  e  $B_2$  determina a diminuição ou aumento da variável dependente Y. O objetivo da regressão modelo é representar matematicamente os dados com um mínimo de previsão erro. Por conseguinte, a análise de regressão é aplicada na estimativa de modelagem de custos para representar as relações de custo estimado em que a previsão de custos é representada como a variável dependente e os fatores de custo são representadas como as variáveis independentes (Elmousalami, 2020).

A **Tabela 2.4** foi adaptada do estudo de (Stoy & Schalcher, 2007) e foram acrescentados mais 2 estudos realizados por autores internacionais, incluindo (Stoy et al., 2008). Todos estes estudos são relativos a edifícios, maioritariamente a edifícios de habitação. O objetivo de todos estes estudos foi a estimativa de custos de empreitadas.

Alguns dos autores recorreram a técnicas de inteligência artificial para chegar à estimativa de custos desejada, como é o caso de (Bayram et al., 2016). Grande parte dos autores optaram por utilizar métodos estatísticos como as regressões lineares e logarítmicas.

Os fatores de custo mais determinantes a que se chegaram nestas análises foram: área útil e bruta de pavimento; área total de construção; duração de projeto; número de pisos; local da construção; custos e financiamento; tipo de projeto; características do projeto; altura do edifício.

**Tabela 2.4: Estudos para determinar os fatores de custo relevantes. (Adaptado Stoy & Schalcher, 2007)**

	Autor											
	(Thalman , 1998)	(Elhag e Boussabaine , 1998)	(Emsley et al , 2002)	(Picken and Ilzor. 2003)	(Attalla and Hegazy , 2003)	(Skitmore and Ng , 2003)	(Elhag et al, 2005)	(Li et al, 2005)	(Love 2002; Love et al, 2005)	(Wheaton and Simonton , 2005)	(Stoy et al., 2008)	(Bayram et al., 2016)
Empreendimentos	15 (residenciais)	30 (escolas)	288	36 (residenciais)	50 (projetos de escritórios)	93	Literatura e entrevistas	30 (escritórios)	161	42 340 (residenciais) e 18 469 (escritórios)	75 (residenciais)	232 (projectos públicos)
<b>Método</b>												
Regressão	X		X	X	X	X		X	X	X	X	
Redes neurais		X	X		X							X
Nenhum							X					
<b>Fatores de custo</b>												
Área total útil ou bruta de construção	X	X						X	X	X	X	X
Número de pisos		X								X		X
Altura do edifício				X				X				X
Duração da construção		X							X		X	
Ano de construção	X									X		
Localização			X								X	
Tipo de edifício		X				X		X		X		
Custos e financiamento					X	X	X					
Processos contratuais						X	X					
Características de projeto			X		X		X				X	
Número de elevadores											X	
% de paredes externas ou vão dos caixilhos	X										X	
Tipo de cliente						X	X					
Método de seleção de empreiteiros						X	X					
Características do projetista							X					



### 3 CASO DE ESTUDO E METODOLOGIA

#### 3.1 CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA

Como caso de estudo para esta dissertação escolheu-se a Teixeira Duarte Imobiliária. As empreitadas objeto de análise são todas empreitadas privadas.

O Grupo Teixeira Duarte, do qual a Teixeira Duarte Imobiliária faz parte, tinha 10763 trabalhadores e um Volume de Negócios de 877 milhões de euros em 2019 (Teixeira Duarte, 2020).

#### 3.2 CASO DE ESTUDO

Este estudo baseia-se numa amostra constituída por 13 empreitadas de edifícios de habitação e 9 de edifícios de escritórios, iniciadas entre os anos 2000 a 2015. O extenso intervalo de tempo analisado atravessa contextos da empresa, do setor e da economia em geral muito diversificados. A evolução interna na própria empresa obrigou a um esforço acrescido na recolha de dados das empreitadas de modo a criar uma base de informação potencialmente relevante completa, o que nem sempre foi possível.

É de salientar que os valores são influenciados pela crise europeia que atingiu Portugal em 2008, mas que com a intervenção da Troika em 2011, os valores não se alteraram muito devido a desconfiança dos mercados, e só após, a saída da Troika é que os mercados voltaram novamente a ganhar confiança.

##### 3.2.1 EDIFÍCIOS DE HABITAÇÃO

Os edifícios de habitação foram uma das duas tipologias escolhidas para esta análise. Das 13 empreitadas analisadas, 11 são em Portugal e 2 em África (Moçambique e Angola) (**Tabela 3.1**).

Para permitir comparar mais facilmente a diferença de custo total entre empreitadas, calculou-se o índice de preços atualizado dividindo o preço do orçamento atualizado pelo preço médio do orçamento atualizado que está representado na **Tabela 3.1**. Constata-se que os valores dos orçamentos das empreitadas em África são muito superiores aos de Portugal, com valores de 230% e 260% superiores à média global da amostra (**Tabela 3.1**). Isto é explicado, entre outros fatores, pelos custos associados com a exportação de materiais, mão-de-obra e equipamentos.

Calculou-se também o índice de área total, subtraindo a área total de cada empreendimento pela área total média (**Tabela 3.1**). Comparando os índices de orçamento atualizado e de área total para cada empreendimento percebe-se que há uma proporcionalidade direta entres os dois, exceto nas empreitadas de Vila Nova de Gaia números 6, 8 e 9 e na empreitada em Angola que existe uma maior discrepância entre os dois índices, com um índice de área total de 109% e um índice de orçamento atualizado de 234%. Pode-se concluir que o preço de € / m<sup>2</sup> em Angola é muito mais caro do que em Portugal.

De modo a perceber-se melhor a repartição de custos das empreitadas, dividiu-se o valor de orçamento inicial das obras em 4 categorias: estrutura; arquitetura; instalações especiais; estaleiro (**Tabela 3.1**).

Em média, o valor do peso da arquitetura é aproximadamente o dobro dos pesos da estrutura e instalações especiais, e 4 vezes maior do que o peso do estaleiro (**Tabela 3.1**).

A arquitetura domina no que toca à proporção que representa no custo da empreitada, rondando cerca de 45%-50% na maioria dos casos. Este resultado é consistente com o facto de todos estes edifícios serem de gama média/alta, com padrões de qualidade de acabamentos, conforto, equipamentos elevados e principalmente devido à grande compartimentação.

**Tabela 3.1: Localização das empreitadas e índices gerais de edifícios de habitação.**

Nº	Localização	Estrutura (% C. S.Total)	Arquitetura (% C. S.Total)	Ins. Especiais (% C. S.Total)	Estaleiro (% C. S.Total)	I. de preços de orç. atualizado (%)	I. de área total (%)
1	Queijas	29,1%	34,5%	23,8%	12,6%		130%
2	Oeiras	17,1%	49,5%	18,9%	14,5%	18%	21%
3	Vila Nova de Gaia	28,2%	51,4%	12,2%	8,2%	107%	122%
4	Oeiras	22,3%	47,3%	17,0%	13,4%	37%	49%
5	Lisboa	23,0%	45,0%	20,0%	12,0%	34%	39%
6	Vila Nova de Gaia	24,2%	50,4%	13,9%	11,5%	94%	142%
7	Amadora	18,8%	46,3%	24,2%	10,7%	48%	76%
8	Vila Nova de Gaia	27,9%	44,1%	9,5%	18,5%	104%	148%
9	Vila Nova de Gaia	16,3%	54,7%	20,1%	8,9%	123%	203%
10	Angola	25,0%	43,0%	12,0%	20,0%	234%	109%
11	Moçambique	20,9%	46,1%	25,5%	7,5%	256%	
12	Oeiras	12,7%	50,1%	26,0%	11,2%	34%	46%
13	Restelo	23,5%	43,0%	22,4%	11,1%	110%	116%
<b>Média</b>		<b>22,2%</b>	<b>46,6%</b>	<b>18,9%</b>	<b>12,3%</b>		
<b>Mediana</b>		<b>23,0%</b>	<b>46,3%</b>	<b>20,0%</b>	<b>11,5%</b>		
<b>Moda</b>			<b>43,0%</b>				
<b>Desvio Padrão</b>		<b>5,0%</b>	<b>5,0%</b>	<b>5,6%</b>	<b>3,7%</b>		
<b>Máximo</b>		<b>29,1%</b>	<b>54,7%</b>	<b>26,0%</b>	<b>20,0%</b>		
<b>Mínimo</b>		<b>12,7%</b>	<b>34,5%</b>	<b>9,5%</b>	<b>7,5%</b>		

Conforme se consegue observar na **Figura 3.1**, as empreitadas de edifícios de habitação foram iniciadas entre os anos 2002 e 2015. No período entre 2008 e 2012 não existem obras iniciadas, coincidindo com o início da crise até a chegada da Troika a Portugal.

Nº	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
1																
2																
3																
4																
5																
6																
7																
8																
9																
10																
11																
12																
13																
<b>Ano</b>	<b>2002</b>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>

**Figura 3.1: Dados relativos ao número de empreitadas e anos de início e fim de construção de edifícios de habitação.**

Por motivos de confidencialidade os valores de custos individuais para cada empreendimento não são referenciados. Na **Tabela 3.2** estão enumerados dados estatísticos relativos aos edifícios de habitação. O valor médio do orçamento inicial atualizado é 7 859 723 euros. O valor máximo do orçamento inicial

atualizado destas empreitadas é 20 139 455 euros. O valor mínimo do orçamento atualizado das empreitadas é 1 443 659 euros.

Os edifícios de habitação são elevados, com uma média de 7 pisos acima do solo e 3 abaixo do solo conforme descrito na **Tabela 3.2**. O desvio de custo médio é de 4,9%, variando entre um mínimo de -13,4% e um máximo de 24,7%. De salientar que estes dados incluem as 2 obras em África.

O desvio de custos das obras em Vila Nova de Gaia (3) e Lisboa (5) tem valores mais significativos devido à implementação de soluções diferentes das inicialmente orçamentadas.

**Tabela 3.2: Dados estatísticos dos edifícios de habitação.**

Nº	Localização	Orçamento inicial atualizado (euros)	Valor final de venda atualizado (euros)	Desvio de custo (%)	Duração (dias)	Pisos enterrados	Pisos acima do solo	ABC (abaixo do solo)	ABC (acima do solo)	Preço unitário de orçamento atualizado (euros/m2)	Preço unitário de venda atualizado (euros/m2)
1	Queijas				360			5748	6444		
2	Oeiras				280			420	1557		
3	Vila Nova de Gaia			-13,4%	320	4	3	4457	6942		
4	Oeiras				240			1314	3270		
5	Lisboa			24,7%	240	4	7	1298	2325		
6	Vila Nova de Gaia			8,2%	320	3	10	4092	9226		
7	Amadora				320	3	5	3303	3852		
8	Vila Nova de Gaia			3,9%	420	3	4	5147	8740		
9	Vila Nova de Gaia			0,3%	480	4	10	7108	11899		
10	Angola			2,6%	360	4	11	3590	6649		
11	Moçambique			8,8%	440						
12	Oeiras			1,8%	360	1	7	1122	3158		
13	Restelo			7,5%	300	1	4	3400	7481		
	<b>Média</b>	7859723	9633663	4,9%	342	3	7	3417	5962	750	798
	<b>Mediana</b>	7777854	8240129	3,9%	320	3	7	3495	6547	642	638
	<b>Moda</b>				360	4	7				
	<b>Desvio Padrão</b>	6044671	6155444	10,0%	73	1	3	2062	3159	361	416
	<b>Máximo</b>	20139455	21905880	24,7%	480	4	11	7108	11899	1798	1844
	<b>Mínimo</b>	1443659	2746436	-13,4%	240	1	3	420	1557	507	508

### 3.2.2 EDIFÍCIOS DE ESCRITÓRIOS

Os escritórios foram a outra tipologia escolhida para este estudo. Das 9 empreitadas em causa, 7 estão inseridas na região de Oeiras, as 2 restantes estão localizadas em Vila Nova de Gaia e na Amadora.

É de salientar que neste tipo de edifícios em causa a área abaixo do solo é por vezes superior à área acima do solo (**Tabela 3.3**), visto que os escritórios têm a forma de um quarteirão fechado com logradouro no meio da parte acima do solo. Com o índice de preço de orçamento inicial atualizado consegue-se conferir que os orçamentos das empreitadas de escritórios são praticamente homogêneos, com exceção das empreitadas número 6 e 9.

O número de pisos enterrados e acima do solo são também muito semelhantes, com valores a rondar o valor 4 para pisos enterrados e os valores 4 a 5 para pisos acima do solo, excluindo a empreitada em Vila Nova de Gaia que tem 17 pisos acima do solo. Este facto explica-se pela mesma localização da maioria dos edifícios, seguindo portanto uma lógica de edificação consistente.

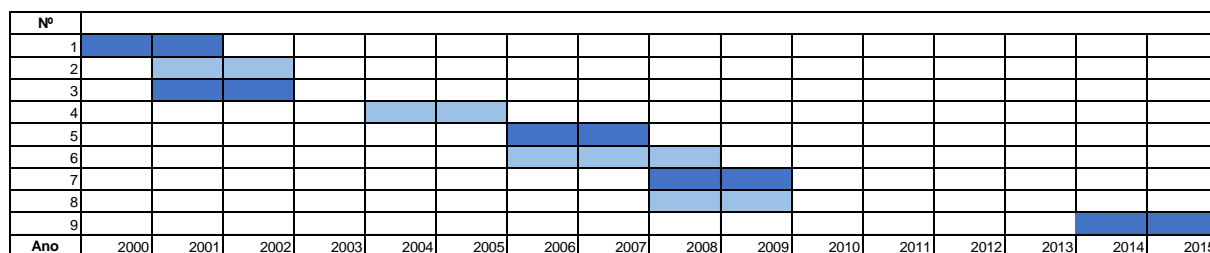
Na **Tabela 3.3** percebe-se a homogeneidade entre os índices de orçamento atualizado e os de área total, com exceção da obra de Vila Nova de Gaia que tem um preço de € / m2 superior aos restantes empreendimentos.

