



ESTUDO DE VIABILIDADE DA APLICAÇÃO DE COBERTURAS E FACHADAS VERDES NA ESTAÇÃO FERROVIÁRIA DE ENTRECAMPOS

Joana Pereira Serro

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em

Engenharia Civil

Orientadores

Professora Doutora Maria Cristina de Oliveira Matos Silva

Professora Doutora Patrícia Alexandra Afonso Dinis Ferreira

Júri

Presidente: Professor Doutor Nuno Gonçalo Cordeiro Marques de Almeida

Orientador: Professora Doutora Maria Cristina de Oliveira Matos Silva

Vogal: Professor Doutor Carlos Paulo Oliveira da Silva Cruz

Maio de 2017

AGRADECIMENTOS

Às minhas orientadoras,

Professora Doutora Cristina Matos Silva e Professora Doutora Patrícia Ferreira, que foram essenciais durante o desenvolvimento deste trabalho. Agradeço pela partilha de conhecimento, experiência e bibliografia acerca de infraestruturas verdes e estações ferroviárias, respetivamente, que se complementaram ao longo da escrita do documento. Agradeço também pela disponibilidade, pela confiança, pela motivação, pelo empenho e pelo entusiasmo demonstrados.

À Infraestruturas de Portugal,

que disponibilizou informações e dados relativos à estação ferroviária de Entrecampos, permitindo uma caracterização completa do caso de estudo e a obtenção de resultados, mais fiáveis, com aplicação direta ao mesmo.

À Neoturf,

pela disponibilidade demonstrada para a validação de resultados, nomeadamente em termos de custos de instalação e manutenção associados a infraestruturas verdes, que conferiu uma maior robustez à metodologia proposta.

À Inês Teotónio,

colega durante o meu percurso universitário, com trabalho desenvolvido na área das infraestruturas verdes. Agradeço pela disponibilidade, pela motivação, pela crítica construtiva e pelo conhecimento que me transmitiu e orientou na progressão do trabalho.

Ao Daniel, ao Diogo e ao João,

amigos e colegas universitários, pelo interesse, pela disponibilidade e, principalmente, pela ajuda preciosa durante as contagens de passageiros na estação ferroviária de Entrecampos.

Ao Rui,

por me ter acompanhado todos os dias, pelo apoio e motivação incansáveis, pelo trabalho de equipa e por ter abraçado esta tese como se fosse a dele.

Aos meus,

especialmente aos meus pais, pela estabilidade e apoio incondicionais que nunca faltaram durante todo o meu percurso académico e durante a escrita da dissertação. Agradeço também pela motivação, pelas revisões, pelo envolvimento neste trabalho e por aceitarem várias horas de conversa sobre um tema recorrente: a minha dissertação. Aos meus avós, que visitei menos vezes nos últimos meses, pelo interesse e pelo mimo. E ao avô Victor, a quem dedico este trabalho.

RESUMO

As infraestruturas verdes têm sido propostas para alcançar ambientes urbanos mais sustentáveis, não só em edifícios como em infraestruturas de transporte, respondendo a necessidades/problemas estéticos, de desconforto ou subaproveitamento de espaços. No entanto, a variabilidade/discussão acerca da viabilidade destas soluções, sugere a necessidade de análises custo-benefício (ACB).

Esta dissertação propõe uma metodologia para avaliação da viabilidade da instalação de coberturas/fachadas verdes em infraestruturas de transporte, recorrendo às análises financeira (AF), económica (AE) e socioambiental (AS) associadas às dimensões “infraestrutura”, “utilizador” e “envolvente”. Na infraestrutura, consideram-se custos de instalação, manutenção e substituição/demolição e benefícios provenientes da maior eficiência dos painéis fotovoltaicos (AF), valorização da infraestrutura, melhoria estética, criação de espaços (AE) e criação de emprego (AS). Na valorização do utilizador, considera-se o aumento da sua satisfação (AE), a atenuação do ruído interior e a melhoria da qualidade do ar (AS). A envolvente é valorizada pela atenuação do ruído exterior e pela retenção da água pluvial (AS).

A metodologia é aplicada à estação ferroviária de Entrecampos, Lisboa, para cinco cenários com infraestruturas verdes, comparativamente à sua situação atual. A ACB demonstra, a 50 anos e taxa de atualização de 3,36%, a viabilidade económica e socioambiental de todos os cenários avaliados, com valores atuais líquidos (VAL) entre 372.351,19€ e 7.697.009,07€ e entre 734.524,39€ e 7.726.612,99€, respetivamente, com perdas financeiras de 3.005,79€ a 1.040.946,23€.

Parâmetros como as taxas de atualização e inflação, criação de espaços, estética, satisfação e atenuação do ruído interior revelam ter um impacto significativo sobre o VAL, entre 1,5 a 9%.

Palavras-chave

Coberturas/fachadas verdes, Análise custo-benefício, Infraestruturas de transporte, Estação ferroviária

ABSTRACT

Green roofs and living walls are considered effective solutions to improve the environmental integrity of urbanized areas. Nowadays, proposals arise not only for buildings but also for transport infrastructures which have needs/problems they can respond to (aesthetic problems, discomfort or non-use of several spaces). However, there are variability/discussion about their feasibility, hence the need of cost-benefit analyses (CBA).

This study presents a methodological approach to discuss the feasibility of greening urban transport infrastructures by performing the CBA separately for financial (FA), economic (EA) and socioenvironmental (SA) analysis. Besides, infrastructure, user and environmental dimensions are assessed independently. Infrastructure dimension considers construction, maintenance and replacement/demolition costs and benefits as improvement of photovoltaic performance (FA), increase of aesthetics and recreation value (EA) and job creation (SA). User's value dimension includes well-being (EA), station's noise reduction and air pollution removal (SA). Environmental dimension reflects noise reduction and benefits related to storm water management (SA).

The methodology is applied to Entrecampos Railway Station, in Lisbon, Portugal. Five different scenarios of green infrastructures are compared with station's current situation. The CBA demonstrated that all five greening scenarios are economically and socioenvironmentally feasible. For 50 years and a 3.36% discount rate, the net present value (NPV) ranged between 372,351.19€ and 7,697,009.07€ (EA) and between 734,524.39€ and 7,726,612.99€ (SA), with financial losses out 3.005,79€ to 1.040946,23€.

The sensitivity analysis performed to the CBA shows the high influence of discount and inflation rates, recreation, aesthetics, well-being and station's noise reduction on the NPV value, ranging from 1.5 to 9%.

Keywords

Green roofs/walls, Cost-Benefit Analysis, Transport infrastructures, Rail station

ÍNDICE

AGRADECIMENTOS	iii
RESUMO	v
ABSTRACT	vii
LISTA DE FIGURAS	xiii
LISTA DE TABELAS	xv
LISTA DE ACRÓNIMOS	xix
1 INTRODUÇÃO	
1.1 ENQUADRAMENTO	1
1.2 OBJETIVOS.....	2
1.3 ORGANIZAÇÃO DO DOCUMENTO E METODOLOGIA.....	2
2 COBERTURAS E FACHADAS VERDES EM INFRAESTRUTURAS DE TRANSPORTE	
2.1 INFRAESTRUTURAS DE TRANSPORTE EM MEIO URBANO	5
2.2 COBERTURAS E FACHADAS VERDES – CARACTERÍSTICAS GENÉRICAS	7
2.3 MAIS-VALIAS DE COBERTURAS E FACHADAS VERDES EM INFRAESTRUTURAS DE TRANSPORTE	8
2.4 EXEMPLOS DE APLICAÇÃO	9
3 ANÁLISE CUSTO-BENEFÍCIO DE COBERTURAS E FACHADAS VERDES EM INFRAESTRUTURAS DE TRANSPORTE	
3.1 PROPOSTA METODOLÓGICA	13
3.2 CUSTOS DE CICLO DE VIDA	15
3.2.1 Custo de instalação	15
3.2.2 Custo de manutenção	16
3.2.3 Custo de substituição	18
3.2.4 Custo de demolição.....	18
3.3 QUANTIFICAÇÃO DE BENEFÍCIOS	19
3.3.1 Benefícios para a infraestrutura	19
3.3.2 Benefícios para os utilizadores	21

3.3.3	Benefícios para a envolvente	24
3.4	CONSIDERAÇÕES FINAIS	30
4	CASO DE ESTUDO – ESTAÇÃO FERROVIÁRIA DE ENTRECAMPOS, LISBOA	
4.1	APRESENTAÇÃO	31
4.2	ORGANIZAÇÃO ESPACIAL.....	31
4.3	CARACTERIZAÇÃO DO PASSAGEIRO PENDULAR.....	33
4.4	CARACTERIZAÇÃO DOS RESTANTES UTILIZADORES	36
4.5	IDENTIFICAÇÃO DE ALGUNS PROBLEMAS.....	37
4.5.1	Problemas na estação: edifício e plataformas	37
4.5.2	Qualidade do ar	38
4.5.3	Ruído	39
5	ANÁLISE CUSTO-BENEFÍCIO DO CASO DE ESTUDO	
5.1	SOLUÇÕES PROPOSTAS	41
5.2	PRESSUPOSTOS DO ESTUDO DE VIABILIDADE.....	49
5.2.1	Metodologia aplicada aos cenários avaliados.....	49
5.2.2	Infraestrutura	50
5.2.3	Utilizador.....	57
5.2.4	Envolvente.....	61
5.2.5	Resumo de custos e benefícios	64
6	RESULTADOS DA ANÁLISE	
6.1	ESTUDO DE VIABILIDADE	67
6.1.1	Parâmetros financeiros.....	67
6.1.2	Análise financeira	68
6.1.3	Análise económica	70
6.1.4	Análise socioambiental.....	72
6.2	DISCUSSÃO DE RESULTADOS.....	74
6.3	ANÁLISE DE SENSIBILIDADE	77