Tal como, nos edifícios de habitação dividiu-se o valor de orçamento inicial das obras em 4 categorias: estrutura; arquitetura; instalações especiais; estaleiro (**Tabela 3.3**).

**Tabela 3.3: Localização das empreitadas e índices gerais de edifícios de escritórios.**

Nº	Localização	Estrutura (% total)	Arquitetura (% total)	Ins. Especiais (% total)	Estaleiro (% total)	I. de preços de orç. atualizado (%)	I. de área total (%)
1	Oeiras	24,0%	32,5%	34,4%	9,1%	104%	87%
2	Oeiras	25,9%	31,3%	32,5%	10,3%	101%	100%
3	Oeiras	24,8%	32,0%	32,7%	10,5%	102%	98%
4	Vila Nova de Gaia	27,4%	35,9%	27,8%	8,9%	160%	121%
5	Oeiras	32,7%	33,2%	24,9%	9,2%	117%	122%
6	Amadora	17,7%	44,9%	27,0%	10,4%	34%	34%
7	Oeiras	29,9%	32,1%	27,2%	10,8%	85%	101%
8	Oeiras	30,4%	34,1%	24,8%	10,7%	142%	166%
9	Oeiras	27,4%	29,6%	29,9%	13,1%	55%	71%
<b>Média</b>		<b>26,7%</b>	<b>34,0%</b>	<b>29,0%</b>	<b>10,3%</b>		
<b>Mediana</b>		<b>27,4%</b>	<b>32,5%</b>	<b>27,8%</b>	<b>10,4%</b>		
<b>Moda</b>		<b>27,4%</b>					
<b>Desvio Padrão</b>		<b>4,4%</b>	<b>4,5%</b>	<b>3,5%</b>	<b>1,3%</b>		
<b>Máximo</b>		<b>32,7%</b>	<b>44,9%</b>	<b>34,4%</b>	<b>13,1%</b>		
<b>Mínimo</b>		<b>17,7%</b>	<b>29,6%</b>	<b>24,8%</b>	<b>8,9%</b>		

Através da **Figura 3.2** consegue-se ver que a amostra de empreitadas de escritórios têm início entre os anos de 2000 e 2014. Tal como no caso dos edifícios de habitação, a crise teve influência na construção deste tipo de edifícios, visto que entre os anos 2009 e 2013 não existiram novas empreitadas de edifícios de escritórios.



**Figura 3.2: Cronograma relativo ao número de empreitadas e anos de início e fim de construção de edifícios escritórios.**

Por motivos de confidencialidade os valores de custos individuais para cada empreendimento não são referenciados. A **Tabela 3.4**, tem anexada os dados estatísticos mais relevantes para este estudo em específico. O orçamento inicial atualizado é 9 171 094 euros, sendo que o desvio de custos médio é 2,1%, valor mais baixo do que os edifícios de habitação, fator devido aos acabamentos e compartimentação que os edifícios de habitação têm. Os valores máximos e mínimos do orçamento atualizado são 14 706 129 e 3 078 278 euros, respetivamente. Em relação aos valores do desvio de custos máximo e mínimo são 10,6% e -6,1%, respetivamente.

O desvio de custos das obras em Oeiras (8) tem valores mais significativos devido à implementação de soluções diferentes das inicialmente orçamentadas.

**Tabela 3.4: Dados estatísticos dos edifícios de edifícios de escritórios.**

Nº	Localização	Orçamento inicial atualizado (euros)	Valor final de venda atualizado (euros)	Desvio de custo (%)	Duração (dias)	Pisos enterrados	Pisos acima do solo	ABC (abaixo do solo)	ABC (acima do solo)	Preço unitário de orçamento atualizado (euros/m2)	Preço unitário de venda atualizado (euros/m2)
1	Oeiras				240	3	4	8244	6450		
2	Oeiras				240	3	4	10050	6880		
3	Oeiras				240	3	4	9765	6880		
4	Vila Nova de Gaia			1,7%	320	4	17	8896	11705		
5	Oeiras			-0,1%	360	4	6	11500	9188		
6	Amadora				320	3	8	1989	3831		
7	Oeiras			4,4%	260	4	5	10395	6786		
8	Oeiras			10,6%	340	5	5	17313	10800		
9	Oeiras			-6,1%	240	3	4	7353	4765		
<b>Média</b>		9171094	10603592	2,1%	284	4	6	9501	7476	539	525
<b>Mediana</b>		9358289	10718214	1,7%	260	3	5	9765	6880	529	513
<b>Moda</b>					240	3	4		6880		
<b>Desvio Padrão</b>		3602357	4286207	6,1%	50	1	4	4018	2616	94	123
<b>Máximo</b>		14706129	14958406	10,6%	360	5	17	17313	11705	714	726
<b>Mínimo</b>		3078278	4767121	-6,1%	240	3	4	1989	3831	419	393

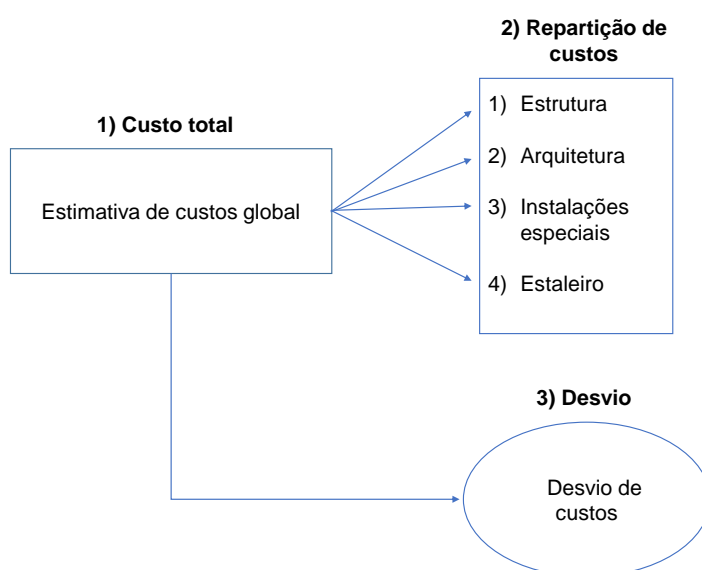
### 3.3 METODOLOGIA

Os objetivos principais da presente dissertação são a análise do desvio de custos, repartição de custos por categoria e a modelação de funções de custo para edifícios de habitação e escritórios. Como tal, foi utilizada uma abordagem quantitativa, tendo como base dados empíricos de obras concluídas entre 2000 e 2015 para ambas as tipologias.

A análise deste estudo dividiu-se em 3 etapas: i) recolha e tratamento dos dados; ii) análise preliminar dos dados; e iii) modelação dos dados.

#### 3.3.1 ENQUADRAMENTO

Na **Figura 3.3** está representado um esquema dos objetivos pretendidos para a presente dissertação, realizados através da recolha, análise e modelação dos dados. Fez-se uma análise para permitir a estimativa de custos global e seus respetivos desvios, e por outro lado repartiu-se os custos por peso de construção de empreitadas.



**Figura 3.3: Esquema dos objetivos da dissertação.**

### 3.3.2 RECOLHA E TRATAMENTO DOS DADOS

A Teixeira Duarte Imobiliária permitiu o acesso aos mapas de quantidades de trabalho e fechos de contas das empreitadas necessárias para o estudo. Esta informação estava compilada em vários ficheiros de Excel, com estruturas e organizações muito distintas, pelo que foi necessário compatibilizar todos os dados para extrair a informação de forma consistente e homogénea.

Paralelamente, e com base na recolha bibliográfica realizada, identificaram-se as variáveis potencialmente relevantes para a modelação, repartição e desvio de custos em cada tipologia. Da informação disponível, selecionaram-se como variáveis potencialmente relevantes para o estudo as seguintes: orçamento inicial; orçamento inicial atualizado; valor de venda; valor de venda atualizado; desvio de custo; área abaixo e acima do solo; preço unitário de venda; preço unitário de venda atualizado; inflação; inflação da construção; valor total da estrutura; valor total da arquitetura; valor total das instalações especiais; valor total do estaleiro.

Escolheram-se ainda algumas variáveis macroeconómicas com o intuito de perceber-se se influenciavam ou não este estudo. As variáveis analisadas foram: PIB; índice de preços totais; índice de preços novos; inflação da construção; vistos gold; número de edifícios concluídos; número de edifícios de habitação concluídos.

A variável macroeconómica considerada mais fundamental foi a inflação da construção, isto porque o custo de materias, mão-de-obra, equipamentos entre outros altera-se de ano para ano, portanto para se fazer uma análise correta e precisa teve que se calcular o coeficiente de atualização de 2000 a 2019 chegando-se ao preço atualizado em cada ano.

Calculou-se o coeficiente de atualização  $C_t$  como está referenciado na seguinte equação:

$$C_t = a \frac{S_t}{S_0} + \sum_{i=1}^n b_i \frac{M_{it}}{M_{i0}} + c \frac{E_t}{E_0} + d$$

$C_t$ - Coeficiente de atualização

a- Coeficiente de mão-de-obra da formula de revisão de preços

$\frac{S_t}{S_0}$  Índices dos custos de mão-de-obra

$b_i$ - Coeficiente de materiais da fórmula de revisão de preços

$\frac{M_{it}}{M_{i0}}$  Índices dos custos de materiais

c- Coeficiente de equipamentos de apoio da fórmula de revisão de preços

$\frac{E_t}{E_0}$  Índices do custo de equipamentos de apoio

d- Coeficiente correspondente á parte não visível

A fórmula de revisão de preços, segundo o regime de revisão de preços de empreitadas de obras e de aquisição de bens e serviços aprovado pelo Decreto-Lei nº 6/2004, de 6 de janeiro, pode ser consultada na Portaria nº 959/2009, de 21 de agosto, em que F01 diz respeito a edifícios de escritórios e F02 a escritórios. Os índices relativos a cada ano podem ser consultados no site do IMPIC.

### **3.3.3 ANÁLISE PRELIMINAR DOS DADOS**

Nesta fase do estudo, começou-se por determinar a estatística descritiva referente às variáveis escolhidas na recolha e tratamento dos dados, usou-se esta técnica para se obter alguns dados relevantes sobre as variáveis, tais como: média; mediana; variância; máximo; mínimo; correlação e etc. De realçar as correlações entre variáveis, visto que, que através desta conseguiu-se perceber a dependência ou não das variáveis entre si.

Numa segunda fase, procedeu-se à análise gráfica, visto ser a melhor maneira de perceber-se o comportamento das variáveis e até mesmo retirar ilações para o futuro. Optou-se por escolher histogramas por serem uma distribuição de frequências para descrever o desvio de custos das empreitadas. Recorreu-se à utilização de gráficos de dispersão para analisar as 4 categorias das empreitadas e suas relações com orçamentos iniciais atualizados, preço unitário de orçamento atualizado e desvio de custos. Os gráficos de dispersão serviram também para analisar os modelos estimados. Foram inseridos ainda outros tipos de gráficos adequados para cada variável.

Por fim, compararam-se as distribuições. Caso a comparação fosse para 3 ou mais grupos usar-se-ia a ANOVA (paramétrico) ou teste de Kruskal-Wallis (não paramétrico). Neste estudo, existem apenas 2 grupos: influência da crise e não influência da crise, como tal, assumiu-se o Teste-t (paramétrico) que se apoia em distribuições normais. Caso a distribuição dos dados seja não-normal recorre-se ao teste de Mann-whitney (não paramétrico). Para avaliar a normalidade dos dados foi dada primazia ao teste de Shapiro-Wilk, dada a dimensão da amostra.

### **3.3.4 MODELAÇÃO DE DADOS**

O desenvolvimento dos modelos de previsão de custos para ambas as tipologias foi efetuado recorrendo a regressões lineares múltiplas, com o auxílio dos métodos “stepwise” e “best subsets” que avaliou todas as variáveis independentes e escolheu as mais condicionantes para as funções desejadas.





## 4 ANÁLISE E RESULTADOS

### 4.1 EDIFÍCIOS DE HABITAÇÃO

Esta amostra é composta por 13 empreitadas construídas entre 2002 e 2017, estando 2 das obras estão localizadas em África. Numa das obras das realizadas em Portugal não se conseguiu ter acesso ao orçamento inicial. Posto isto, a análise foi dividida em duas partes: para as 10 empreitadas realizadas em Portugal e para as 2 realizadas em África, visto os custos serem completamente diferentes.

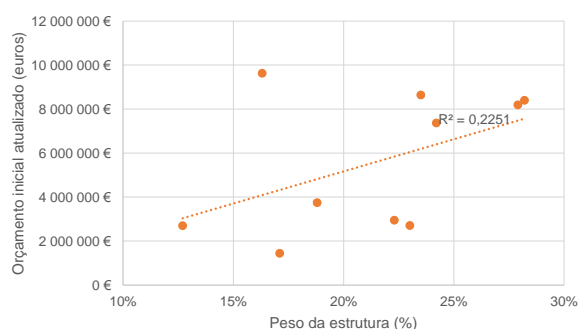
A repartição de custos permite fazer estimativas a possíveis trabalhos a mais ou alterações de projeto no decorrer da obra, como tal, em seguida relacionaram-se os pesos das 4 categorias das empreitadas com os custos. As figuras seguintes são referentes a edifícios localizados em Portugal.

Na **Figura 4.1** estão representadas 4 gráficos que relacionam os pesos de cada categoria das obras com o valor do orçamento inicial atualizado em edifícios de habitação. Apesar de não haver relações estatisticamente significativas ( $F$  de significância  $> 0,05$ ), existem tendências nos gráficos a), c) e d).

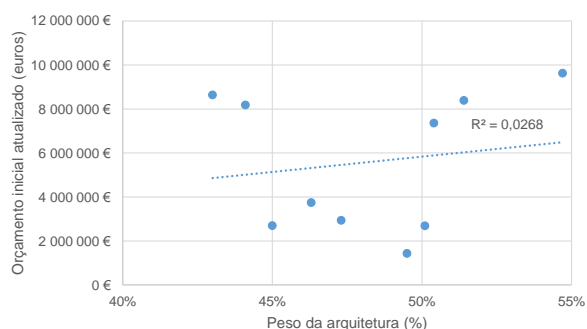
No gráfico a), observa-se que há medida que o valor da obra é mais elevado, a percentagem do peso da estrutura também aumenta.