7 CONCLUSÕES E DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

7.1 CONCLUSÕES..... 79

7.2 DESENVOLVIMENTOS FUTUROS 80

REFERÊNCIAS **81**

ANEXOS

ANEXO I REVISÃO BIBLIOGRÁFICA DA QUANTIFICAÇÃO DE BENEFÍCIOS ASSOCIADOS À INSTALAÇÃO DE INFRAESTRUTURAS VERDES..... A

ANEXO II LOCALIZAÇÃO E IDENTIFICAÇÃO DE ACESSOS, ESTAÇÃO FERROVIÁRIA DE ENTRECAMPOS F

ANEXO III CONTAGEM DE PASSAGEIROS NO PERÍODO DE PONTA DA MANHÃ, ESTAÇÃO FERROVIÁRIA DE ENTRECAMPOS ... G

ANEXO IV ANÁLISES FINANCEIRA, ECONÓMICA E SOCIOAMBIENTAL..... I

ANEXO V ANÁLISE DE SENSIBILIDADE S

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – Estação ferroviária de Atocha, Madrid.....	12
Figura 2.2 – Aeroporto Changi, Singapura.....	12
Figura 2.3 – Projeto da estação ferroviária de Kowloon, China.....	12
Figura 3.1 – Proposta metodológica da análise custo-benefício.	14
Figura 3.2 – Ilha de calor urbano	26
Figura 3.3 – Resposta de escoamento a eventos de precipitação (adaptado de Stovin et al., 2012)..	29
Figura 3.4 – Variação qualitativa dos parâmetros em análise ao longo do tempo.	30
Figura 4.1 – Localização e vista aérea da estação ferroviária de Entrecampos.	31
Figura 4.2 – Esquema de entradas na estação (planta).	32
Figura 4.3 – Corte transversal da estação de Entrecampos.....	32
Figura 4.4 – Plantas do piso 0 e do piso 1 da estação de Entrecampos.....	32
Figura 4.5 – Resultado das contagens: número de passageiros pendulares por minuto na hora de ponta da manhã, das 8h às 9h30.	34
Figura 4.6 – Resultado das contagens: esquema funcional vertical para o número de passageiros pendulares por minuto na hora de ponta da manhã, das 8h às 9h30.	35
Figura 4.7 – Ligações modais na envolvente da estação ferroviária.	36
Figura 4.8 - Quadro-síntese dos aspetos positivos e negativos da estação de Entrecampos.	37
Figura 4.9 – Infiltrações na estação de Entrecampos (plataforma).	38
Figura 4.10 – Percentagem do valor legal (a) e proporção (b) de poluentes	39
Figura 4.11 – Mapas de conflitos para os períodos (a) diurno-entardecer-noturno e (b) noturno.....	40
Figura 5.1 – Localização dos cenários propostos na envolvente exterior.	42
Figura 5.2 – Plantas de alteração da envolvente interior: piso 0 (a) e piso 1 (b).....	42
Figura 5.3 – Proposta metodológica aplicada aos cenários avaliados.	50
Figura 5.4 – Lojas com potencial de aluguer, estação de Entrecampos.	54
Figura 5.5 – Matriz simplificada da água de Lisboa, em milhões de m ³ (dados de 2014, CML).	62
Figura 6.1 – Fluxos monetários atualizados da análise financeira dos cenários avaliados.	68
Figura 6.2 – Fluxos monetários atualizados acumulados da análise financeira dos cenários avaliados.	68

Figura 6.3 – Fluxos monetários atualizados da análise financeira dos cenários com fachadas verdes.	69
Figura 6.4 – Fluxos monetários atualizados acumulados da análise financeira dos cenários com fachadas verdes	69
Figura 6.5 – Fluxos monetários atualizados da análise económica dos cenários avaliados.....	71
Figura 6.6 – Fluxos monetários atualizados acumulados da análise económica dos cenários avaliados.	71
Figura 6.7 – Fluxos monetários atualizados da análise económica dos cenários com fachadas verdes.	71
Figura 6.8 – Fluxos monetários atualizados acumulados da análise económica dos cenários com fachadas verdes	72
Figura 6.9 – Fluxos monetários atualizados da análise socioambiental dos cenários avaliados.	73
Figura 6.10 – Fluxos monetários atualizados acumulados da análise socioambiental dos cenários avaliados.....	73
Figura 6.11 – Fluxos monetários atualizados da análise socioambiental dos cenários com fachadas verdes	73
Figura 6.12 – Fluxos monetários atualizados acumulados da análise socioambiental	74
Figura 6.13 – Valores atualizados líquidos do estudo de viabilidade dos cenários avaliados.	75
Figura 6.14 – Análise comparativa entre (a) não instalar e (b) instalar as infraestruturas verdes do cenário VI.....	76
Figura 6.15 – Efeito dos parâmetros envolvidos na análise socioambiental sobre o VAL.	77
Figura 6.16 – Análise de sensibilidade dos cenários propostos.	78

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 – Características gerais dos sistemas de coberturas e fachadas verdes.....	7
Tabela 2.2 – Exemplos de aplicação de coberturas e fachadas verdes em infraestruturas de transporte urbano.	10
Tabela 3.1 – Custos de instalação de coberturas convencionais e verdes.	16
Tabela 3.2 – Custos de instalação de fachadas verdes.	16
Tabela 3.3 – Custos de manutenção anual de coberturas convencionais e verdes.	17
Tabela 3.4 – Custos de manutenção anual de fachadas verdes.	17
Tabela 3.5 - Custos de substituição de coberturas e fachadas verdes.	18
Tabela 3.6 – Aumento de vida útil devido à instalação de coberturas e fachadas verdes.	20
Tabela 3.7 – Quantificação do bem-estar associado a espaços verdes.	22
Tabela 3.8 – Redução de poluentes decorrente da instalação de coberturas verdes.....	23
Tabela 3.9 – Absorção de dióxido de carbono (CO ₂) por coberturas e fachadas verdes.....	24
Tabela 3.10 – Acréscimo de redução sonora de coberturas verdes face a coberturas convencionais....	25
Tabela 3.11 – Acréscimo de redução sonora de fachadas verdes face a fachadas tradicionais.	25
Tabela 3.12 – Redução e atraso do escoamento em coberturas verdes extensivas.	29
Tabela 4.1 – Fluxo de comboios e períodos de inatividade.....	33
Tabela 5.1 – Proposta simplificada de cenários alternativos.	41
Tabela 5.2 – Sistema vertical verde proposto no viaduto.	43
Tabela 5.3 – Sistema vertical verde proposto nos acessos sul (poente e nascente).....	43
Tabela 5.4 – Sistema vertical proposto no acesso norte (poente).....	44
Tabela 5.5 – Sistema vertical proposto na bordadura do cais de embarque, em todo o edifício.	44
Tabela 5.6 – Cobertura verde proposta no cais de embarque.....	45
Tabela 5.7 – Sistema vertical verde proposto no cais de embarque.	46
Tabela 5.8 – Sistema vertical verde proposto na bordadura da mezzanine do piso 1 (estação).	47
Tabela 5.9 – Sistema vertical proposto na interface comboio-metro (estação).....	47
Tabela 5.10 – Jardim interior proposto na ala poente do edifício da estação (piso 0).	48
Tabela 5.11 – Sistema vertical verde proposto na ala poente do edifício da estação (piso 0).....	48
Tabela 5.12 – Tipificação de cenários e principais benefícios associados.....	49

Tabela 5.13 – Custos de instalação médios de coberturas e fachadas verdes.....	51
Tabela 5.14 – Custos de instalação de coberturas verdes extensivas planas	51
Tabela 5.15 – Custos de manutenção médios anuais de coberturas e fachadas verdes.	52
Tabela 5.16 – Custos de substituição médios de coberturas e fachadas verdes.....	52
Tabela 5.17 – Custos de demolição médios de coberturas e fachadas verdes.	52
Tabela 5.18 – Valor do conforto numa estação ferroviária, por passageiro	54
Tabela 5.19 – Benefício anual da melhoria estética conferida pelos cenários de fachadas verdes avaliados.....	55
Tabela 5.20 – Benefício anual do aumento da satisfação do cliente com a instalação de infraestruturas verdes.....	58
Tabela 5.21 – Valores padrão do custo de ruído ferroviário por pessoa exposta	59
Tabela 5.22 – Benefício anual da absorção de poluentes.	60
Tabela 5.23 – Cálculo do custo médio operacional da precipitação no concelho de Lisboa.	63
Tabela 5.24 – Benefício anual proveniente da diminuição do volume de águas pluviais tratadas.....	63
Tabela 5.25 – Quadro-resumo da quantificação de benefícios dos cenários avaliados.	65
Tabela 5.26 – Quadro-resumo dos custos e benefícios monetários dos cenários avaliados.....	66
Tabela 6.1 – Valor atualizado líquido da análise financeira dos cenários avaliados.	70
Tabela 6.2 – Valor atualizado líquido da análise económica dos cenários avaliados.	72
Tabela 6.3 – Valor atualizado líquido da análise socioambiental dos cenários avaliados.	74
Tabela 6.4 – Valores atualizados líquidos do estudo de viabilidade dos cenários avaliados.....	74
Tabela 6.5 – Gama de variação das variáveis significativas envolvidas na análise socioambiental....	78