O gráfico b), por sua vez tem uma tendência baixa, ou seja, o peso da arquitetura é constante independentemente do valor total do empreendimento.

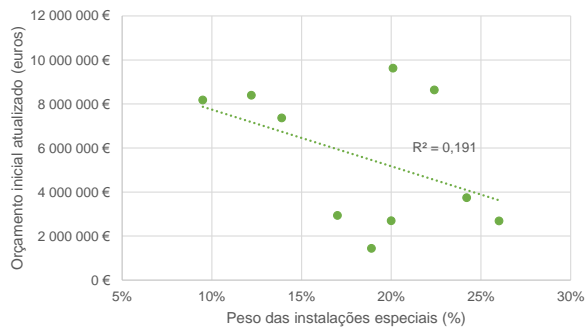
Nos gráficos c) e d), as retas da tendência são negativas, significa que à medida que o valor das obras decresce a conjugação dos pesos das instalações especiais e estaleiro aumentam. O  $R^2=0,59$  no caso do estaleiro é alto, o que significa que há uma relação forte entre o valor do orçamento inicial e o peso do estaleiro na obra. O ponto que está a cor de laranja no gráfico do estaleiro, é referente a uma obra que tem valores muito afastados do resto das empreitadas e que não segue a tendência das demais, não tendo sido possível determinar as causas para tal.



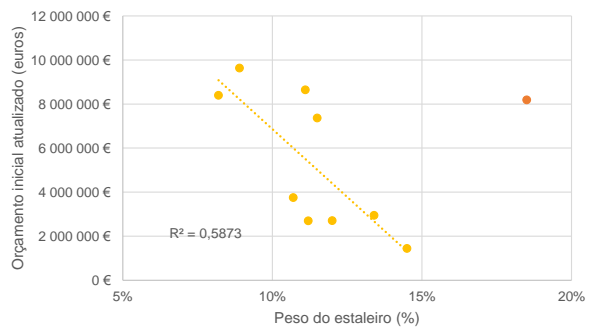
a)



b)



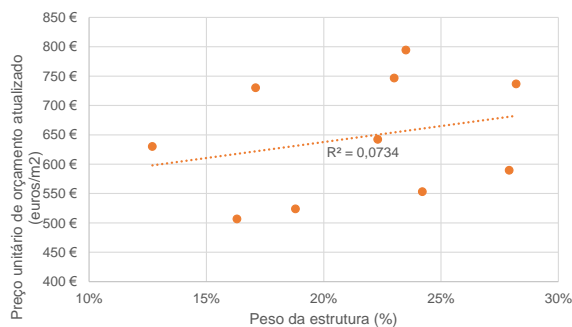
c)



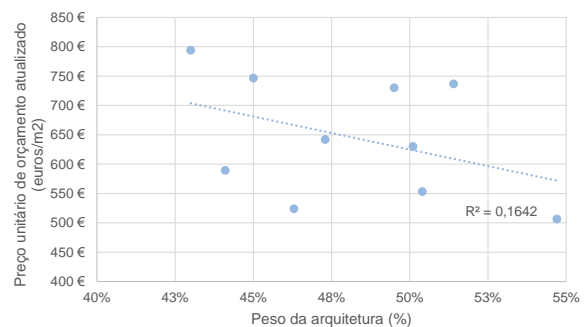
d)

**Figura 4.1: Relação entre o orçamento inicial atualizado da obra e o peso: a) estrutura; b) arquitetura; c) instalações especiais; estaleiro para edifícios de habitação.**

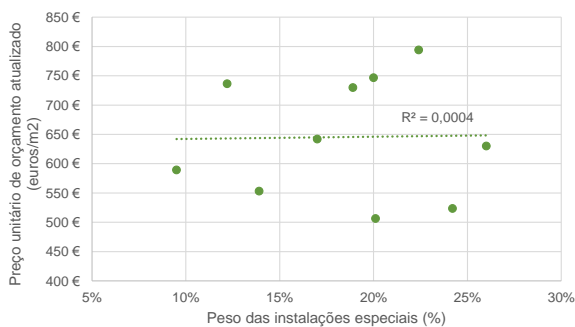
Na **Figura 4.2** estão inseridos 4 gráficos que relacionam os pesos de cada categoria das obras com o preço unitário de orçamento da obra em edifícios de habitação. Não existem relações estatisticamente significativas, as tendências dos gráficos c) e d) são muito baixas, visto as retas serem praticamente horizontais. O gráfico a) tem tendência a subir a percentagem do peso da estrutura, à medida que o valor do preço unitário de orçamento da obra cresce. O gráfico b) tem tendência a descer percentagem do peso da arquitetura, à medida que o valor do preço unitário de orçamento da obra cresce.



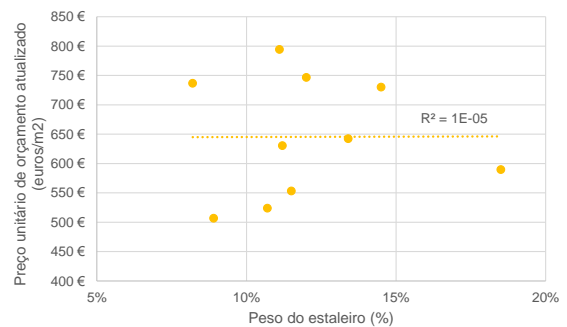
a)



b)



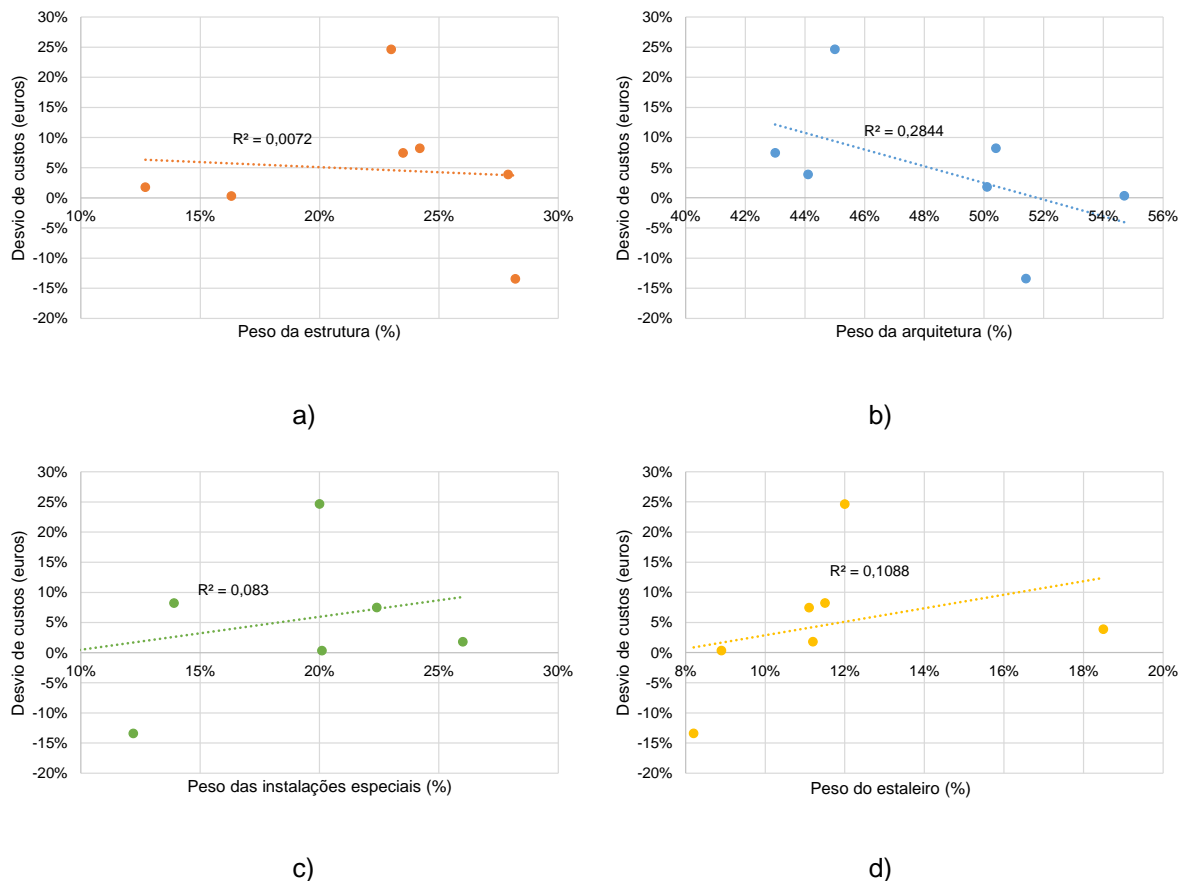
c)



d)

**Figura 4.2: Relação entre o preço unitário de orçamento da obra e o peso: a) estrutura; b) arquitetura; c) instalações especiais; estaleiro para edifícios de habitação.**

Na **Figura 4.3** estão representadas 4 gráficos que relacionam os pesos de cada categoria das obras com o desvio de custos em edifícios de habitação. Não existem relações estatisticamente significativas, só o gráfico b) tem uma tendência mais forte, à medida que o peso da arquitetura aumenta o desvio de custo total da obra diminui, o que significa que a conjugação dos pesos do estaleiro e das instalações especiais têm mais impacto no desvio de custos, visto o gráfico a) não ter qualquer tendência.



**Figura 4.3: Relação entre o desvio de custos da obra e o peso: a) estrutura; b) arquitetura; c) instalações especiais; estaleiro para edifícios de habitação.**

O orçamento inicial atualizado da totalidade dos empreendimentos em Portugal é aproximadamente 56 milhões de euros, este foi atualizado para 2019 com base na inflação da construção. A **Tabela 4.1** apresenta algumas estatísticas das variáveis disponíveis mais relevantes deste estudo. Os preços unitários do orçamento atualizados variam entre 507 e 794 €/m<sup>2</sup>.

**Tabela 4.1: Estatística descritiva dos empreendimentos residenciais em Portugal.**

		Orçamento inicial atualizado (euros)	Valor de venda final atualizado (euros)	Desvio de custos (%)	Duração (dias)	Pisos enterrados	Pisos acima do solo	Total de pisos	ABC (abaixo do solo)	ABC (acima do solo)	Área total	Preço atualizado do orçamento unitário (euros/m2)
N	Válido	10	8	7	11	8	8	8	11	11	11	10
	Omisso	1	3	4	0	3	3	3	0	0	0	1
Média		5576784	6943310,78	4,7%	331	3	6	9	3401	5899	9300	645
Erro médio padrão		987214	915349,91	4,3%	22	0	1	1	652	997	1608	32
Mediana		5558586	7623732,40	3,9%	320	3	6	8	3400	6444	10881	636
Moda		1443659	2746436,00	-13,4%	320	3	4	7	420	1557	1977	507
Erro de desvio		3121845	2589000,51	11,4%	72	1	3	3	2162	3306	5335	102
Variância		9745916783369	6702923632204	12904,1%	5229	2	7	10	4675938	10927115	28458012	10424
Assimetria		0	-0,89	31,0%	1	-1	0	1	0	0	0	0
Erro de assimetria padrão		1	0,75	79,4%	1	1	1	1	1	1	1	1
Curtose		-2	-0,59	207,2%	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-2
Erro de curtose padrão		1	1,48	158,7%	1	1	1	1	1	1	1	1
Intervalo		8187600	6916899,03	38,1%	240	3	7	9	6688	10342	17030	288
Mínimo		1443659	2746435,50	-13,4%	240	1	3	5	420	1557	1977	507
Máximo		9631259	9663334,53	24,7%	480	4	10	14	7108	11899	19007	794
Soma		55767839	55546486,26	33,0%	3640	23	50	73	37409	64894	102303	6454

O orçamento inicial atualizado total dos empreendimentos realizados em África é aproximadamente 39 milhões de euros, apenas com 2 edifícios, este foi também atualizado para 2019 com base na inflação da construção em Portugal e convertido de dólares para euros através da taxa de câmbio dos referidos anos. Só se teve acesso ao preço unitário atualizado de um dos empreendimentos, este empreendimento tem o custo de 1798 €/m<sup>2</sup> (Tabela 4.2). É notória a diferença de custos entre construir em Portugal e África. Os valores rondam uma diferença de 1000 €/m<sup>2</sup> entre os dois locais.

**Tabela 4.2: Estatística descritiva dos empreendimentos residenciais em África.**

		Orçamento inicial atualizado (euros)	Valor de venda final atualizado (euros)	Desvio de custos (%)	Duração (dias)	Pisos enterrados	Pisos acima do solo	Total de pisos	ABC (abaixo do solo)	ABC (acima do solo)	Área total	Preço atualizado do orçamento unitário (euros/m2)
N	Válido	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1
	Omisso	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
Média		19274421	20395073	5,7%	400	4	11	15	3590	6649	10239	1798
Erro médio padrão		865034	1510807	3,1%	40							
Mediana		19274421	20395073	5,7%	400	4	11	15	3590	6649	10239	1798
Moda		18409386	18884266	2,6%	360	4	11	15	3590	6649	10239	1798
Erro de desvio		1223343	2136604	4,4%	57							
Variância		1496568695717	4565075850295	1916,7%	3200							
Intervalo		1730069	3021614	6,2%	80	0	0	0	0	0	0	0
Mínimo		18409386	18884266	2,6%	360	4	11	15	3590	6649	10239	1798
Máximo		20139455	21905880	8,8%	440	4	11	15	3590	6649	10239	1798
Soma		38548841	40790145	11,4%	800	4	11	15	3590	6649	10239	1798

No teste de Levene, se a significância for maior que 0,05 consideram-se as variâncias iguais assumidas no Teste-t, caso seja menor que 0,05 consideram-se as variâncias não iguais assumidas no Teste-t. Visto isto, nenhuma das 3 variáveis que estão inseridas na Tabela 4.4 sofreram impacto com a crise de 2008, visto a significância ser superior nos três casos a 0,05.

Para as empreitadas localizadas no Continente Africano não se realizaram estes testes devido à falta de dados para tal.

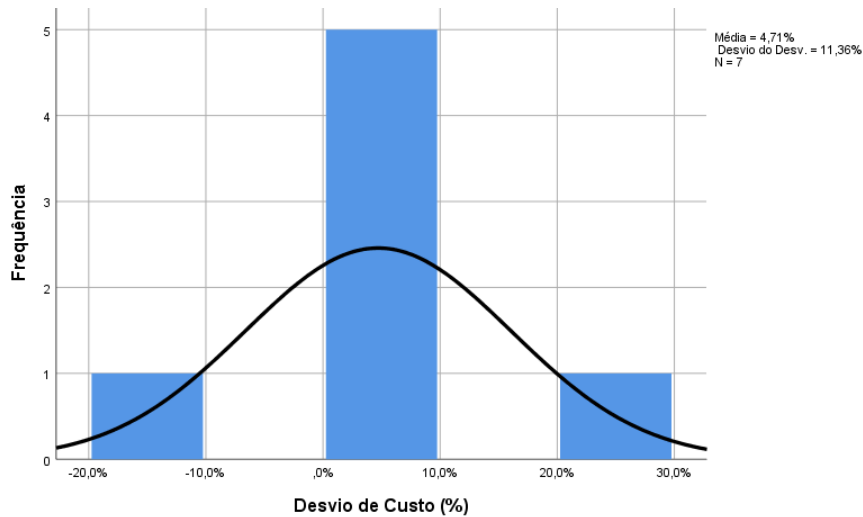
**Tabela 4.3: Estatísticas de crise (1) e não crise (0) dos empreendimentos residenciais em Portugal.**

Crise		N	Média	Erro desvio	Erro padrão da média
Preço unitário de orçamento atualizado (euros)	1	2	712	116	82
	0	8	629	99	35
Preço unitário de venda atualizado (euros)	1	2	748	150	106
	0	6	640	150	61
Desvio de custo (%)	1	2	4,6%	4,0%	2,8%
	0	5	4,7%	13,8%	6,2%

**Tabela 4.4: Teste de Levene e Teste-t para custos unitários e desvio de custos dos empreendimentos residenciais em Portugal.**

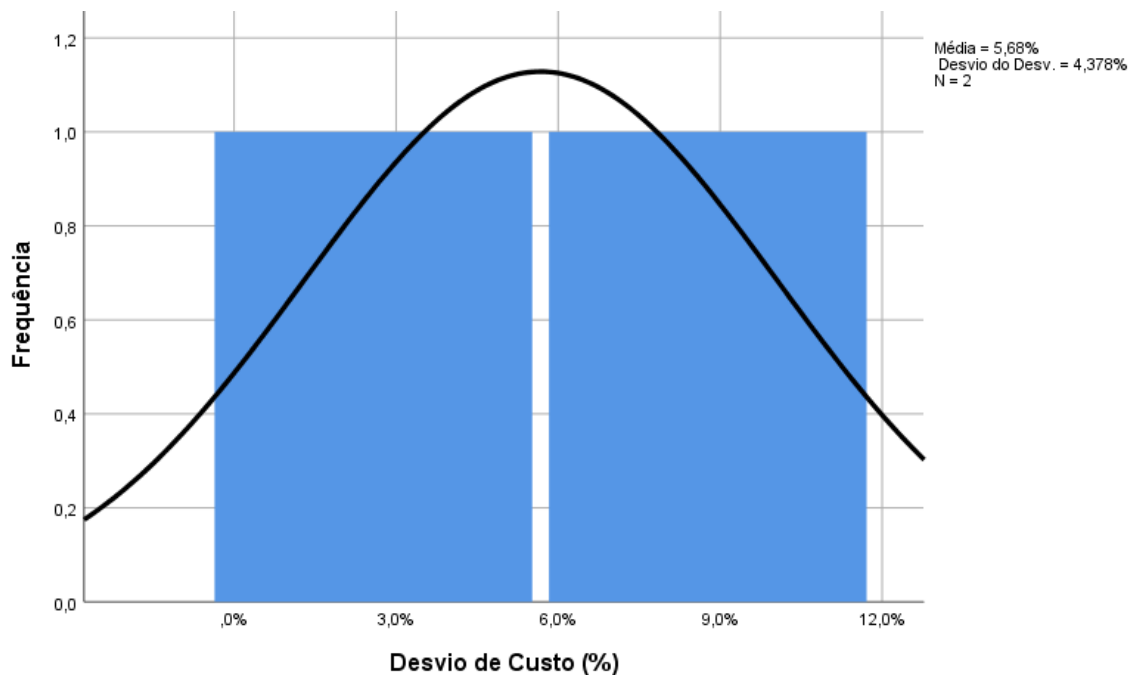
		Teste de Levene para igualdade de variâncias		Teste-t para Igualdade de Médias					95% Intervalo de Confiança da Diferença	
		Z	Sig.	t	df	Sig. (2 extremidades)	Diferença média	Erro padrão de diferença	Inferior	Superior
Preço unitário de orçamento atualizado (euros)	Variâncias iguais assumidas	0,01	0,91	1,04	8,00	0,33	84	80	-102	269
	Variâncias iguais não assumidas			0,94	1,39	0,48	84	89	-513	681
Preço unitário de venda atualizado (euros)	Variâncias iguais assumidas	0,01	0,91	0,88	6,00	0,41	108	122	-192	407
	Variâncias iguais não assumidas			0,88	1,74	0,48	108	122	-502	717
Desvio de custo (%)	Variâncias iguais assumidas	0,95	0,37	-0,01	5,00	0,99	-0,1%	10,4%	-26,9%	26,7%
	Variâncias iguais não assumidas			-0,02	4,98	0,99	-0,1%	6,8%	-17,5%	17,3%

Os 7 edifícios construídos em Portugal, para os quais o valor de venda está disponível encontrou-se um desvio médio de 4,7%, com uma dispersão de -13,4% a + 24,7% (**Figura 4.4**).



**Figura 4.4: Histograma de desvio de custo dos empreendimentos residenciais em Portugal.**

Nos 2 edifícios construídos em África, para os quais o valor de venda atualizado está disponível, obteve-se um desvio médio de 5,7%, com uma dispersão de +2,6 a + 8,8% (**Figura 4.5**). Consegue-se compreender que o desvio de custos médios em Portugal e África não varia muito, porque apesar dos custos serem totalmente diferentes, a orçamentação das empreitadas é feita com os mesmos cuidados precavendo sempre o risco do desvio de custos.



**Figura 4.5: Histograma de desvio de custo dos empreendimentos residenciais em África.**

Como esperado, as variáveis exógenas não têm efeito nos custos e no desvio de custos. Para esta amostra, as correlações positivas (**Tabela 4.5**) entre variáveis encontradas foram as mais esperadas: duração com as áreas abaixo e acima do solo; área total com o orçamento inicial atualizado e o valor final de venda atualizado e o número total de pisos com o número de pisos acima do solo, que faz todo

o sentido visto serem edifícios de habitação, logo com mais do dobro de pisos acima do solo do que abaixo do solo, em média (**Tabela 4.1**).

Devido à falta de informação não se conseguiu correlacionar os edifícios de habitação localizados em África.

**Tabela 4.5: Correlações entre variáveis dos empreendimentos residenciais em Portugal.**

		Orçamento inicial atualizado (euros)	Valor de venda final atualizado (euros)	Desvio de custos (%)	Duração (dias)	Pisos enterrados	Pisos acima do solo	Total pisos	ABC (abaixo do solo)	ABC (acima do solo)
Duração (dias)	Correlação de Pearson	0,63	0,49	-0,47	1,00	0,10	0,28	0,27	,783**	,751**
	Sig. (2 extremidades)	0,05	0,22	0,29		0,81	0,51	0,51	0,00	0,01
	Soma de quadrados e produtos cruzados	1338906533,10	653494981,62	-2549,65	52290,91	65,00	390,00	455,00	1224921,82	1794474,98
	Covariância	148767392,57	93356425,95	-424,94	5229,09	9,29	55,71	65,00	122492,18	179447,50
	N	10,00	8,00	7,00	11,00	8,00	8,00	8,00	11,00	11,00
Total pisos	Correlação de Pearson	0,04	0,03	0,27	0,27	0,54	,923**	1,00	0,31	0,35
	Sig. (2 extremidades)	0,93	0,95	0,56	0,51	0,16	0,00		0,46	0,40
	Soma de quadrados e produtos cruzados	2430553,66	1557728,55	61,84	455,00	15,13	55,75	70,88	13530,13	26048,53
	Covariância	347221,95	259621,43	10,31	65,00	2,16	7,96	10,13	1932,88	3721,22
	N	8,00	7,00	7,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
Área total (ABC)	Correlação de Pearson	,944**	,904**	-0,44	,783**	0,31	0,26	0,34	,963**	,984**
	Sig. (2 extremidades)	0,00	0,00	0,32	0,00	0,45	0,54	0,41	0,00	0,00
	Soma de quadrados e produtos cruzados	146657366667,36	82815565109,61	-164458,72	3019396,80	14151,43	25427,23	39578,66	111034172,92	173545947,98
	Covariância	16295262963,04	11830795015,66	-27409,79	301939,68	2021,63	3632,46	5654,09	11103417,29	17354594,80
	N	10,00	8,00	7,00	11,00	8,00	8,00	8,00	11,00	11,00

Para os empreendimentos realizados em Portugal, considerando a análise preliminar dos dados, foram desenvolvidos os modelos de regressão linear múltipla, com variável dependente sempre o orçamento inicial atualizado para estimar os orçamentos iniciais previsto dos edifícios de habitação. Escolheu-se a variável auxiliar Aux2 como áreas totais dos edifícios começados a construir antes da crise de 2008, escolheu-se ainda o valor de 1 para os edifícios iniciados antes da crise e o valor 0 para os iniciados depois da crise. Para os seguintes modelos considerou-se: i) a influência da crise; e ii) linearidade. Posto isto, 5 modelos de regressão foram construídos usando as seguintes formulações:

**Base:** Orçamento inicial previsto =  $\beta_1 \times \text{Área total}$

**Tabela 4.6: Modelo Base para empreendimentos residenciais.**

Modelo Base		
Coeficiente		$\beta$
1	Área total	597,02

**Linear:** Orçamento inicial previsto =  $\beta_1 \times \text{Área abaixo do solo} + \beta_2 \times \text{Área acima do solo}$

**Tabela 4.7: Modelo Linear para empreendimentos residenciais.**

Modelo Linear		
Coeficiente		$\beta$
1	ABC (abaixo solo)	825,78
2	ABC (acima solo)	186,12

**Linear com constante:** Orçamento inicial previsto =  $\beta_0 + \beta_1 \times \text{Área abaixo do solo} + \beta_2 \times \text{Área acima do solo}$

**Tabela 4.8: Modelo Linear com constante para empreendimentos residenciais.**

Modelo Linear com constante		
Coeficiente		$\beta$
1	Constante	680995,81
2	ABC (abaixo solo)	261,418
3	ABC (acima solo)	696,003

**Linear com crise:** Orçamento inicial previsto =  $\beta_1 \times \text{Área abaixo do solo} + \beta_2 \times \text{Área acima do solo} + (\beta_3 \times \text{Crise} + \beta_4 \times \text{Sem crise}) \times \text{Área total}$

**Tabela 4.9: Modelo Linear com crise para empreendimentos residenciais.**

Modelo Linear com crise		
Coeficiente		$\beta$
1	ABC (abaixo solo)	879,12
2	ABC (acima solo)	725,30
3	Aux2	-209,65

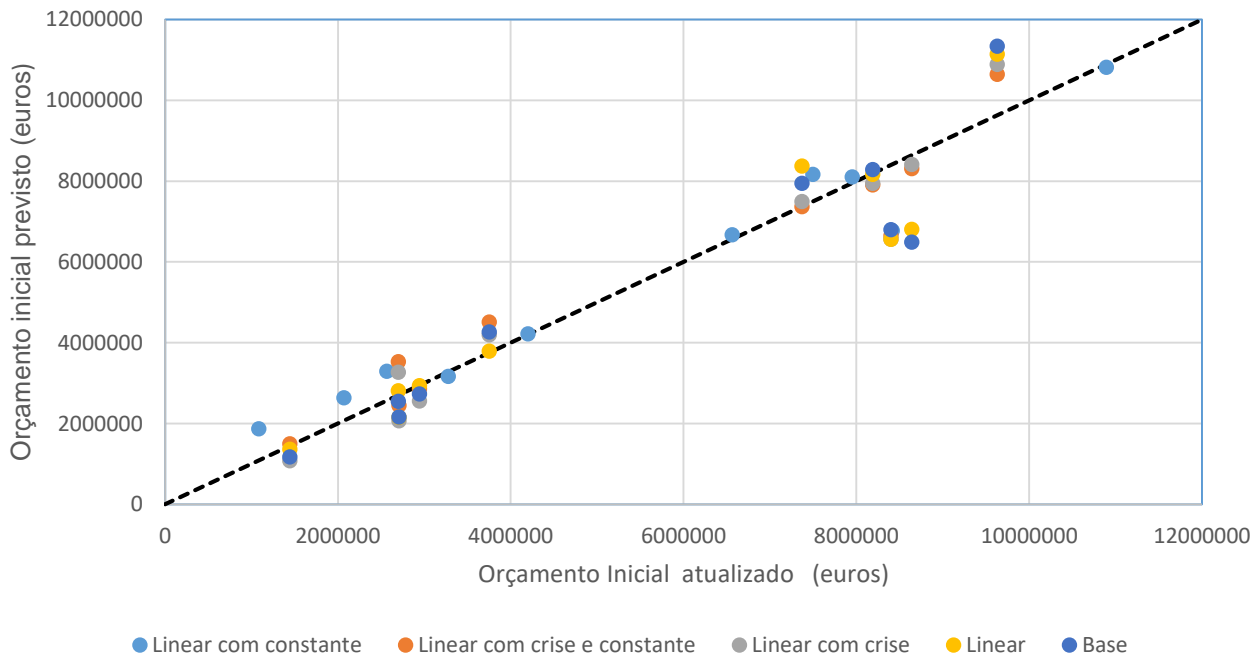
**Linear com crise e constante:** Orçamento inicial previsto =  $\beta_0 + \beta_1 \times \text{Área abaixo do solo} + \beta_2 \times \text{Área acima do solo} + (\beta_3 \times \text{Crise} + \beta_4 \times \text{Sem crise}) \times \text{Área total}$

**Tabela 4.10: Modelo Linear com crise e constante para empreendimentos residenciais.**

Modelo Linear com crise e constante		
Coeficiente		$\beta$
1	Constante	537627,04
2	ABC (abaixo solo)	906,06
3	ABC (acima solo)	627,56
4	Aux2	-199,81

A **Figura 4.6** apresenta o desempenho de previsão dos modelos, cruzando os orçamentos iniciais atualizados e os previstos pelos modelos acima enumerados. Os modelos Base e Linear com e sem constante tem um  $R^2$  de 0,89, são os menos precisos. Os modelos Linear com crise e com crise e constante tem um  $R^2$  de 0.94, sendo os mais precisos.