ANEXO I

Tabela I.1 – Custos de demolição de coberturas e fachadas verdes.....	A
Tabela I.2 – Aumento do valor do imóvel com instalação de coberturas e fachadas verdes.....	A
Tabela I.3 – Estudos de perceção de bem-estar em espaços verdes.....	B
Tabela I.4 – Variação da temperatura interior com a instalação de coberturas e fachadas verdes.....	B
Tabela I.5 – Quantificação da melhoria da qualidade do ar em coberturas verdes.....	C
Tabela I.6 – Absorção sonora de coberturas e fachadas verdes.....	C
Tabela I.7 – Quantificação da atenuação do ruído em coberturas verdes.....	D
Tabela I.8 – Redução da temperatura ambiente na envolvente de coberturas e fachadas verdes.....	D

Tabela I.9 – Redução da concentração de poluentes presente em escoamentos por coberturas verdes.....E

Tabela I.10 – Quantificação da retenção e do atraso do escoamento das águas pluviais em coberturas verdes.....E

ANEXO III

Tabela III.1 – Resultados das contagens nos acessos da estação ferroviária de Entrecampos.....F

Tabela III.2 – Número de passageiros por minuto nos acessos da estação ferroviária de Entrecampos..F

ANEXO IV

Tabela IV.1 – Análises financeira, económica e socioambiental do cenário II,t (fachada verde).....I

Tabela IV.2 – Análises financeira, económica e socioambiental do cenário II (fachada viva).....J

Tabela IV.3 – Análises financeira, económica e socioambiental do cenário V (cobertura verde extensiva).....K

Tabela IV.4 – Análises financeira, económica e socioambiental do cenário VI,t (fachada verde).....L

Tabela IV.5 – Análises financeira, económica e socioambiental do cenário VI (fachada viva).....M

Tabela IV.6 – Análises financeira, económica e socioambiental do cenário VIII,t (fachada verde).....N

Tabela IV.7 – Análises financeira, económica e socioambiental do cenário VIII (fachada viva).....O

Tabela IV.8 – Análises financeira, económica e socioambiental do cenário X,t (fachada verde).....P

Tabela IV.9 – Análises financeira, económica e socioambiental do cenário X (fachada viva).....Q

ANEXO V

Tabela V.1 – Influência da variação individual de cada parâmetro (10%) no valor do VAL de cada cenário.....S

Tabela V.2 – Variação média do VAL devido à variação individual de cada parâmetro (10%).....S

Tabela V.3 – VAL do cenário base em comparação com o VAL dos cenários otimista/mais provável e pessimista.....S

LISTA DE ACRÓNIMOS

AML	Área Metropolitana de Lisboa
APA	Agência Portuguesa do Ambiente
ANCV	Associação Nacional de Coberturas Verdes
CCDR LVT	Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional de Lisboa e Vale do Tejo
CE Delft	<i>Committed to the Environmental Delft</i>
CELE	Comércio Europeu de Licenças de Emissão
CML	Câmara Municipal de Lisboa
CP	Comboios de Portugal
DECO	Associação Portuguesa para a Defesa do Consumidor
DG PRCE	Direção Geral da Política Regional Comissão Europeia
DGEG	Direção Geral de Energia e Geologia
EFB	<i>European Federation of Green Roof Associations</i>
EPI	<i>Environmental Performance Index</i>
EU	<i>European Union</i>
GEE	Gases de Efeito de Estufa
GWP	<i>Global Warming Potential</i>
IP	Infraestruturas de Portugal
OMIE	Operador do Mercado Ibérico de Energia
OT	Obrigações do Tesouro da República Portuguesa
PAR	Plano de Ação do Ruído
PDM	Plano Diretor Municipal
PIB	Produto Interno Bruto
PRI	Período de Recuperação do Investimento
RGR	Regulamento Geral do Ruído
RLVT	Região de Lisboa e Vale do Tejo
SIMTEJO	Saneamento Integrado dos Municípios do Tejo e Trancão
TIR	Taxa Interna de Rendibilidade
VAL	Valor Atualizado Líquido

1 INTRODUÇÃO

1.1 ENQUADRAMENTO

As infraestruturas de transporte são parte integrante dos meios urbanos. Surgem consoante as necessidades da população e acompanham o crescimento das cidades, potenciando também a expansão de áreas suburbanas. A sua importância em termos de mobilidade e redistribuição espacial da população é inegável, no entanto, particularizando para estações ferroviárias, dada a sua dimensão, têm um grande impacto visual no meio em que se inserem. Verificam-se também problemas associados a impactos ambientais negativos, nomeadamente em termos de ruído ou poluição atmosférica, e a existência de ambientes de cariz inseguro e desconfortável que podem contribuir para a insatisfação dos utilizadores (Dröes & Rietveld, 2015). Por este motivo, torna-se pertinente a procura de soluções para estes domínios que, por si só, potenciam o desagradado em relação a outros aspetos como tempos de espera, sobrelotação de espaços em horas de ponta ou falhas de eficiência do sistema. Além disso, sendo obras públicas, afetam uma parte considerável da população e poderão constituir um incentivo a futuros investimentos.

As coberturas e fachadas verdes, como alternativas à proteção de superfícies convencionais, têm sido progressivamente difundidas, na medida em que reúnem um vasto conjunto de benefícios públicos e privados. Diversos estudos demonstraram essas mais-valias, entre elas: a redução das necessidades energéticas associadas a estas soluções, dado que estabilizam as temperaturas dos espaços de forma passiva (Manso & Castro-Gomes, 2016; Refahi & Talkhabi, 2015); a mitigação do efeito da ilha de calor nos centros urbanos e a consequente redução da pegada de carbono (Santamouris, 2014; Speak, et al., 2013); a redução da concentração de poluição atmosférica (Rowe, 2011; Yang, et al., 2008; Speak, et al., 2012); a melhor gestão das águas pluviais e o atraso do seu escoamento (Graceson, et al., 2013), bem como a melhoria da sua qualidade (Rowe, 2011; Vijayaraghavan & Joshi, 2014); a atenuação do ruído (Connelly & Hodgson, 2013; Connelly & Hodgson, 2015; Renterghem & Botteldooren, 2011); o aumento da biodiversidade (Elgizawy, 2016); entre outros, como o significativo aumento do valor dos imóveis, a maior durabilidade das membranas de impermeabilização e revestimentos, a criação de emprego, a melhoria estética e o melhor aproveitamento do espaço útil (Berardi, et al., 2014; Bianchini & Hewage, 2012; Claus & Rousseau, 2012; Carter & Keeler, 2008; Francis & Lorimer, 2011; Hashemi, et al., 2015; Perini, et al., 2011; Perini & Rosasco, 2013; Villarreal & Bengtsson, 2005; Vijayaraghavan, 2016).

As tipologias construtivas na instalação de infraestruturas verdes são dependentes do objetivo da sua aplicação, da função pretendida, do clima e local de instalação, dos custos que lhes estão associados, da capacidade estrutural dos elementos e, no caso de coberturas, da sua pendente (GRHC, 2016).

Quando aplicada a infraestruturas de transporte, a instalação de sistemas verdes/ajardinados tem potencial para responder a alguns dos impactos negativos referidos inicialmente. Estas soluções revelam-se vantajosas para a infraestrutura, para os utilizadores e para a envolvente associada ao fluxo de transportes. O sector dos transportes beneficia, essencialmente, da valorização da infraestrutura, do progresso visual/estético, do aumento da sensação de conforto por parte dos utilizadores e, eventualmente, da possibilidade de criação de novos espaços ou melhor aproveitamento dos já

existentes; consoante as soluções, existem também implicações em termos de agradabilidade da mobilidade dos utentes e das condições de segurança da estação. Para além disso, em zonas urbanas, é pertinente considerar a capacidade de absorção sonora da vegetação e do substrato, bem como a sua função em termos de melhoria da qualidade do ar, regularização do escoamento de águas pluviais e redução das temperaturas médias urbanas. Desta forma, é essencial a tipificação de benefícios gerais de coberturas e fachadas verdes para interfaces de transporte, na medida em que só os mais significativos devem ser alvo de estudo.

A presente dissertação de mestrado surge com a intenção de dar resposta à carência de estudos a respeito da instalação de infraestruturas verdes em infraestruturas de transporte existentes. Pretende-se desenvolver uma metodologia para avaliar a viabilidade económica da instalação de coberturas e fachadas verdes em infraestruturas de transporte e, posteriormente, refiná-la com recurso a um caso de estudo. Estudam-se as mais-valias destas soluções quando aplicadas a um caso prático, na medida em que se desconhece o retorno gerado por elas em infraestruturas de transporte. A restrição do perímetro de análise permite resultados com níveis de confiança superiores.

O caso de estudo escolhido corresponde à estação ferroviária de Entrecampos, em Lisboa, que assume uma posição de destaque no centro da cidade.

1.2 OBJETIVOS

O objetivo da presente dissertação é determinar as viabilidades financeira, económica e socioambiental da instalação de coberturas e fachadas verdes na estação ferroviária de Entrecampos, em Lisboa. Neste contexto, definiram-se os seguintes objetivos parciais:

- Identificação dos principais problemas associados a estações ferroviárias em ambiente urbano, que poderiam ser melhorados com a instalação de infraestruturas verdes;
- Proposta de metodologia de análise custo-benefício de soluções de coberturas e fachadas verdes em estações ferroviárias existentes;
- Caracterização do caso de estudo e identificação dos seus problemas;
- Proposta de cenários de introdução de infraestruturas verdes no caso de estudo, de modo a incidir nas suas necessidades;
- Análise custo-benefício dos cenários mais representativos, relevantes na mitigação de alguns dos problemas identificados;
- Realização de uma análise de sensibilidade aos parâmetros com maior influência na análise custo-benefício.

1.3 ORGANIZAÇÃO DO DOCUMENTO E METODOLOGIA

A presente dissertação organiza-se em seis capítulos.