**Figura 4.6: Modelo de orçamentos iniciais previstos dos empreendimentos residenciais.**

Os coeficientes de qualquer um dos modelos devem ser interpretados com o devido cuidado, uma vez que existe uma forte correlação entre as áreas abaixo e acima do solo. Com uma correlação de Spearman de 0,71 (**Tabela 4.11**), os coeficientes de regressão associados a cada área também estão relacionados à outra área, e nenhuma conclusão direta pode ser feita com relação ao custo unitário da construção abaixo e acima do solo.

**Tabela 4.11: Correlação de Spearman dos empreendimentos residenciais.**

Correlação de Spearman			
		ABC (abaixo do solo)	ABC (acima do solo)
ABC (abaixo do solo)	Coeficiente de correlação	1,000	,709**
	Sig. (2 extremidades)		0,002
	N	11	11
ABC (acima do solo)	Coeficiente de correlação	,709**	1,000
	Sig. (2 extremidades)	0,002	
	N	11	11

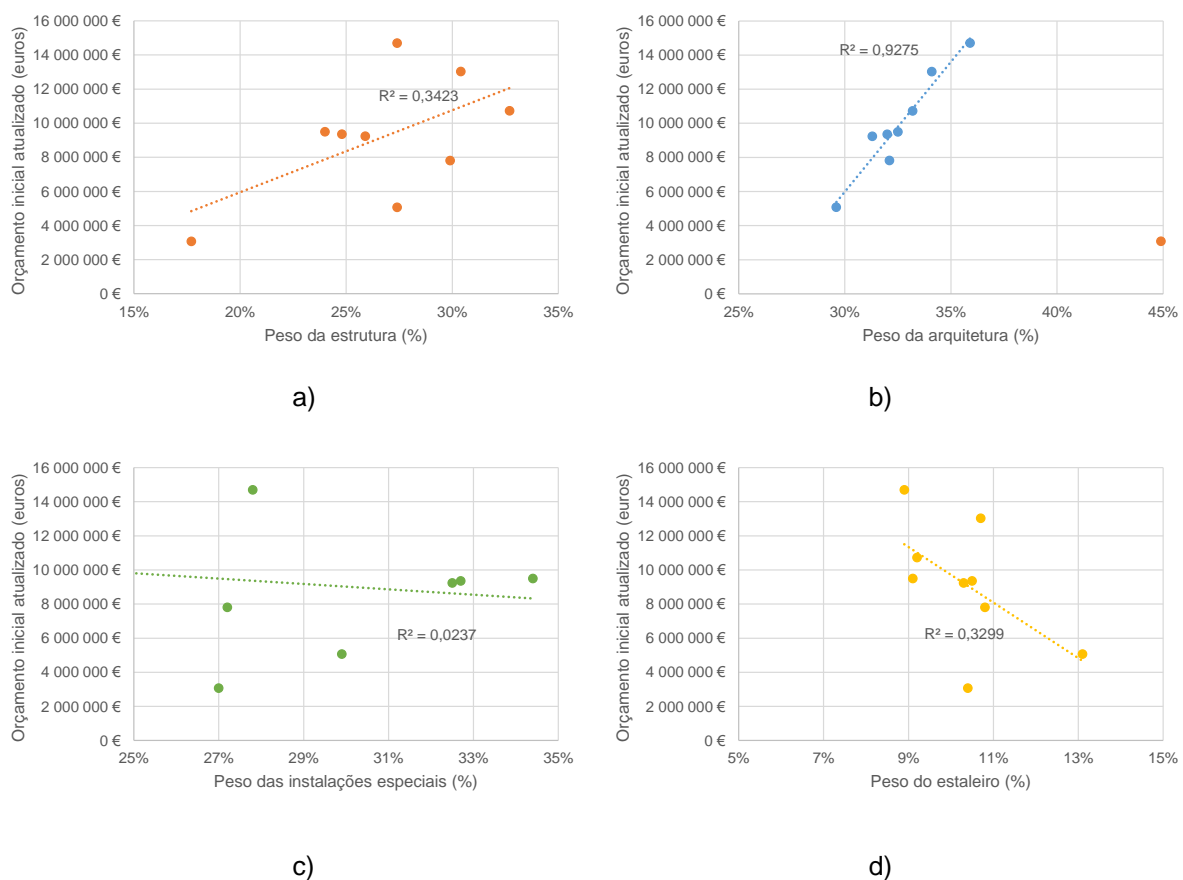
Consultaram-se alguns especialistas em projeto e obra, para se perceber quais as causas externas aos projetos para desvio de custos em obras. Foram enumeradas as seguintes: falta de estudos geotécnicos; aparecimento de artefactos arqueológicos no solo; condições meteorológicas; número de pisos enterrados; etc.

## 4.2 EDIFÍCIOS DE ESCRITÓRIOS

A amostra dos edifícios de escritórios é constituída por 9 empreitadas construídas entre 2000 e 2015. O orçamento inicial atualizado é de pouco mais de 82 milhões de euros, este foi atualizado para 2019 com base na inflação da construção.

Na **Figura 4.7** estão representados 4 gráficos que relacionam os pesos de cada categoria das obras, com o valor do orçamento inicial atualizado em edifícios de escritórios. Apenas no gráfico b) existe significância estatística entre as duas variáveis com um **F= 0,000123**, este gráfico tem também o **R<sup>2</sup>= 0,93**, o que significa que há uma correlação muito forte entre o peso da arquitetura e o orçamento inicial atualizado, quanto maior o peso da arquitetura na empreitada, maior o valor total da empreitada. O ponto que está a cor de laranja no gráfico da arquitetura, é referente a uma obra que tem valores muito afastados do resto das empreitadas e que não segue a tendência das demais.

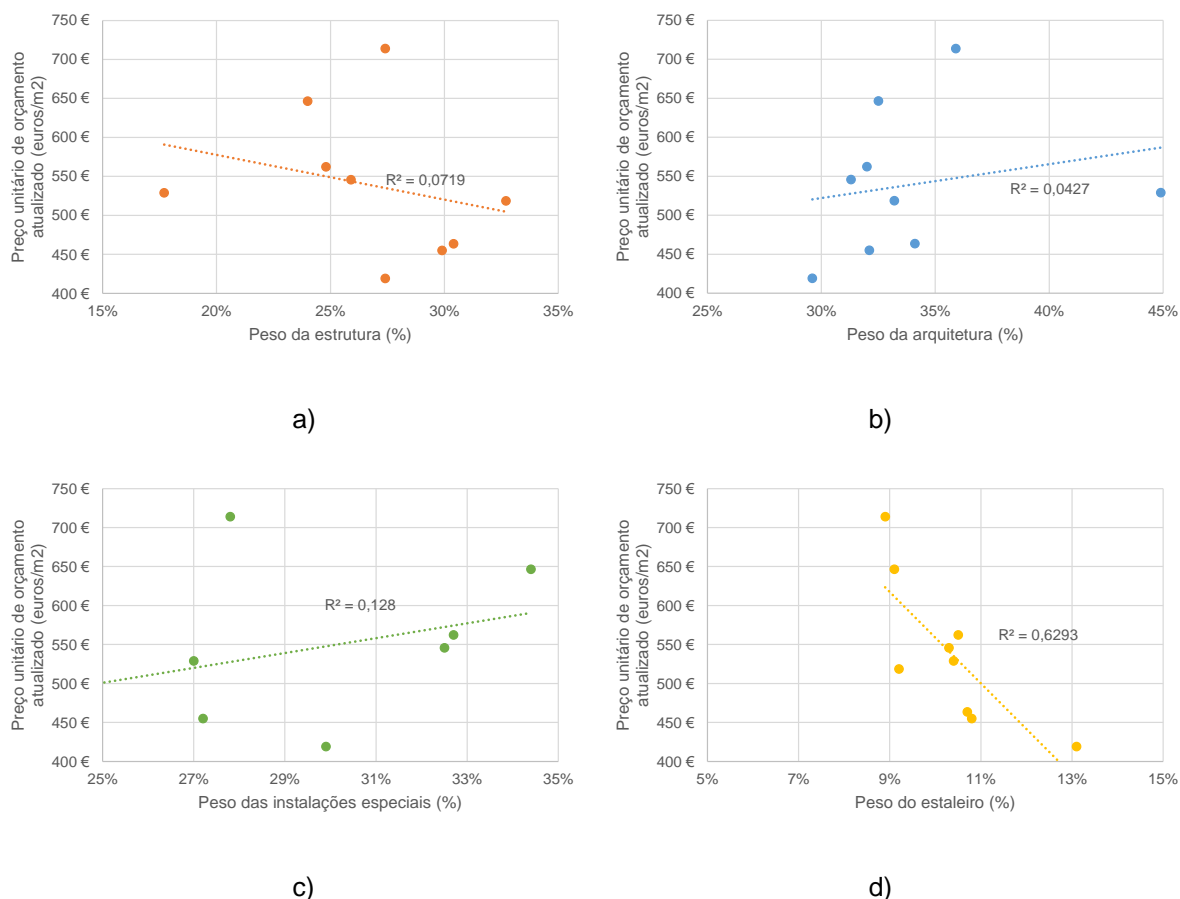
Nos gráficos a) e d) existem também tendências fortes. No caso do gráfico a), a reta é positiva, ou seja, há um aumento do valor total da empreitada com o crescimento do peso da estrutura sobre a obra, no gráfico d) acontece o inverso, há diminuição do valor total da empreitada com o crescimento do peso da estrutura sobre a obra. No gráfico c) a tendência é baixa, os valores do peso das instalações especiais tendem a ser constantes independentemente do valor total da empreitada.



**Figura 4.7: Relação entre o orçamento inicial atualizado da obra e o peso: a) estrutura; b) arquitetura; c) instalações especiais; estaleiro para edifícios de escritórios.**

Na **Figura 4.8** estão inseridos 4 gráficos, que relacionam os pesos de cada categoria das obras com o preço unitário de orçamento da obra em edifícios de escritórios. Apenas no gráfico d) existe significância estatística entre as duas variáveis com um  $F=0,010736$ , este gráfico tem também o  $R^2=0,63$ , o que significa que há uma correlação forte entre o peso da arquitetura e o orçamento inicial atualizado, quanto maior o peso do estaleiro na empreitada, menor o valor total da empreitada.

Nos gráficos a), c) e d) as tendências são fracas, os valores dos pesos das obras mantem-se praticamente constantes com a variação do custo total das mesmas.



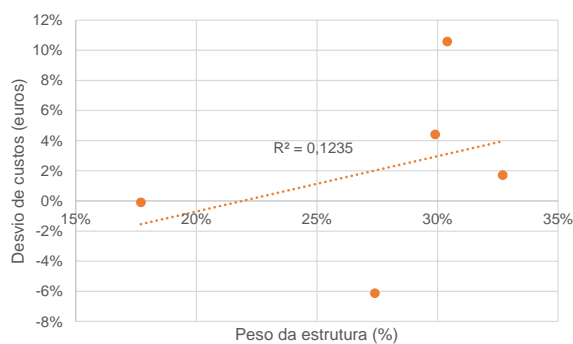
**Figura 4.8: Relação entre o preço unitário de orçamento da obra e o peso: a) estrutura; b) arquitetura; c) instalações especiais; estaleiro para edifícios de escritórios.**

Na **Figura 4.9** estão representadas 4 gráficos, que relacionam os pesos de cada categoria das obras com o desvio de custos em edifícios de escritórios. Não existem relações estatisticamente significativas, o gráfico a) tem uma tendência fraca.

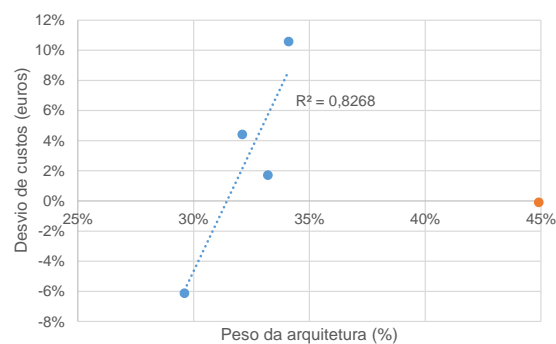
O gráfico b) tem também o  $R^2=0,83$ , o que significa que há uma correlação forte entre o peso da arquitetura e o desvio de custos total das empreitadas, quanto maior o peso do estaleiro na empreitada, maior o desvio de custos total da empreitada.

Os gráficos c) e d) têm uma reta com tendência negativa, quanto maiores são os valores dos pesos de instalações especiais e estaleiro, menor é o desvio de custos total da empreitada. De notar que o gráfico

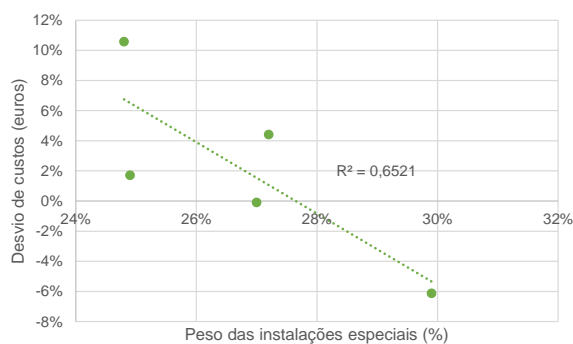
c) tem um  $R^2=0,65$ , logo existe uma correlação forte entre o peso das instalações especiais e o desvio de custos total das empreitadas, quanto maior o peso do estaleiro na empreitada, maior o desvio de custos total da empreitada.



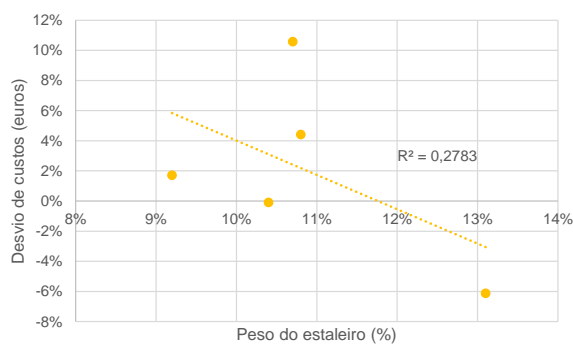
a)



b)



c)



d)

Figura 4.9: Relação entre o desvio de custos da obra e o peso: a) estrutura; b) arquitetura; c) instalações especiais; estaleiro para edifícios de escritórios.

A Tabela 4.12 apresenta algumas das estatísticas das informações mais interessantes disponíveis neste estudo. Os preços unitários atualizados variam entre 419 e 714 €/m<sup>2</sup>, com uma clara diferença antes e depois da crise econômica de 2008. De salientar, que o preço unitário do orçamento médio por metro quadrado é inferior em mais de 100 €/m<sup>2</sup> do que para os edifícios de habitação, devido ao tipo de acabamentos de cada um.

**Tabela 4.12: Estatísticas descritivas dos edifícios de escritórios.**

		Orçamento inicial atualizado (euros)	Valor final de venda atualizado (euros)	Desvio de custos (%)	Duração (dias)	Pisos enterrados	Pisos acima do solo	Total pisos
<b>Orçamento inicial atualizado (euros)</b>	Correlação de Pearson	1	,993**	0,607	0,349	0,643	0,438	0,519
	Sig. (2 extremidades)		0,001	0,278	0,357	0,062	0,238	0,152
	Soma de quadrados e produtos cruzados	1,0E+14	6,6E+13	5,8E+07	5,0E+08	1,3E+07	5,3E+07	6,7E+07
	Covariância	1,2977E+13	1,65417E+13	14439077	62651463	1682691	6650777	8333468
	N	9	5	5	9	9	9	9
<b>Valor final de venda atualizado (euros)</b>	Correlação de Pearson	,993**	1	0,693	0,782	0,795	0,627	0,719
	Sig. (2 extremidades)	0,001		0,194	0,118	0,108	0,257	0,171
	Soma de quadrados e produtos cruzados	6,61669E+13	7,34863E+13	72721614,17	694025670	9643284,989	58208863,28	67852148,27
	Covariância	1,65417E+13	1,83716E+13	18180403,54	173506417,5	2410821,247	14552215,82	16963037,07
	N	5	5	5	5	5	5	5
<b>Desvio de custos (%)</b>	Correlação de Pearson	0,607	0,693	1	0,475	,965**	0,011	0,135
	Sig. (2 extremidades)	0,278	0,194		0,419	0,008	0,986	0,829
	Soma de quadrados e produtos cruzados	57756309,4	72721614,2	149,8	601,4	16,7	1,5	18,2
	Covariância	14439077	18180404	37	150	4	0	5
	N	5	5	5	5	5	5	5
<b>Preço unitário de venda atualizado (euros)</b>	Correlação de Pearson	0,868	0,815	0,266	0,511	0,343	,953*	,981**
	Sig. (2 extremidades)	0,056	0,093	0,665	0,379	0,572	0,012	0,003
	Soma de quadrados e produtos cruzados	1660088469,3	1717431662,3	800,1	12999,4	119,2	2537,1	2656,3
	Covariância	415022117	429357916	200	3250	30	634	664
	N	5	5	5	5	5	5	5

No teste de Levene, conforme já indicado para os edifícios de habitação, se a significância for maior que 0,05 consideram-se as variâncias iguais assumidas no Teste-t, caso seja menor que 0,05 consideram-se as variâncias não iguais assumidas no Teste-t. Visto isto, das 3 variáveis que estão inseridas na **Tabela 4.14**, só os preços unitários (orçamento) atualizados é que tem impacto antes e após a crise de 2008, visto a significância ser 0,021, valor abaixo dos 0,05.

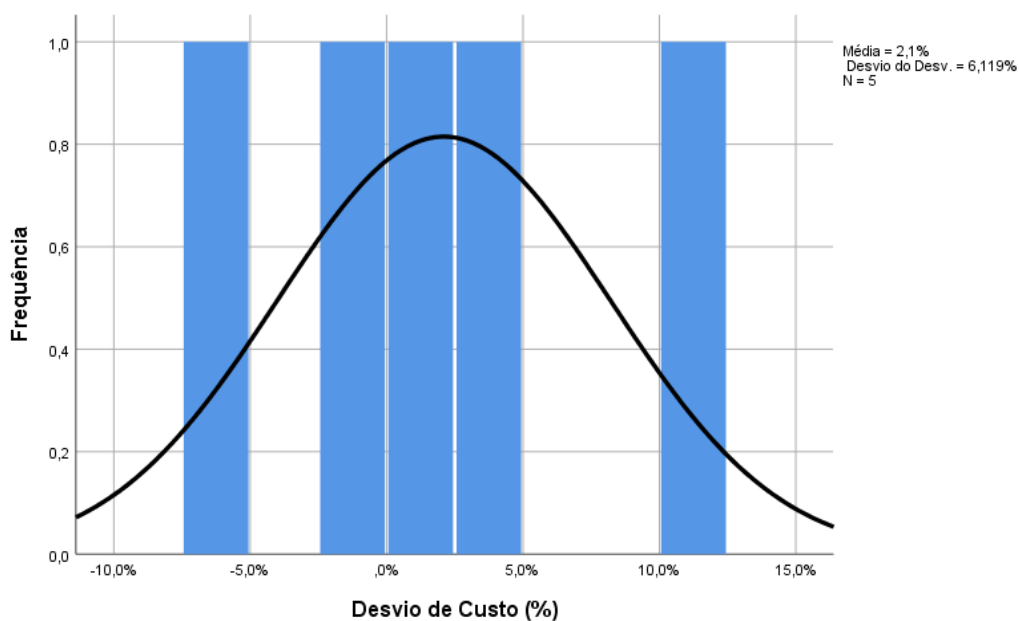
**Tabela 4.13: Estatísticas de crise (1) e não crise (0) dos edifícios de escritórios.**

Crise		N	Média	Erro desvio	Erro padrão da média
<b>Preço unitário de orçamento atualizado (euros)</b>	<b>1</b>	3	446	24	14
	<b>0</b>	6	586	77	32
<b>Preço unitário de venda atualizado (euros)</b>	<b>1</b>	3	460	61	35
	<b>0</b>	2	622	147	104
<b>Desvio de custo (%)</b>	<b>1</b>	3	3,0%	8,4%	4,9%
	<b>0</b>	2	0,8%	1,3%	0,9%

**Tabela 4.14: Teste de Levene e Teste-t para custos unitários e desvio de custos dos edifícios de escritórios.**

		Teste de Levene para igualdade de variâncias				Teste-t para Igualdade de Médias			95% Intervalo de Confiança da Diferença	
		Z	Sig.	t	df	Sig. (2 extremidades)	Diferença média	Erro padrão de diferença	Inferior	Superior
Preço unitário de orçamento atualizado (euros)	Variâncias iguais assumidas	4,349	0,075	-2,971	7	0,021	-140	47	-252	-29
	Variâncias iguais não assumidas			-4,067	6	0,006	-140	34	-223	-57
Preço unitário de venda atualizado (euros)	Variâncias iguais assumidas	8,755	0,060	-1,800	3	0,170	-162	90	-448	124
	Variâncias iguais não assumidas			-1,473	1	0,345	-162	110	-1064	740
Desvio de custo (%)	Variâncias iguais assumidas	2,915	0,186	0,338	3	0,758	2,1%	6,3%	-18,0%	22,3%
	Variâncias iguais não assumidas			0,431	2	0,706	2,1%	5,0%	-18,0%	22,2%

Dos 5 edifícios, para os quais se tem acesso o valor de venda atualizado, foi calculado um desvio médio de 2,1%, com uma dispersão de -6,1% a + 10,6% (**Figura 4.10**).



**Figura 4.10: Histograma de desvio de custo dos edifícios de escritórios.**

Tal como nos edifícios de habitação, as variáveis exógenas não tem qualquer consequência nos custos e no desvio de custos. Foram encontradas correlações positivas e estatisticamente significantes entre o número de pisos acima do solo/total de pisos e o preço unitário de venda atualizado, como se pode comprovar ao observar a **Tabela 4.15**.

O resultado mais relevante foi a correlação positiva e forte entre o desvio de custos e o número de pisos enterrados. O que é um resultado, que confirma a incerteza dos trabalhos geotécnicos, e os riscos que lhes são atribuídos. De realçar que edifícios tipo escritórios tem mais pisos abaixo do solo do que

os de habitação, logo é mais um fator que explica a forte correlação entre desvio de custos e o número de pisos enterrados.

**Tabela 4.15: Correlações entre variáveis dos edifícios de escritórios.**

		Orçamento inicial atualizado (euro)	Valor final de venda atualizado (euros)	Desvio de custos (%)	Duração (dias)	Pisos enterrados	Pisos acima do solo	Total pisos
Orçamento inicial atualizado (euros)	Correlação de Pearson	1	,993**	0,607	0,349	0,643	0,438	0,519
	Sig. (2 extremidades)		0,001	0,278	0,357	0,062	0,238	0,152
	Soma de quadrados e produtos cruzados	1,0E+14	6,6E+13	5,8E+07	5,0E+08	1,3E+07	5,3E+07	6,7E+07
	Covariância	1,2977E+13	1,65417E+13	14439077	62651463	1682691	6650777	8333468
	N	9	5	5	5	9	9	9
Valor final de venda atualizado (euros)	Correlação de Pearson	,993**	1	0,693	0,782	0,795	0,627	0,719
	Sig. (2 extremidades)	0,001		0,194	0,118	0,108	0,257	0,171
	Soma de quadrados e produtos cruzados	6,61669E+13	7,34863E+13	72721614,17	694025670	9643284,989	58208863,28	67852148,27
	Covariância	1,65417E+13	1,83716E+13	18180403,54	173506417,5	2410821,247	14552215,82	16963037,07
	N	5	5	5	5	5	5	5
Desvio de custos (%)	Correlação de Pearson	0,607	0,693	1	0,475	,965**	0,011	0,135
	Sig. (2 extremidades)	0,278	0,194		0,419	0,008	0,986	0,829
	Soma de quadrados e produtos cruzados	57756309,4	72721614,2	149,8	601,4	16,7	1,5	18,2
	Covariância	14439077	18180404	37	150	4	0	5
	N	5	5	5	5	5	5	5
Preço unitário de venda atualizado (euros)	Correlação de Pearson	0,868	0,815	0,266	0,511	0,343	,953*	,981**
	Sig. (2 extremidades)	0,056	0,093	0,665	0,379	0,572	0,012	0,003
	Soma de quadrados e produtos cruzados	1660088469,3	1717431662,3	800,1	12999,4	119,2	2537,1	2656,3
	Covariância	415022117	429357916	200	3250	30	634	664
	N	5	5	5	5	5	5	5

Para os escritórios, também foram desenvolvidos os modelos de regressão linear múltipla, com a variável dependente a ser sempre o orçamento inicial atualizado para estimar os orçamentos iniciais previstos dos edifícios de escritórios. Escolheu-se a variável auxiliar Aux para as áreas totais dos edifícios começados a construir antes da crise de 2008. Escolheu-se o valor 1 para os edifícios iniciados antes da crise e o valor 0 para os iniciados depois da crise. Para os seguintes modelos considerou-se: i) a influência da crise; e ii) linearidade. Posto isto, 5 modelos de regressão foram construídos usando as seguintes formulações:

**Base:** Orçamento inicial previsto =  $\beta_1 \times \text{Área total}$

**Tabela 4.16: Modelo Base para edifícios de escritórios.**

Modelo Base		
Coeficiente		$\beta$
1	Área total	537,2

**Linear:** Orçamento inicial previsto =  $\beta_1 \times \text{Área abaixo do solo} + \beta_2 \times \text{Área acima do solo}$

**Tabela 4.17: Modelo Linear para edifícios de escritórios.**

Modelo Linear		
Coeficiente		$\beta$
1	ABC (abaixo solo)	33,8
2	ABC (acima solo)	1194,3

**Linear com constante:** Orçamento inicial previsto =  $\beta_0 + \beta_1 \times \text{Área abaixo do solo} + \beta_2 \times \text{Área acima do solo}$

**Tabela 4.18: Modelo Linear com constante para edifícios de escritórios.**

Modelo Linear com constante		
Coeficiente		$\beta$
1	Constante	-812867,8
2	ABC (abaixo solo)	48,0
3	ABC (acima solo)	1274,5

**Linear com crise:** Orçamento inicial previsto =  $\beta_1 \times \text{Área abaixo do solo} + \beta_2 \times \text{Área acima do solo} + (\beta_3 \times \text{Crise} + \beta_4 \times \text{Sem crise}) \times \text{Área total}$