O capítulo 1 enquadra o tema da tese e define, de forma breve, os principais conceitos abordados. Ainda no mesmo capítulo, explicitam-se os objetivos da dissertação e apresenta-se a estrutura do documento.

O capítulo 2 identifica os principais problemas e necessidades associados a infraestruturas de transporte urbano existentes, nomeadamente estações ferroviárias. Posteriormente, são apresentadas

as principais características das coberturas e fachadas verdes e, numa nova secção, identificam-se as suas mais-valias quando aplicadas em estações ferroviárias em funcionamento. São, por fim, catalogados alguns exemplos de aplicação relacionados com o tema em estudo.

O capítulo 3 propõe uma metodologia para a análise custo-benefício de infraestruturas verdes em infraestruturas de transporte, particularmente estações ferroviárias. Adicionalmente, apresenta-se a revisão bibliográfica de custos e benefícios associados a coberturas e fachadas verdes, organizada de acordo com o método proposto, na sequência da qual se desenvolve a tese.

O capítulo 4 apresenta o caso de estudo sobre o qual incide a análise realizada, especificamente a estação ferroviária de Entrecampos, em Lisboa. É também exposta a realidade de funcionamento da interface, em termos de organização espacial e características dos passageiros. O estudo acerca da estação não é exaustivo, pretendendo-se um nível de detalhe suficiente para sustentar a análise realizada à *posteriori*. No final, identificam-se problemas do caso de estudo que se consideram suscetíveis a melhorias por parte da instalação de infraestruturas verdes na estação.

O capítulo 5 expõe a análise custo-benefício do caso de estudo. São apresentados dez cenários alternativos para a aplicação de coberturas e fachadas verdes na estação ferroviária e, de seguida, são selecionados os cinco mais representativos, alvo do estudo de viabilidade. Com base nas características dos cenários avaliados, a metodologia proposta é redefinida, ajustando-se à realidade do caso de estudo. Ainda no mesmo capítulo, estabelecem-se os restantes pressupostos do estudo de viabilidade, no que diz respeito à quantificação dos custos e benefícios associados ao objeto de estudo, adequando-os o mais possível à sua localização e particularidades.

O capítulo 6 reúne os resultados e as conclusões da análise custo-benefício. É realizado o estudo de viabilidade, de acordo com a metodologia proposta, para o qual se segue uma discussão de resultados e uma análise de sensibilidade aos parâmetros mais influentes nos mesmos.

Por último, o capítulo 7 reúne as principais conclusões do trabalho e sugere futuros estudos complementares à avaliação efetuada na presente dissertação.

Em anexo, incluem-se todos os elementos necessários à compreensão do trabalho, que, pela sua extensão e/ou pelo seu detalhe, não foram incluídos no corpo do documento.

O estudo de viabilidade traduz-se num estudo comparativo que incide sobre o cenário atual da estação ferroviária de Entrecampos, comparativamente à proposta de instalação de infraestruturas verdes na estação. Para uma avaliação representativa, caracteriza-se o caso de estudo e identificam-se as suas particularidades. Tendo em consideração a quantificação de custos e benefícios, relativamente à proposta face à situação real, estimam-se os fluxos monetários ao longo do período de análise.

Como referido, o estudo segue a metodologia proposta para a abordagem ao caso de estudo, que, em traços gerais, consiste numa matriz de 3x3 com níveis que abrangem as análises financeira, económica e socioambiental para as dimensões da infraestrutura, do utilizador e da envolvente (por ordem crescente de abrangência).

Por fim, a análise de sensibilidade aos parâmetros avaliados permite prever a variabilidade e a incerteza associadas ao estudo.

2 COBERTURAS E FACHADAS VERDES EM INFRAESTRUTURAS DE TRANSPORTE

2.1 INFRAESTRUTURAS DE TRANSPORTE EM MEIO URBANO

O desenvolvimento das cidades acontece em torno das infraestruturas de transporte urbano, na medida em que estas servem as necessidades de crescimento da população, que é móvel, e representam pontos de referência importantes (Dröes & Rietveld, 2015).

No âmbito desta tese, é dada uma maior importância às infraestruturas de transporte ferroviário, nomeadamente de metropolitano ou comboio. As estações e interfaces ferroviárias são utilizadas por uma grande variedade de indivíduos e oferecem diversos tipos de serviço (comércio, restauração, escritórios, entre outros) para além do embarque e desembarque do comboio, quer os utentes pretendam deslocar-se ou não. Adicionalmente ao serviço de passageiros, devem contribuir para a eficiência económica, social e ambiental da cidade. Desta forma, são valorizadas a coesão e a igualdade sociais, em termos de mobilidade e acessos, e a sustentabilidade ambiental (Viegas, 2012; Ramos, 2015).

Apesar das variadas oportunidades oferecidas pelo transporte ferroviário, verificam-se problemas que excedem as questões tecnológicas, organizacionais ou de controlo. Os impactos negativos estão, na sua grande maioria, associados à insegurança que se instala nas proximidades dos fluxos de transporte, ao ruído e, a médio longo prazo, à ocupação do território de formas pouco sustentáveis e eficientes. Existe ainda a segregação de parte da cidade, devido à barreira física que limita a mobilidade da população e afeta a sua visibilidade (Viegas, 2012; Silva & Bazrafshan, 2013).

Na conceção ou planeamento de uma estação, a perceção dos vários tipos de utilizador é essencial e deve ser valorizada, de forma a que os seus requisitos possam ser garantidos e integrados. Em traços gerais, tipificam-se os passageiros diários (pendulares), os passageiros de negócios e os utentes que se deslocam em períodos de lazer; devem também ser considerados os não viajantes/clientes, que visitam a estação para usufruir dos seus serviços ou como local de convívio. Dependendo do tipo de linha ou serviço (urbano, suburbano, intercidades, regional, alta velocidade) em que se insere, a estação ou interface ferroviária tem maiores/menores percentagem de um ou outro tipo de utente, que deve ser caracterizado num estudo de procura. Os gestores da infraestrutura, bem como os operadores, as autoridades locais e os comerciantes, também reúnem necessidades particulares, que são características das suas funções numa estação de comboios (Network Rail, 2011).

A totalidade dos utilizadores valoriza as deslocações agradáveis, a limpeza, a eficiência, a legibilidade dos espaços e os acessos (Handy, 2005). A visibilidade e a luminosidade adequadas são formas imediatas de orientação, em espaço e tempo, para além de garantirem a perceção de segurança; no entanto, as estações com ligação entre o metropolitano e linhas férreas (diferentes tipos de serviços ferroviários), geralmente construções robustas com elementos verticais e pisos elevados, dificultam a obtenção deste tipo de espaços (Leemans & Ivkovic, 2011).

Em meio urbano, a grande maioria dos passageiros de estações ferroviárias no centro da cidade realiza deslocações pendulares (casa-trabalho) e, desta forma, será este o perfil de utilizador mais abordado daqui em diante. Estes passageiros diários pretendem tempos de espera reduzidos e mostram preferência por percursos que originem menores tempos de viagem e menos transbordos (Parbo, et al., 2014; Guo & H.M. Wilson, 2011; Silva & Bazrafshan, 2013). Além da incerteza inerente

aos tempos de espera e de viagem, outros fatores, externos ao veículo, contribuem para a menor atratividade das deslocações, tais como: as distâncias a percorrer nas interfaces e as condições em que são percorridas, a insegurança, o clima, os parqueamentos, a fadiga, a pressão social ou a inconveniência (Silva & Bazrafshan, 2013; Guo & H.M. Wilson, 2011; Ramos, 2015). A suportar esta informação, a DECO, associação portuguesa para a defesa ao consumidor, refere que, ainda que a maioria das queixas se deva aos tempos de espera, verifica-se um aumento do número de queixas relativamente ao conforto e à insegurança sentidos.

Os viajantes de negócios e em lazer, menos familiarizados com a estação, valorizam a eficiência dos sistemas de bilhética e informação, o conforto durante os tempos de espera e as zonas comerciais; por sua vez, os não viajantes prezam, essencialmente, pela vertente estética, as instalações, o conforto e a envolvente (em termos de serviços e atratividade do local); as entidades que trabalham diretamente com a estação requerem adequadas condições de trabalho, locais de armazenamento de bens e materiais, uma disposição de espaços funcional e com oferta adequada a todos os tipos de utilizador e o desempenho positivo da infraestrutura; as autoridades locais são atraídas por edifícios que signifiquem oportunidades de crescimento económico e renovação de espaços, com oferta de empregos e serviços (Leemans & Ivkovic, 2011; Network Rail, 2011).

Segundo Hickman *et al.* (2015), citado por Ramos (2015), os passageiros têm vindo a valorizar aspetos como a existência de lojas, restaurantes, entretenimento e disponibilidade de *wi-fi*, em detrimento das distâncias percorridas, tempos de transbordo ou disponibilização de informação.

Espacialmente, deve existir uma segregação clara entre os fluxos de chegadas e partidas, assim como a divisão dos vários espaços de espera ou percursos rápidos. Fernandez *et al.* (2010) dividem uma estação ferroviária em cinco áreas: a zona comboio-plataforma, a zona plataforma-escada, o átrio, os espaços complementares e a ligação com o espaço urbano. Por sua vez, a Transport for London (2009), distingue apenas três espaços de circulação: espaços de decisão, que dão prioridade às decisões do passageiro e onde se incluem as entradas/saídas, as bilheteiras ou locais de mudança de direção, onde deve existir sinalização clara; espaços de circulação, que ligam espaços de decisão e devem oferecer ao passageiro percursos desobstruídos que permitem o cumprimento das decisões; e espaços de oportunidade, adjacentes aos espaços de circulação, que podem acomodar variados tipos de serviço/comércios sem interferência no movimento das outras zonas.

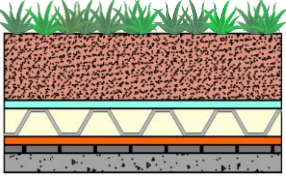
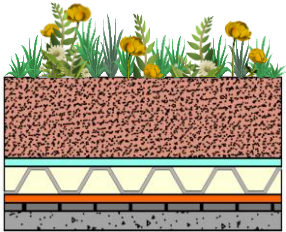
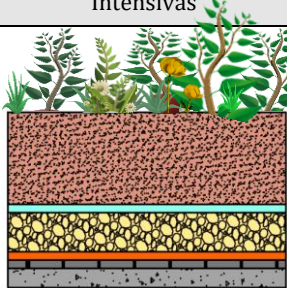
A avaliação quantitativa da infraestrutura permite definir de forma mais rigorosa a medida de conforto prestada ao utilizador, que está dependente da sua perceção individual (qualitativa). O nível de serviço para o desempenho pedonal é o método mais utilizado para realizar essa avaliação, aplicando-se a corredores de circulação, zonas de espera/aglomeração e escadas. A metodologia categoriza níveis de serviço de A (circulação livre) a F (circulação fortemente restringida e contacto entre peões), em função do espaço disponível para cada peão, da densidade e do fluxo de peões. O nível de serviço é um parâmetro essencial no dimensionamento de espaços (larguras e áreas mínimas) e na identificação dos percursos críticos nas estações. No entanto, deve ser reavaliado no tempo por ser muito dependente da estimativa da procura e das condições previstas para a exploração e o serviço ferroviário, sendo que estes parâmetros não são constantes no tempo.

Mais adiante (ponto 2.3), são identificadas as mais-valias da instalação de coberturas/fachadas verdes em infraestruturas de transporte urbano, nomeadamente em estações ferroviárias, que dão resposta a alguns dos problemas e necessidades referidos.



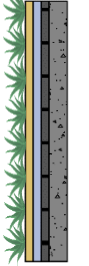
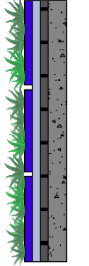
2.2 COBERTURAS E FACHADAS VERDES – CARACTERÍSTICAS GENÉRICAS

Os sistemas construtivos de coberturas e fachadas verdes apresentam uma grande variabilidade, sendo possível identificar características e componentes que são representativos de cada sistema, conforme ilustrado na Tabela 2.1.

Tabela 2.1 – Características gerais dos sistemas de coberturas e fachadas verdes.

COBERTURAS VERDES		
Extensivas	Semi-intensivas	Intensivas
		
Manutenção: reduzida	moderada	intensa
Rega: pontual	periódica	Regular
Substrato: 60 a 200 mm	120 a 250 mm	> 150 mm
Peso: 60 a 150 kg/m ²	120 a 200 kg/m ²	> 180 kg/m ²

Adaptado de IGRA (2017)

FACHADAS VERDES		FACHADAS VIVAS	
Diretas	Indiretas	Contínuas	Modulares
			
Manutenção: reduzida	reduzida	moderada	moderada
Rega: pontual	pontual	periódica	periódica
Peso: 1 a 15 kg/m ²	5 a 25 kg/m ²	25 a 45 kg/m ²	25 a 60 kg/m ²

Adaptado de Kmiec (2014)

Legenda:

Substrato	Barreira anti-raiz	Estrutura de suporte
Camada filtrante	Camada de impermeabilização	Manta permeável
Camadas de drenagem (copos/gravilha)	Suporte existente	Módulos

Genericamente, as coberturas verdes multicamada são constituídas (de baixo para cima) por uma membrana de impermeabilização, uma barreira anti-raiz, uma camada de drenagem, uma camada filtrante, que evita que as partículas finas sejam escoadas, e um meio de crescimento para plantas. Em termos de configuração, dividem-se em coberturas intensivas, extensivas e semi-intensivas (FLL, 2008). As coberturas intensivas são acessíveis e incluem plantas de maiores dimensões, normalmente com

maiores exigências em termos de rega. Por sua vez, as coberturas extensivas são de menor espessura, não acessíveis e usualmente com plantas suculentas como *sedum*. A maior parte das coberturas verdes semi-intensivas comportam variadas espécies de plantas, incluindo gramíneas nativas e flores.

As coberturas verdes extensivas, dada a camada de substrato mais fina e a menor densidade de vegetação, são maioritariamente utilizadas em estruturas com menor capacidade de carga. As suas características permitem processos de instalação mais simples e uma manutenção autossuficiente, com necessidade de duas a quatro inspeções por ano. As coberturas verdes intensivas, com substrato mais profundo e maior liberdade na escolha de plantas, são aptas a diversas funções e implicam uma manutenção constante (incluindo sistemas de drenagem e irrigação mais complexos) (Hashemi, et al., 2015; FLL, 2008).

Em relação às fachadas, distinguem-se as fachadas verdes e as fachadas vivas, sendo que a vegetação pode ascender ao longo da fachada, em que geralmente são utilizadas plantas trepadeiras, ou ser suportada por elementos que permitem o seu crescimento uniforme ao longo da superfície, respetivamente. No primeiro caso, consoante o local de apoio, o sistema pode ser direto ou indireto, caso as plantas se desenvolvam diretamente sobre a fachada ou, indiretamente, através de uma estrutura de suporte previamente fixa. A segunda tipologia - fachadas vivas - classifica-se por contínua ou modular: podem ser instaladas mantas permeáveis onde as plantas são inseridas ou, em alternativa, ser utilizados módulos pré-fabricados que incluem o solo e os restantes acessórios (Manso & Castro-Gomes, 2016; Othman & Sahidin, 2016).

Em geral, as fachadas vivas incluem sistemas de rega por gotejamento (com reservatórios inferiores) ou são do tipo hidropónico (sem solo, em que a água e os nutrientes circulam em canais). Por simplificação, as componentes para irrigação não foram esquematizadas na tabela anterior.

Comparativamente, verifica-se que os sistemas verticais têm um menor peso próprio do que as coberturas verdes, que se deve à ausência (plantação no solo e sistemas hidropónicos) ou menor quantidade (estruturas com canteiros ou módulos) de substrato associado às fachadas verdes/vivas. Por sua vez, os sistemas verticais mais simples (fachadas verdes com trepadeiras), ainda que impliquem pouca manutenção, têm maiores exigências do que coberturas verdes extensivas, por exemplo, em termos de poda e condução do crescimento das plantas.

2.3 MAIS-VALIAS DE COBERTURAS E FACHADAS VERDES EM INFRAESTRUTURAS DE TRANSPORTE

Como referido na Introdução, as coberturas e fachadas verdes, quando aplicadas em estações ferroviárias, têm o potencial para mitigar alguns dos seus problemas (ruído, desconforto, insegurança, impactos visual e ambiental negativos, entre outros). De um modo geral, atuam ao nível do conforto e satisfação dos utilizadores, contribuindo para deslocações mais agradáveis.

Ainda que as condições de mobilidade se mantenham, principalmente no que diz respeito a passageiros do tipo pendular, o prejuízo ou a penalização (na perspetiva do passageiro) em termos de tempos de espera e percursos de transbordo são amenizados. Espaços mais agradáveis influenciam a sensação de qualidade e evitam comportamentos desadequados, mesmo em situações de movimentos automatizados, em que os utilizadores pretendem despende o menor tempo possível na estação.

Desta forma, embora não sejam esperadas alterações relativamente aos caminhos de maior fluxo ou aos locais de espera, bem como relativamente ao nível de serviço em horas de maior afluência, aumenta a perceção de conforto por parte dos utentes (Handy, 2005).

Por outro lado, a existência de infraestruturas verdes em estações suscita interesse nos locais em que são instaladas. Dependendo do tipo de solução, podem ser promovidos novos locais de convívio ou lazer e, no caso de utilizadores fora das horas de ponta ou não pendulares, os caminhos utilizados poderão alterar-se em função da estética do local. A ocupação de espaços mais equilibrada aumenta a perceção de segurança e o dinamismo no interior da estação. Adicionalmente, a legibilidade do espaço pode ser beneficiada, na medida em que, por exemplo, podem ser utilizadas soluções verdes em locais de interface com outros modos de transporte.

Além disso, as coberturas e fachadas verdes têm contribuição na mitigação da poluição sonora e atmosférica a que os utilizadores e a população envolvente estão expostos. Em termos de fontes de ruído, identificam-se a passagem de composições, a grande afluência de pessoas na estação e, no exterior, o tráfego rodoviário característico de zonas urbanas. Relativamente à poluição atmosférica, os veículos automóveis são os grandes responsáveis pela emissão de poluentes.

Em soluções exteriores, essencialmente em vias férreas aéreas (passagens superiores) ou de nível, as infraestruturas verdes permitem uma melhor integração com a envolvente, não só por camuflarem a robustez característica de estações ferroviárias, como por protegerem os elementos da poluição e do vandalismo. A melhoria a nível estético, bem como o vínculo de construção sustentável, são parâmetros que aumentam o valor da infraestrutura (Perini, *et al.*, 2011).