**Tabela 4.19: Modelo Linear com crise para edifícios de escritórios.**

Modelo Linear com crise		
Coeficiente		$\beta$
1	ABC (abaixo solo)	140,4
2	ABC (acima solo)	954,7
3	Aux	75,7

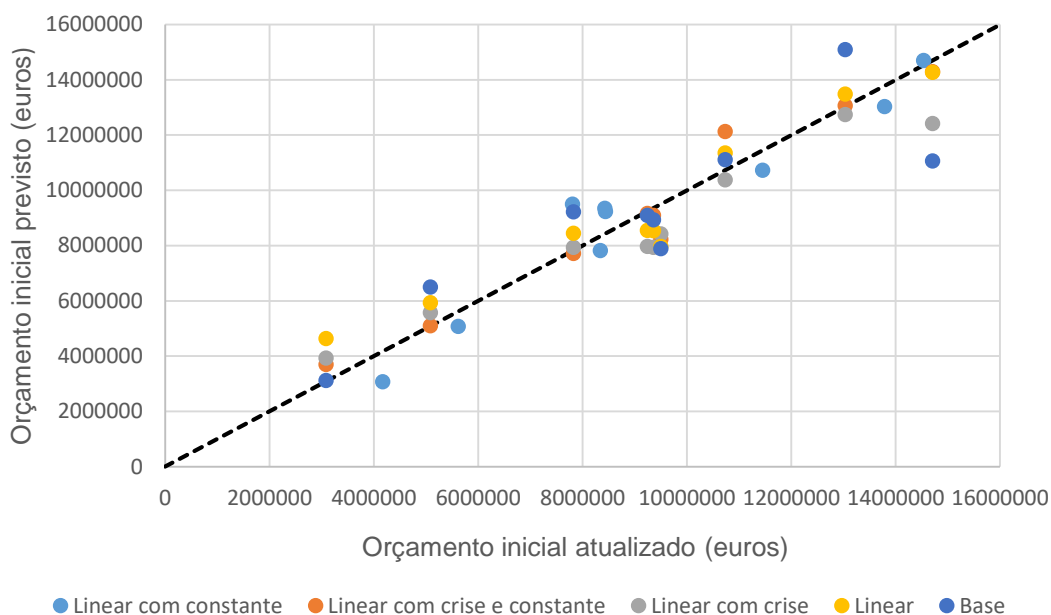
**Linear com crise e constante:** Orçamento inicial previsto =  $\beta_0 + \beta_1 \times \text{Área abaixo do solo} + \beta_2 \times \text{Área acima do solo} + (\beta_3 \times \text{Crise} + \beta_4 \times \text{Sem crise}) \times \text{Área total}$

**Tabela 4.20: Modelo Linear com crise e constante para edifícios de escritórios.**

Modelo Linear com crise e constante		
Coeficiente		$\beta$
1	Constante	-1096938,7
2	ABC (abaixo solo)	169,8
3	ABC (acima solo)	1040,1
4	Aux	82,9

A **Figura 4.11** apresenta o desempenho de previsão dos modelos cruzando os orçamentos iniciais atualizados e os previstos pelos modelos acima enumerados. O modelo Base é o menos preciso com  $R^2$  de 0,77. Os modelos Linear com e sem constante tem um  $R^2$  de 0,93. O modelo Linear com crise tem um  $R^2$  de 0,95, e por fim equilibrando a precisão, complexidade e lógica dos modelos, o modelo Linear com crise e constante parece ser a melhor escolha com  $R^2$  de 0,96.





**Figura 4.11: Modelo de orçamentos iniciais previstos dos edifícios de escritórios.**

Os coeficientes de qualquer um dos modelos devem ser interpretados com o devido cuidado, como nos edifícios de escritórios, uma vez que existe uma forte correlação entre as áreas abaixo e acima do solo. Com uma correlação de Spearman de 0,70 (**Tabela 4.21**), os coeficientes de regressão associados a cada área também estão relacionados à outra área, e nenhuma conclusão direta pode ser feita com relação ao custo unitário da construção abaixo e acima do solo.

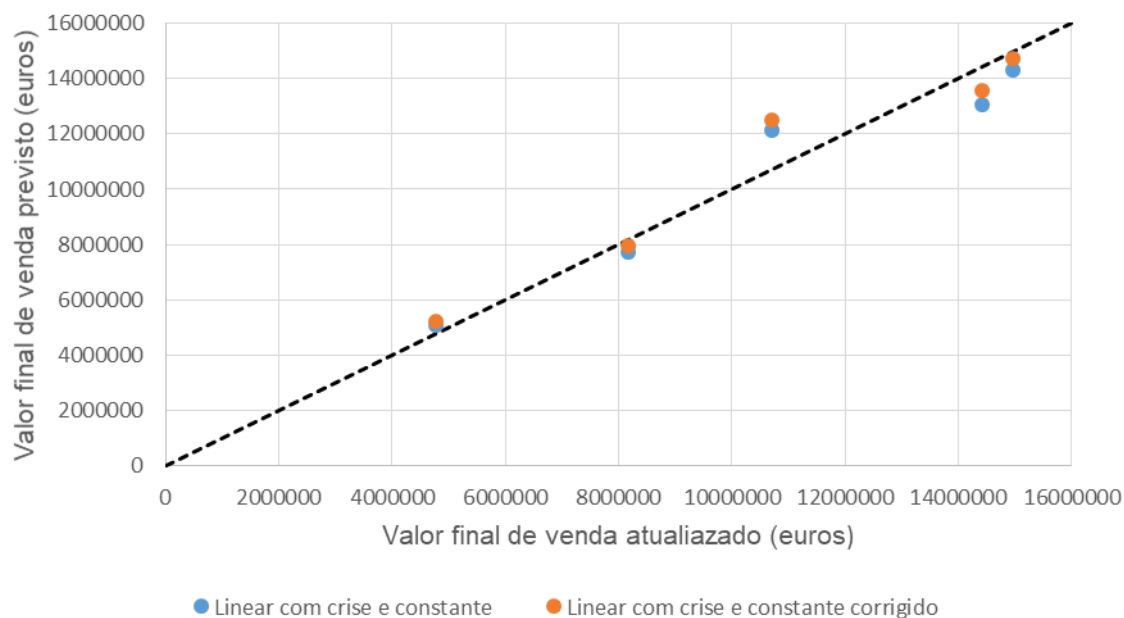
**Tabela 4.21: Correlação de Spearman dos edifícios de escritórios.**

Correlação de Spearman			
		ABC (abaixo do solo)	ABC (acima do solo)
ABC (abaixo do solo)	Coefficiente de correlação	1,000	,695 <sup>+</sup>
	Sig. (2 extremidades)		0,038
	N	9	9
ABC (acima do solo)	Coefficiente de correlação	,695 <sup>+</sup>	1,000
	Sig. (2 extremidades)	0,038	
	N	9	9

Com base na amostra limitada de edifícios com informações sobre o valor final de venda atualizado (euros), e a correlação observada entre o desvio de custo e o número de pisos subterrâneos, os modelos anteriores podem ser corrigidos para estimar o valor final de venda assumindo um aumento de 0,72% por piso subterrâneo (**Tabela 4.22**). Os resultados da correção são apresentados apenas para o modelo Linear com crise e constante (**Figura 4.12**).

**Tabela 4.22: Modelo Linear de desvio de custos para edifícios de escritórios.**

Modelo linear		
Coeficiente		$\beta$
1	Pisos enterrados	0,72
Variável dependente: Desvio de custos (%)		



**Figura 4.12: Modelo de valor de venda final previsto dos edifícios de escritórios.**

### 4.3 TESTE DO MODELO

Para testar os modelos desenvolvidos na presente dissertação foi solicitado à Teixeira Duarte Imobiliária que disponibilizasse os dados de uma empreitada que tivesse sido iniciada após o ano de 2015, visto estes modelos terem sido desenvolvidos a partir de várias obras antigas, e a mais recente teve início em 2015.

A empreitada disponibilizada localiza-se em Benfica, sendo uma das maiores obras de construção civil em construção em Portugal neste momento (2020). A obra foi iniciada em agosto de 2019 e prevê-se a respetiva conclusão em dezembro de 2021. Estes modelos estão atualizados para 2019, como tal, basta substituir-se os valores das variáveis no modelo escolhido. Na **Tabela 4.23** estão descritos alguns dados do empreendimento testado.

**Tabela 4.23: Dados do empreendimento residencial em Benfica.**

Pisos enterrados	Pisos acima do solo	Total pisos	Nº - T1	Nº - T2	Nº - T3	Nº - T4	Área comércio	Área de equipamento	ABC (abaixo do solo)	ABC (acima do solo)	Área Total (ABC)
3	8	11	16	72	54	20	1165	1850	28034	31226	59260

O modelo escolhido foi o linear com crise e constante para edifícios de habitação (**Tabela 4.10**), visto ser o mais preciso. O valor do orçamento inicial atualizado obtido foi 45 534 234 milhões de euros. Comparando este valor com o orçamento inicial real, chega-se à conclusão que o desvio de custos entre o valor do modelo e o valor da adjudicação está dentro do intervalo espectável, mais concretamente entre 5 e 10%. Por motivos de confidencialidade, não se pode apresentar o valor de adjudicação da empreitada.

#### 4.4 COMPARAÇÕES DE RESULTADOS

##### 4.4.1 EDIFÍCIOS DE HABITAÇÃO E EDIFÍCIOS DE ESCRITÓRIOS

Comparando os dados da **Tabela 4.24**, entre edifícios de habitação em Portugal e África, e de escritórios tiram-se algumas conclusões. Observa-se uma semelhança entre o desvio de custos médio de edifícios residenciais construídos em Portugal e em África, apesar da amostra no caso das empreitadas localizadas em África ser constituída por apenas 2 obras. Os edifícios de escritórios têm um desvio de custos mais de 2 vezes inferior e têm também uma % menor de empreendimentos com desvio + do que os edifícios de habitação, ou seja, neste tipo de empreendimentos há um risco menor em relação à estimativa de custos.

O preço unitário de orçamento atualizado médio dos edifícios de escritórios é em mais de 100€/m<sup>2</sup> inferior, ao comparar com os edifícios de habitação localizados em Portugal, devido ao tipo de acabamentos/utilização de cada tipologia. Os edifícios localizados em África são 3 vezes mais dispendiosos em relação aos localizados em Portugal, isto porque os custos de equipamentos, materiais e mão-de-obra são muito mais elevados.

As funções de custo, para ambas as tipologias analisadas no presente estudo têm como variáveis independentes a área bruta acima e abaixo do solo, e em ambos o modelo mais preciso é o Linear com crise e constante, contudo tem coeficientes diferentes.

**Tabela 4.24: Dados comparativos entre edifícios de habitação e de escritórios.**

	Desvio de custos médio (%)	Empreendimentos com desvio + (%)	Empreendimentos com desvio - (%)	Preço unitário de orçamento atualizado médio (euros/m <sup>2</sup> )
Edifícios de habitação (Portugal)	4,7%	86%	14%	645 €
Edifícios de habitação (África)	5,7%	100%	0%	1 798 €
Edifícios de escritórios	2,1%	60%	40%	539 €

##### 4.4.2 EDIFÍCIOS DA PRESENTE DISSERTAÇÃO E EMPREENDIMENTOS DE ESTUDOS INTERNACIONAIS

Fazendo uma média, entre os edifícios de escritórios e de habitação analisados na presente dissertação, obteve-se um desvio de custos médio de 3,5 % enquanto o desvio de custos médio calculado pelos estudos internacionais foi 21,4% demonstrado no capítulo 2. Existe uma explicação

para tal, os empreendimentos relativos aos estudos internacionais são de muito maior dimensão e maior complexidade: infraestruturas, edifícios comerciais/institucionais entre outros em comparação com os edifícios de habitação e escritórios analisados no presente estudo, o que faz com que o desvio de custos seja maior.

Relativamente à percentagem de empreendimentos com desvio de custos positivos e negativos, os valores são semelhantes entre o estudo feito nesta dissertação e os estudos realizados por autores internacionais analisados no capítulo 2, conforme está descrito na **Tabela 4.25**.

**Tabela 4.25: Comparação de desvio de custos entre estudos.**

	Empreendimentos com desvio + (%)	Empreendimentos com desvio - (%)	Desvio de custos médio (%)
Dissertação	74,5	25,5	3,5
Estudos internacionais	64,5	28,5	21,4

Ao observar-se a **Tabela 4.26**, conclui-se que, que não existe alguma variável de custo (independente) em comum, entre o presente estudo e os estudos internacionais enumerados no capítulo da revisão do conhecimento.

A análise realizada neste dissertação, tem como variáveis independentes as áreas brutas de construção abaixo e acima do solo, por outro lado, a quase totalidade das análises de autores internacionais têm como variável dependente as áreas totais uteis ou brutas de construção, o que é diferente, visto o tipo de acabamentos abaixo e acima do solo serem muito distintos.

**Tabela 4.26: Comparação de variáveis de custos entre estudos.**

	Dissertação	Estudos internacionais
Variáveis de custo	<p>Área bruta de construção acima do solo</p> <p>Área bruta de construção abaixo do solo</p>	<p>Área total útil ou bruta de construção</p> <p>Duração de projeto</p> <p>Número de pisos</p> <p>Local da construção</p> <p>Custos e financiamento</p> <p>Tipo de projeto</p> <p>Caraterísticas do projeto</p> <p>Altura do edifício.</p>

## **5 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

### **5.1 SÍNTESE, CONTRIBUTOS E PRINCIPAIS CONCLUSÕES**

O objetivo da presente dissertação era o estudo do desvio de custos, repartição de custos por pesos de categorias das empreitadas e a modelação de custos de edifícios de escritórios e habitação, segundo o ponto de vista do promotor.

A análise do desvio de custo acabou por ser limitada por falta de dados, um dos objetivos iniciais era estudar o desvio de custo para cada parte da empreitada de edifícios de escritório e habitação, ou seja, perceber os trabalhos a mais separadamente para arquitetura, estrutura, instalações especiais e estaleiro. Assim conseguir-se-ia localizar detalhadamente quais os trabalhos das obras que provocam constantemente estes desvios.