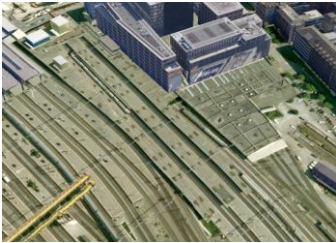

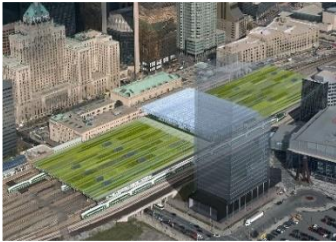




2.4 EXEMPLOS DE APLICAÇÃO

De seguida, são apresentados casos de infraestruturas de transporte existentes em que se optou pela instalação de infraestruturas verdes, dando destaque aos exemplos referentes a estações ferroviárias (Tabela 2.2). Pretende-se que a listagem resuma os benefícios mais comuns destas soluções, auxiliando a construção de cenários para o caso de estudo deste trabalho. Para além da valorização das infraestruturas e do conforto/bem-estar inerentes à presença de vegetação, destacam-se os principais benefícios decorrentes dos exemplos de aplicação apresentados (Tabela 2.2):

- Melhoria estética;
- Atenuação do ruído;
- Melhoria da qualidade do ar;
- Redução da temperatura à superfície;
- Criação de novos espaços úteis;
- Criação de novos postos de trabalho;
- Redução do fluxo de escoamento de águas pluviais;
- Redução do consumo energético.







A quantificação destes, e outros, benefícios associados à instalação de coberturas e fachadas verdes, bem como dos custos que lhe estão associados, é apresentada em seguida no capítulo 3.

Tabela 2.2 – Exemplos de aplicação de coberturas e fachadas verdes em infraestruturas de transporte urbano.

	Local/ Data*	Motivação	Solução	Benefícios	Custo total	Antes	Depois
Estação ferroviária	1 Sihpost, Zurique, 2002	Área protegida ao nível dos carris (habitat de insetos e répteis em vias de extinção).	Recriação do ambiente na cobertura; cobertura verde semi-intensiva (883 m ²), não acessível, 2% de inclinação.	Redução da temperatura à superfície (sombreamento); aumento e preservação da biodiversidade.	Sem referência		
	2 Union, Toronto, 2018 (previsão)	Necessidade de reabilitação da cobertura (com construção de anexo central).	Cobertura verde extensiva e instalação de clarabóias; previsão de instalação de painéis solares.	Melhoria estética; redução do efeito da ilha de calor urbano; redução do fluxo de escoamento de água pluviais; energia para as necessidades da estação.	570 milhões € (total)		
	3 Ebisu, Tóquio, 2010	Expansão urbana do Japão; ausência de espaços verdes e de plantação).	Cobertura verde intensiva (hortas comunitárias com faixas ≈ 3 m); 875 €/ano, incluindo uso de ferramentas e equipamento.	Criação de novos espaços úteis; agricultura urbana.	Sem referência		
	4 Espinho, Portugal, 2016	Rebaixamento da linha férrea (2008) no atravessamento da cidade de Espinho (modernização da Linha do Norte).	Cobertura verde intensiva à superfície (170 000 m ²); zona central verde, com palmeiras como espécie predominante.	Melhoria estética; criação de novos espaços úteis; dinamização do mercado; novos postos de trabalho.	8,25 milhões € (total)		

*Data de instalação

Tabela 2.2 – Exemplos de aplicação de coberturas e fachadas verdes em infraestruturas de transporte urbano (cont.).

	Local/ Data*	Motivação	Solução	Benefícios	Custo total	Antes	Depois
Metropolitano	5 Edgware Road, Londres, 2011	Local de tráfego intenso, ruidoso e esteticamente desagradável; níveis elevados de poluição.	Fachada viva modular (200 m ²); 15 espécies de plantas (> retenção de partículas); sistema hidropônico, uso de materiais reciclados.	Melhoria estética; atenuação do ruído; melhoria da qualidade do ar (medições semanais).	675 a 900 €/m ²		
Aeroporto	6 Vancouver, Canadá 2009	Projeto de conservação para reduzir os impactos do aeroporto na envolvente (estuário do Rio Fraser).	Fachada viva modular (17x11,6 m), com painéis de aço.	Redução da temperatura à superfície; melhoria da qualidade do ar; controlo acústico.	Sem referência		
Viaduto	7 Cidade do México, México, 2016	Centro urbano esteticamente desagradável; tráfego intenso.	Colunas verdes, sistema contínuo (40 000 m ² , ao longo de 30 km).	Melhoria estética; criação de novos postos de trabalho; renovação do ar; atenuação do ruído.	16 milhões €; 121 mil € (manut. mensal)		

*Data de instalação

Fontes (imagens)

1 – *Google Earth* (antes e depois)

2 – *Google Earth* (antes); <http://urbantoronto.ca/news/2014/06/progress-union-stations-new-atrrium-and-shed-replacement> (depois)

3 – *Google Earth* (antes e depois)

4 – *Google Earth* (antes); <https://www.publico.pt/local/noticia/em-cima-da-viaferrea-de-espinho-surgira-uma-pala-e-o-chao-lembrara-uma-rede-de-pesca-1716463> (depois)

5 – <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:EdgwareRoadTubeStation-geograph.org.uk-1705377.jpg> (antes); <http://citytransport.info/Bakerloo.htm> (depois)

6 – *Google Earth* (antes); <http://www.greenroofs.com/projects/pview.php?id=1087> (depois)

7 – <http://mudatudo.com.br/mudanca-urbana/mexico-transforma-mil-colunas-de-concreto-em-jardins-verticais/> (antes); <https://feed24h.com/post/2726682/vertical-gardens-are-popping-up-on-highway-pillars-all-over-mexico-city> (depois)

Os exemplos de aplicação apresentados constituem uma amostra de casos em que se projetou a instalação de coberturas ou fachadas verdes em infraestruturas de transporte existentes, em particular em estações. A instalação de infraestruturas verdes pode ser pensada *à posteriori*, na medida em que não influencia a escolha do local de implantação das estações nem o projeto em termos de organização espacial e funcional. Os casos foram escolhidos de forma a serem representativos daquilo que é a prática e a motivação atual, em ambiente urbano. Verifica-se que a totalidade dos casos corresponde a soluções aplicadas em ambiente exterior.

Existem ainda exemplos da aplicação de coberturas e fachadas verdes no interior de espaços, sendo que não foram apresentados pela escassa informação técnica acerca dos mesmos. Refere-se o caso mediático da estação ferroviária de Atocha, em Madrid, onde foi instalado um jardim intensivo com espécies de plantas tropicais e tartarugas (1992); e do aeroporto Changi, em Singapura, que conta com fachadas compostas por um sistema indireto de plantas trepadeiras em cabos de aço (2007). Em 2018, está prevista a conclusão da maior estação ferroviária subterrânea do mundo, em Hong Kong, que fará a ligação entre Hong Kong e Pequim, na China. O projeto prevê cerca de 380 000 m² de área de cobertura verde. Estes exemplos estão ilustrados nas Figuras 2.1 a 2.3.

Em termos de motivações, verifica-se, na grande maioria dos casos, uma preocupação ambiental (1, 3, 5, 6, 7) aliada à intenção de melhorar esteticamente a envolvente (2, 4, 5, 7). Para além disso, questões como a qualidade do ar e o ruído, em zonas de grande tráfego, são frequentemente tidas em consideração (5, 6, 7). Este grupo de exemplos representa situações em que se aplicaram soluções verdes pontualmente, com poucas ou nenhuma alteração à infraestrutura existente. Os exemplos 2 e 4, atualmente em construção, correspondem a situações complementares à necessidade de reabilitação e projetos de renovação das infraestruturas de transporte em causa, implicando, por isso, investimentos superiores. Há, portanto, uma maior aplicação de coberturas e fachadas verdes em situações que não envolvam alterações significativas aos elementos de suporte, ainda que surjam exemplos de aplicação, mais recentes e ainda em desenvolvimento, em domínios de reabilitação de espaços.

Relativamente a tipologias, há uma preferência pela utilização de coberturas intensivas (3, 4), que garantem retorno proveniente da criação de novos espaços de lazer e comércio, e fachadas vivas com sistema modular (5, 6).



Figura 2.1 – Estação ferroviária de Atocha, Madrid (Greenroofs, 2016).



Figura 2.2 – Aeroporto Changi, Singapura (Greenroofs, 2016).



Figura 2.3 – Projeto da estação ferroviária de Kowloon, China (Green Savers, 2012).

3 ANÁLISE CUSTO-BENEFÍCIO DE COBERTURAS E FACHADAS VERDES EM INFRAESTRUTURAS DE TRANSPORTE

3.1 PROPOSTA METODOLÓGICA

Uma análise custo-benefício pretende verificar a praticabilidade de soluções, avaliando os custos (diretos e indiretos) e benefícios associados à concretização de um projeto de investimento.

A avaliação económica de projetos compreende as componentes financeira, económica e socioambiental, que se distinguem em termos do objeto de análise. Para todas elas, devem ser definidos um horizonte temporal e uma taxa de atualização apropriada que, quando pertinente, é afetada da taxa de inflação (DG PRCE, 2003). O objeto de estudo da análise financeira corresponde ao fluxo de tesouraria (*cash-flow*) do projeto, que inclui variáveis como o investimento, as despesas, as receitas de exploração e as fontes de financiamento; a componente económica contabiliza benefícios e custos sociais que não são tidos em conta na análise financeira; e a componente socioambiental analisa a criação de valor para a sociedade e para o meio ambiente, associando-se a questões de equidade social e proteção do ambiente (DG PRCE, 2003; Bianchini & Hewage, 2012).

Diversos autores realizaram análises custo-benefício à instalação de infraestruturas verdes em edifícios residenciais e de serviços e obtiveram, consoante os pressupostos e condicionantes de cada estudo, conclusões distintas entre si (Bianchini & Hewage, 2012; Carter & Keeler, 2008; Claus & Rousseau, 2012; Mahdiyar, *et al.*, 2016; Nurmi, *et al.*, 2013; Perini & Rosasco, 2013; Semaan & Pearce, 2016; Sproul, *et al.*, 2014; William, *et al.*, 2016). A totalidade dos perímetros de análise destes estudos, ainda que se verifiquem heterogeneidades, destaca parâmetros/vantagens que se revelam significativos em edifícios de permanência prolongada e climatizados.

As estações ferroviárias são edifícios de grande impacto na sociedade, que servem um vasto número de utilizadores, onde, geralmente, os tempos de permanência são reduzidos. São também, em muitos casos, locais fortemente ventilados, dadas as aberturas para o exterior, e não climatizados. Como tal, em virtude das suas particularidades, as conclusões da maior parte dos estudos disponíveis são dificilmente generalizadas, tornando-se fundamental a quantificação dos benefícios relevantes neste âmbito e do balanço com custos.

As infraestruturas verdes são investimentos a longo prazo com retorno significativo a curto prazo, embora com benefícios de complexa quantificação (Vijayaraghavan, 2016). Desta forma, propõe-se nesta dissertação uma metodologia (Figura 3.1) que permite efetuar o estudo comparativo entre o cenário de aplicação de coberturas e/ou fachadas verdes em estações ferroviárias, face à situação atual sem este tipo de infraestruturas verdes. Os custos e benefícios considerados correspondem, portanto, ao saldo proveniente da comparação de ambos os cenários.

A metodologia traduz-se numa análise incremental, de acordo com as componentes usualmente consideradas numa avaliação económica, aplicada aos custos e benefícios associados a várias dimensões de uma estação ferroviária. Identificaram-se benefícios ao nível da infraestrutura, que se estendem aos utilizadores e, por fim, à envolvente exterior. Importa referir que a envolvente exterior abrange as restantes dimensões, tal como a componente socioambiental envolve a totalidade dos custos/benefícios de vida considerados.

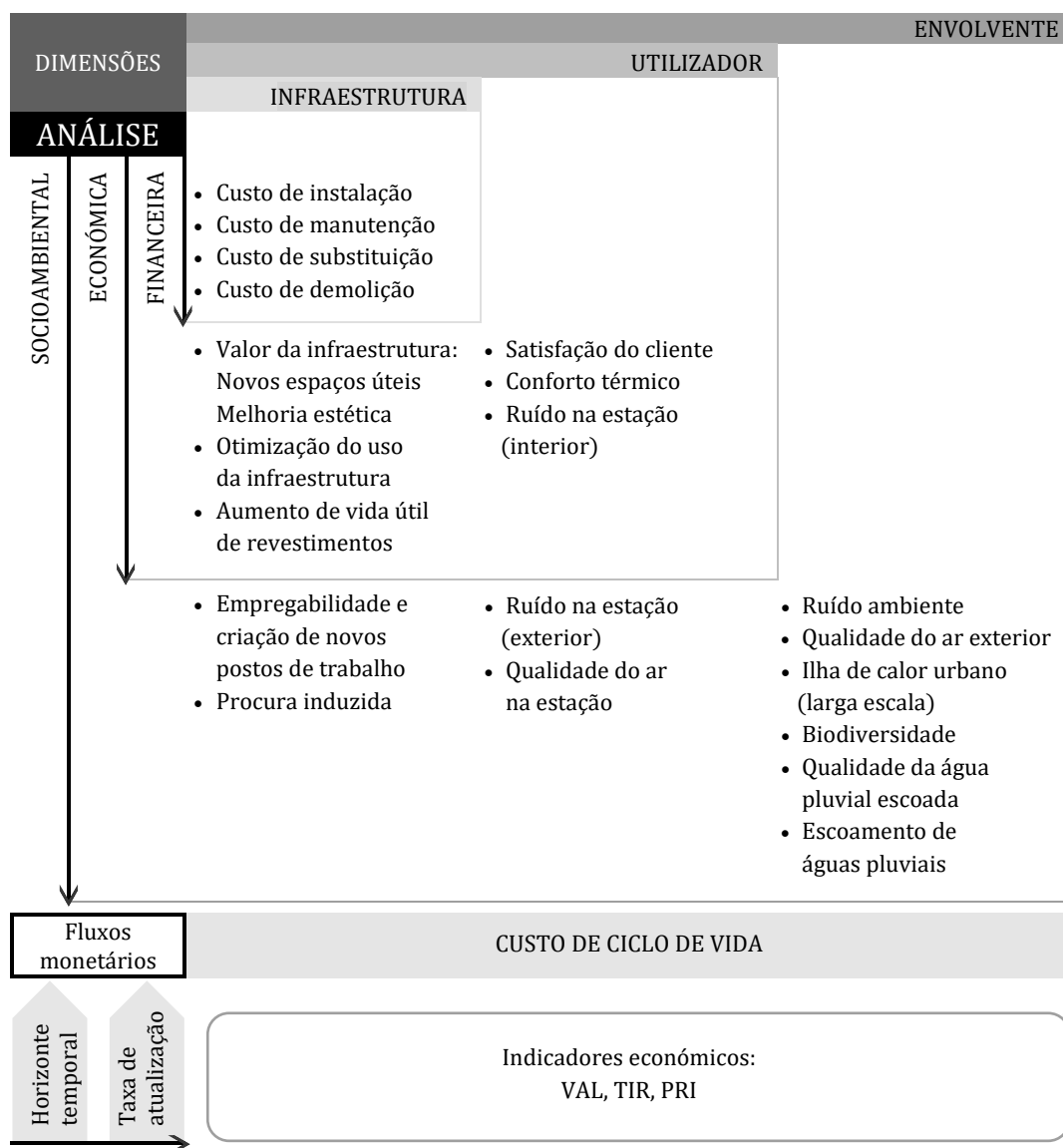


Figura 3.1 – Proposta metodológica da análise custo-benefício.

A análise de viabilidade da solução incide sobre os três principais indicadores de desempenho: o valor atualizado líquido (VAL), a taxa interna de rentabilidade (TIR) e o período de recuperação do investimento (PRI).

$$VAL = \sum_{t=0}^n \frac{B_t - (I_t + C_t)}{(1 + TA)^t} \quad ; \quad VAL = \sum_{t=0}^n \frac{B_t - (I_t + C_t)}{(1 + TIR)^t} = 0 \quad ; \quad PRI = \text{tempo para que } \sum_{t=1}^n \frac{B_t - C_t}{(1 + TA)^t} = I_0$$

(1) (2) (3)

- n – Número total de anos
- B_t – Benefícios durante o período t (€)
- I_t – Investimento durante o período t (€)
- C_t – Custos totais durante o período t (€)
- TA – Taxa de atualização para n anos
- I_0 – Investimento inicial (€)

O VAL (Equação 1) fornece uma estimativa direta de quanto poderão aumentar os custos sem que a rentabilidade do projeto seja afetada, indicando o benefício económico gerado. A TIR (Equação 2) estima a taxa de valorização da aplicação de infraestruturas verdes na estação, medindo em termos

percentuais o retorno em função do investimento e, assim, a margem de segurança da proposta. O PRI (Equação 3) indica o período de tempo necessário para recuperar o investimento inicial (Cruz, 2016).

A quantificação de custos (associados apenas à infraestrutura) e benefícios (infraestrutura, utilizador e envolvente) realizada é discriminada de seguida, com base numa vasta revisão bibliográfica. Vão ser tratados os custos e benefícios referidos na Figura 3.1. Posteriormente (capítulo 5), de acordo com o método proposto, são definidos os custos de vida total dos vários cenários testados para o caso de estudo e é realizado o seu estudo de viabilidade.

3.2 CUSTOS DE CICLO DE VIDA

Os custos apresentados nas próximas secções baseiam-se em bibliografia e estudos de mercado disponíveis, essencialmente focados em edifícios correntes conforme referido em 3.1.

3.2.1 Custo de instalação

De uma forma geral, a instalação de fachadas verdes implica maiores custos iniciais que a instalação de coberturas verdes (Veisten, et al., 2012). Dadas as variações em termos de tipologias, bem como os tipos de suporte em que são aplicadas, os valores sofrem flutuações significativas. Por outro lado, também variam consoante o local, o clima e os incentivos económicos locais onde os sistemas são instalados (Mahdiyar, et al., 2016). O investimento depende ainda dos cenários considerados, em que se podem contabilizar os custos associados a pontos singulares e remates, ou em que seja necessário proceder a alterações estruturais nos edifícios (Berardi, et al., 2014).

As coberturas extensivas são menos dispendiosas que as intensivas. Para além disso, o custo unitário aumenta com a altura da construção, consequência de custos de transporte de material e equipamentos superiores, e diminui com o aumento de área verde (Refahi & Talkhabi, 2015). Segundo Niu *et al.* (2010) uma cobertura com 1795 m², em Washington DC, tem um custo de instalação que ultrapassa em 27% o custo associado a uma cobertura convencional.

Os estudos com valores de investimento para aplicação de sistemas verticais verdes são de reduzido número. Os elevados custos iniciais e a maior necessidade de manutenção no caso das fachadas vivas podem estar na origem da menor utilização e expansão destas soluções.

As Tabelas 3.1 e 3.2 compilam resultados de estudos que quantificam o custo de instalação de infraestruturas verdes, em função da localização das mesmas. Como esperado, o investimento em coberturas verdes é, em geral, superior ao de coberturas tradicionais, nomeadamente para coberturas intensivas. O custo de instalação de fachadas verdes (em sentido lato) é proporcional à complexidade da montagem dos elementos, bem como ao valor dos materiais do sistema de suporte. Assim, a aplicação de fachadas vivas implica um maior investimento que o de fachadas verdes (diretas e indiretas).