Perante esta adversidade, fez-se uma análise geral para cada empreendimento, mesmo faltando alguns fecho de contas para certas empreitadas. Chegaram-se a algumas conclusões interessantes, nomeadamente o fato do número de pisos enterrados ter um efeito direto sobre o desvio de custos sobretudo nos edifícios de escritórios, visto esta tipologia conter maior número de pisos enterrados e menor número de pisos acima do solo do que os edifícios de habitação.

O segundo objetivo da dissertação era a análise dos custos através da repartição de custos por pesos de categorias: estrutura; arquitetura; instalações especiais; estaleiro das empreitadas. Chegaram-se a algumas conclusões interessantes de correlações entre cada tipo de categoria e o custo total, desvio de custos total e preço unitário das empreitadas.

Por fim, o último objetivo era a criação de funções de custo que pudessem auxiliar os promotores a possuírem uma ferramenta extra para estimativa de custos de cada empreendimento. Escolheram-se os orçamentos de adjudicação ao invés do fecho de contas, devido ao facto de existir maior amostra do primeiro.

Pode-se dizer que este objetivo foi concluído com inteiro sucesso, visto as correlações dos modelos estimados com o modelo previsto serem muito boas tanto para os edifícios de escritórios como para os edifícios de habitação.

Para testar o modelo previsto mais preciso escolheu-se uma obra em construção e através dos dados desta chegou-se ao orçamento de adjudicação estimado que ficou muito próximo do valor adjudicado real, foi uma ótima confirmação do modelo criado.

De salientar que a crise europeia que atingiu Portugal em 2008 teve um impacto grande na variação de custos como se verificou nos resultados dos modelos criados.

### **5.2 DESENVOLVIMENTOS FUTUROS**

Existem alguns caminhos que ajudarão a complementar e melhorar o estudo realizado na presente dissertação.

No futuro com o âmbito de desenvolver esta análise sugere-se a criação de uma amostra mais significativa onde estejam incluídos todo o tipo de edifícios como: hotéis; habitação social; edifícios comerciais e com diferentes localizações. Existindo uma base de dados mais completa e diversificada, este modelo poderá ser utilizado para toda a tipologia de edifícios e não só para edifícios de escritórios e habitação.

Em relação à análise sobre o desvio de custos, há muito que complementar este estudo. Neste estudo o desvio de custos foi feito de um ponto de vista geral devido à falta de dados. No futuro, sugere-se que seja realizado um estudo individual a cada tipo de encargos de uma empreitada: arquitetura; estrutura; instalações especiais; estaleiro. É de grande importância perceber-se quais os trabalhos a mais que existem constantemente nas empreitadas, de maneira a poder-se retirar conclusões mais específicas e poder-se melhorar o estudo feito.

Por fim, em relação à repartição de custos poder-se-á implementar as mesmas análises realizadas nesta dissertação, mas com o acrescento do peso de cada trabalho feito em cada categoria, com isto, chegar-se-á a conclusões mais precisas e ajudará na tomada de decisões em relação a métodos construtivos a implementar nas obras.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

### PUBLICAÇÕES

- Abusafiya, H. A. M., & Suliman, S. M. A. (2017). Causes and Effects of Cost Overrun on Construction Project in Bahrain: Part I (Ranking of Cost Overrun Factors and Risk Mapping). *Modern Applied Science*, 11(7), 20. <https://doi.org/10.5539/mas.v11n7p20>
- Al-Hazim, N., Salem, Z. A., & Ahmad, H. (2017). Delay and Cost Overrun in Infrastructure Projects in Jordan. *Procedia Engineering*, 182, 18–24. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.03.105>
- Al-Momani, A. H. (1996). Construction cost prediction for public school buildings in Jordan. *Construction Management and Economics*, 14(4), 311–317. <https://doi.org/10.1080/014461996373386>
- Aziz, R. F. (2013). Factors causing cost variation for constructing wastewater projects in Egypt. *Alexandria Engineering Journal*, 52(1), 51–66. <https://doi.org/10.1016/j.aej.2012.11.004>
- Bayram, S., Ocal, M. E., Laptali Oral, E., & Atis, C. D. (2016). Comparison of multi layer perceptron (MLP) and radial basis function (RBF) for construction cost estimation: the case of Turkey. *Journal of Civil Engineering and Management*, 22(4), 480–490. <https://doi.org/10.3846/13923730.2014.897988>
- Chen, Q., Jin, Z., Xia, B., Wu, P., & Skitmore, M. (2015). Time and Cost Performance of Design–Build Projects. *Journal of Construction Engineering and Management*, 142(2), 04015074. [https://doi.org/10.1061/\(asce\)co.1943-7862.0001056](https://doi.org/10.1061/(asce)co.1943-7862.0001056)
- Cheng, M. Y., Hoang, N. D., & Wu, Y. W. (2013). Hybrid intelligence approach based on LS-SVM and Differential Evolution for construction cost index estimation: A Taiwan case study. *Automation in Construction*, 35, 306–313. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2013.05.018>
- Derakhshanalavijeh, R., & Teixeira, J. M. C. (2017). Cost overrun in construction projects in developing countries, Gas-Oil industry of Iran as a case study. *Journal of Civil Engineering and Management*, 23(1), 125–136. <https://doi.org/10.3846/13923730.2014.992467>
- Elmousalami, H. H. (2020). Artificial Intelligence and Parametric Construction Cost Estimate Modeling: State-of-the-Art Review. *Journal of Construction Engineering and Management*, 146(1), 03119008. [https://doi.org/10.1061/\(asce\)co.1943-7862.0001678](https://doi.org/10.1061/(asce)co.1943-7862.0001678)
- Endut, Intan Rohani; Akintoye, Akintola; Kelly, J. (2005). *COST AND TIME OVERRUNS OF*

- PROJECTS IN MALAYSIA*. Proceedings of the 2nd Scottish Conference for Postgraduate Researchers of the Built and Natural Environment (PRoBE) 16-17 November 2005, Glasgow Caledonian University. <https://doi.org/10.3923/ijb.2009.226.235>
- Flyvbjerg, B. (2007). Cost overruns and demand shortfalls in urban rail and other infrastructure. *Transportation Planning and Technology*, 30(1), 9–30. <https://doi.org/10.1080/03081060701207938>
- Frimpong, Y., Oluwoye, J., & Crawford, L. (2003). Causes of delay and cost overruns in construction of groundwater projects in a developing countries; Ghana as a case study. *International Journal of Project Management*, 21(5), 321–326. [https://doi.org/10.1016/S0263-7863\(02\)00055-8](https://doi.org/10.1016/S0263-7863(02)00055-8)
- Gregório, J. R. da S. (2016). *A análise de desvios orçamentais: Estudo de caso da CELBI S.A. ENTRE 2010 E 2014* [Universidade de Coimbra]. [https://eg.uc.pt/bitstream/10316/34161/1/A Analise de desvios orcamentais.pdf](https://eg.uc.pt/bitstream/10316/34161/1/A%20Analise%20de%20desvios%20orcamentais.pdf)
- INE. (n.d.-a). *Taxa de emprego do setor de construção*. Retrieved April 4, 2020, from [https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine\\_cnacionais2010b2016&contexto=ra&selTab=tab1&perfil=392023352&INST=391953911](https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine_cnacionais2010b2016&contexto=ra&selTab=tab1&perfil=392023352&INST=391953911)
- INE. (n.d.-b). *VAB do setor da construção*. Retrieved April 4, 2020, from [https://www.pordata.pt/Europa/Valor+acrescentado+bruto+total+e+por+sector+de+atividade+económica+\(Euro\)-3270-311793](https://www.pordata.pt/Europa/Valor+acrescentado+bruto+total+e+por+sector+de+atividade+económica+(Euro)-3270-311793)
- Instituto Português da Qualidade. (n.d.). *NP ISO 31000 2012*. Retrieved May 1, 2020, from [http://qualitividade.pt/wp-content/uploads/2016/04/NPISO031000\\_2012.pdf](http://qualitividade.pt/wp-content/uploads/2016/04/NPISO031000_2012.pdf)
- Iyer, K. C., & Jha, K. N. (2005). Factors affecting cost performance: Evidence from Indian construction projects. *International Journal of Project Management*, 23(4), 283–295. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2004.10.003>
- Kim, D. Y., Han, S. H., & Kim, H. (2008). Discriminant Analysis for Predicting Ranges of Cost Variance in International Construction Projects. *Journal of Construction Engineering and Management*, 134(6), 398–410. [https://doi.org/10.1061/\(asce\)0733-9364\(2008\)134:6\(398\)](https://doi.org/10.1061/(asce)0733-9364(2008)134:6(398))
- Lee, J.-K. (2008). Cost Overrun and Cause in Korean Social Overhead Capital Projects: Roads, Rails, Airports, and Ports. *Journal of Urban Planning and Development*, 134(2), 59–62. [https://doi.org/10.1061/\(asce\)0733-9488\(2008\)134:2\(59\)](https://doi.org/10.1061/(asce)0733-9488(2008)134:2(59))
- Lopes, S. I. M. (2014). *Análise de Funções de Custo de Componentes de Construção Civil e*



de Equipamentos de Serviços Públicos de Água [IST].  
file:///C:/Users/Utilizador/Downloads/dissertacao (2).pdf

- Love, P. E. D., Sing, C.-P., Carey, B., & Kim, J. T. (2015). Estimating Construction Contingency: Accommodating the Potential for Cost Overruns in Road Construction Projects. *Journal of Infrastructure Systems*, 21(2), 04014035. [https://doi.org/10.1061/\(asce\)is.1943-555x.0000221](https://doi.org/10.1061/(asce)is.1943-555x.0000221)
- Love, P. E. D., Wang, X., Sing, C., & Tiong, R. L. K. (2013). Determining the Probability of Project Cost Overruns. *Journal of Construction Engineering and Management*, 139(3), 321–330. [https://doi.org/10.1061/\(asce\)co.1943-7862.0000575](https://doi.org/10.1061/(asce)co.1943-7862.0000575)
- Lundberg, M., Jenpanitsub, A., & Pyddoke, R. (2011). *Cost overruns in Swedish transport projects*. 1–17.
- Mahamid, I. (2013). Effects of project's physical characteristics on cost deviation in road construction. *Journal of King Saud University - Engineering Sciences*, 25(1), 81–88. <https://doi.org/10.1016/j.jksues.2012.04.001>
- Miranda, T. A. da C. (2011). *Controlo económico de obras: Proposta de método* [FEUP]. <https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/61436/1/000149389.pdf>
- Nega, F. (2008). *March, 2008* [Addis Ababa University]. [https://doi.org/10.1016/S1474-4422\(08\)70103-0](https://doi.org/10.1016/S1474-4422(08)70103-0)
- Odeck, J. (2004). Cost overruns in road construction - what are their sizes and determinants? *Transport Policy*, 11(1), 43–53. [https://doi.org/10.1016/S0967-070X\(03\)00017-9](https://doi.org/10.1016/S0967-070X(03)00017-9)
- Ordem dos Engenheiros, O. (2006). *Recomendações da Ordem dos Engenheiros para redução dos desvios de custos e de prazos nas empreitadas de obras públicas*. [https://www.ordemengenheiros.pt/fotos/editor2/pareceres\\_propostas/recomendacoes\\_o\\_braspublicas.pdf](https://www.ordemengenheiros.pt/fotos/editor2/pareceres_propostas/recomendacoes_o_braspublicas.pdf)
- Pinheiro Catalão, F., Cruz, C. O., & Miranda Sarmiento, J. (2019). Exogenous determinants of cost deviations and overruns in local infrastructure projects. *Construction Management and Economics*, 37(12), 697–711. <https://doi.org/10.1080/01446193.2019.1576915>
- Priyantha, T., Karunasena, G., & Rodrigo, V. (2011). Causes, Nature and Effects of Variations in Highways. *Built-Environment Sri Lanka*, 9(1–2), 14. <https://doi.org/10.4038/besl.v9i1-2.3056>
- Senouci, A., Ismail, A., & Eldin, N. (2016). Time Delay and Cost Overrun in Qatari Public Construction Projects. *Procedia Engineering*, 164(June), 368–375.

<https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.11.632>

- Shane, J. S., Molenaar, K. R., Anderson, S., & Schexnayder, C. (2009). Construction Project Cost Escalation Factors. *Journal of Management in Engineering*, 25(4), 221–229. [https://doi.org/10.1061/\(asce\)0742-597x\(2009\)25:4\(221\)](https://doi.org/10.1061/(asce)0742-597x(2009)25:4(221))
- Shehu, Z., Endut, I. R., Akintoye, A., & Holt, G. D. (2014). Cost overrun in the Malaysian construction industry projects: A deeper insight. *International Journal of Project Management*, 32(8), 1471–1480. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2014.04.004>
- Stoy, C., Pollalis, S., & Schalcher, H.-R. (2008). Drivers for Cost Estimating in Early Design: Case Study of Residential Construction. *Journal of Construction Engineering and Management*, 134(1), 32–39. [https://doi.org/10.1061/\(asce\)0733-9364\(2008\)134:1\(32\)](https://doi.org/10.1061/(asce)0733-9364(2008)134:1(32))
- Stoy, C., & Schalcher, H.-R. (2007). Residential Building Projects: Building Cost Indicators and Drivers. *Journal of Construction Engineering and Management*, 133(2), 139–145. [https://doi.org/10.1061/\(asce\)0733-9364\(2007\)133:2\(139\)](https://doi.org/10.1061/(asce)0733-9364(2007)133:2(139))
- Teixera Duarte, G. (2020). *Retatório de contas*. <https://www.teixeiraduarte.pt/grupo/principais-indicadores/>
- Vu, T. Q., Pham, C. P., Nguyen, T. A., Nguyen, P. T., Phan, P. T., & Le Hoang Thuy To Nguyen, Q. (2020). Factors influencing cost overruns in construction projects of international contractors in Vietnam. *Journal of Asian Finance, Economics and Business*, 7(9), 389–400. <https://doi.org/10.13106/JAFEB.2020.VOL7.NO9.389>