Os custos de instalação admitidos na instalação de coberturas e fachadas verdes foram validados por empresas locais, nomeadamente pela Neoturf e pela Landlab, bem como pela ANCV (Associação Nacional de Coberturas Verdes). Adicionalmente, verifica-se a mesma ordem de grandeza relativamente aos valores aplicados a países europeus (Tabelas 3.1 e 3.2). Admitem-se custos de instalação de **55 €/m²**, **90 €/m²** e **600 €/m²** para coberturas verdes extensivas, fachadas verdes (média

entre sistemas diretos e indiretos) e fachadas vivas, respetivamente. Os pressupostos da quantificação estão explicitados em 5.2.2.1, aplicados ao caso de estudo.

Tabela 3.1 – Custos de instalação de coberturas convencionais e verdes.

		Tipologia	Custo instalação (€/m ²)	Localização	Referência	
Cobertura	Tradicional		79	Sem referência	Carter & Keeler (2008)	
			20	EUA	Sproul <i>et al.</i> (2014)	
			79-116	Illinóis, EUA	William <i>et al.</i> (2016)	
	Verde	Extensiva		63	Génova, Itália	Perini & Rosasco (2016)
				108 - 151	Canadá	Bianchini & Hewage (2012)
				156	EUA	Sproul <i>et al.</i> (2014)
		Semi-intensiva e intensiva		55 - 91	Inglaterra	The green roof centre (2016)
				76	Illinóis, EUA	William <i>et al.</i> (2016)
				91 - 128	Inglaterra	The green roof centre (2016)
	Intensiva		138	Génova, Itália	Perini & Rosasco (2016)	
			113	Illinóis, EUA	William <i>et al.</i> (2016)	

Tabela 3.2 – Custos de instalação de fachadas verdes.

		Tipologia	Sistema	Custo instalação		Localização	Referência		
				€/m ²	€/m				
Fachada	Verde	Direto		---	541,70	Génova, Itália	Perini & Rosasco (2013)		
					30 - 45			---	
		Indireto	Polímero	36,07	+			625,3	
			Aço	215,08	+			425,09	
		Indireto com outros suportes		40 - 75	---			Europa	Perini <i>et al.</i> (2016)
			Polímeros	100 - 150	---				
	Viva	Sem referência	Zinco revestido	> 800	---	Génova, Itália	Perini <i>et al.</i> (2016)		
			Sem referência	234	---				
		Modular		410-586	---	Reino Unido	Riley (2017)		
				314,83	---	Génova, Itália	Perini & Rosasco (2013)		
				500	---	Europa	Vestein <i>et al.</i> (2012)		
				400 - 1200	---		Perini <i>et al.</i> (2011)		
Sem referência		368	---	Sem referência	Francis & Lorimer (2011)				

3.2.2 Custo de manutenção

Os benefícios ambientais e económicos associados a coberturas e fachadas verdes estão relacionados com o seu desempenho. Consequentemente, as operações de manutenção são essenciais para alcançar impactos positivos (Bianchini & Hewage, 2012).

Em termos de custos de manutenção de coberturas verdes, destacam-se os valores associados ao sistema de rega. Estes valores devem ser considerados pelo menos na fase inicial do crescimento das plantas (com exceção de esteiras construídas *à priori*) e em períodos secos, ainda que em coberturas extensivas se pretenda o seu desenvolvimento quase sem intervenção humana (Vijayaraghavan, 2016). Quando se recorre à fertilização, é promovido o crescimento de ervas daninhas e aumenta a necessidade de manutenção regular. Nagase *et al.* (2013) sugeriram a utilização de palas

ou plantas mais altas, que impeçam a chegada da luz solar ao substrato, a escolha de variadas espécies de plantas e a remoção das ervas daninhas antes destas terem a capacidade de germinar.

As fachadas vivas consomem, diariamente, cerca de 1 litro/m² (Riley, 2017). Em fachadas verdes diretas e indiretas a manutenção diz, sobretudo, respeito a podas anuais, com custos que variam nos primeiros 4 anos, devido às diferentes fases de crescimento das plantas (Perini & Rosasco, 2013). Segundo Riley (2017), os custos de manutenção anual de fachadas vivas exteriores representam até 15% dos custos de instalação. Em estudos mais conservativos, anualmente, a manutenção representa 1/3 do investimento inicial (Mathew & Salot, 2014).

Um modo de evitar manutenções com despesas elevadas passa por incentivar a instalação associada a contratos de serviço que contemplem planos de manutenção. Desta forma, os custos iniciais são otimizados de forma a que os custos a longo prazo possam ser reduzidos (Riley, 2017).

As Tabelas 3.3 e 3.4 agrupam os valores associados aos custos de manutenção recolhidos por revisão bibliográfica para coberturas e fachadas verdes, respetivamente. Verifica-se um aumento significativo dos custos de manutenção em coberturas mais complexas, com espécies de maior porte. As coberturas intensivas implicam não só um maior caudal de rega como também uma manutenção mais cuidada em termos de plantas e sistemas de rega (Perini & Rosasco, 2016). Os custos associados à manutenção de fachadas vivas modulares são superiores aos custos de manutenção de fachadas verdes. Refere-se, por exemplo, a necessidade de ajuste dos painéis em sistemas modulares (Perini & Rosasco, 2016). Para além disso, a manutenção de fachadas vivas é potencialmente mais dispendiosa que a de coberturas verdes (Francis & Lorimer, 2011).

Tabela 3.3 – Custos de manutenção anual de coberturas convencionais e verdes.

	Tipologia	Custo manutenção (€/m ² ano)	Localização	Referência
Cobertura	Tradicional	0,18	EUA	Sproul <i>et al.</i> (2014)
	Extensiva	2,09	Génova, Itália	Perini & Rosasco (2016)
		3,00	Itália	Peri <i>et al.</i> (2012)
	Intensiva	2,64	EUA	Sproul <i>et al.</i> (2014)
		7,9	Génova, Itália	Perini & Rosasco (2016)
	Sem referência	0,65-12,74	Colômbia	Bianchini & Hewage (2012)
		7,60	EUA	William <i>et al.</i> (2016)

Tabela 3.4 – Custos de manutenção anual de fachadas verdes.

	Tipologia	Sistema	Custo manutenção (€/m ² ano)	Local	Referência
Fachada	Verde	Direto	2,81	Génova, Itália	Perini & Rosasco (2013)
		Indireto	Polímero/aço		
			Aço		3,11
		Indireto com outros suportes	10		Perini & Rosasco (2013)
			8,1		Perini & Rosasco (2016)
	Viva	Modular	15,33		Perini & Rosasco (2013)
		25	Europa	Vestein <i>et al.</i> (2012)	

Tal como para os custos de instalação (em 3.2.1), os valores adotados foram validados pela empresa Neoturf e pela ANCV. Admitem-se custos anuais de manutenção de **2,5 €/m²**, **3 €/m²** e **48 €/m²** para coberturas verdes extensivas, fachadas verdes e fachadas vivas, respetivamente (secção 5.2.2.2). À exceção do custo admitido para a manutenção de fachadas vivas (que inclui perdas anuais mais significativas), os custos estão de acordo com a média dos estudos existentes (Tabelas 3.3 e 3.4).

3.2.3 Custo de substituição

A substituição de componentes em infraestruturas verdes implica operações e momentos temporais distintos para os vários elementos. Mais adiante (em 3.3.1.1), refere-se a capacidade das coberturas e fachadas verdes aumentarem o período de vida útil das membranas de impermeabilização e das fachadas, respetivamente (Wong, et al., 2003; Sproul, et al., 2014; Perini & Rosasco, 2016). A Tabela 3.5 compila custos de substituição considerados por vários autores.

No caso das coberturas verdes extensivas, a maioria dos componentes pode ser mantida, sendo que se contabiliza que o custo de substituição seja aproximadamente 1/3 do custo de instalação (Sproul, et al., 2014). Coelho (2004) refere que a substituição do sistema de drenagem é feita, sensivelmente, a metade do tempo de vida útil da cobertura, enquanto a estrutura de suporte e a membrana de impermeabilização são repostas uma única vez, ao fim de 50 anos. De acordo com Perini e Rosasco (2013), a substituição dos elementos de fachadas verdes inclui a renovação do suporte (ano 50), a substituição anual de recipientes e a renovação anual de 5 a 10% das espécies. Para sistemas modulares, prevê-se ainda a substituição anual de cerca de 10% dos painéis.

Tabela 3.5 - Custos de substituição de coberturas e fachadas verdes.

	Tipologia	Sistema	Custo substituição (€/m ²)	Local	Referência	
Cobert.	Convencional	---	34 (ano 20)	Sem referência	Wong <i>et al.</i> (2003)	
			20 (ano 20)	EUA	Sproul <i>et al.</i> (2014)	
	Extensiva	---	52 (ano 40)			
Fachada	Verde	Direto	1224,35 (ano 50)	Génova, Itália	Perini & Rosasco (2013)	
		Indireto	Polímero/aço			755,39 (ano 50)
			Aço			258,31 (ano 50)
		Indireto com outros suportes	4,33 (anual)			+ 695,67 (ano 50)
			5,19 (anual)			+ 240,25 (ano 50)
	Viva	Modular	11,69 (anual)		Perini & Rosasco (2013)	
			+ 486,96 (ano 50)			

Na presente dissertação, admite-se que os custos de substituição se aplicam ao final do período de vida útil dos sistemas (referido em 3.3.1.3), aquando da substituição total das infraestruturas verdes. Os custos de substituição de elementos ao longo do tempo são incluídos nos custos anuais de manutenção (em 3.2.2). De acordo com a literatura (Tabela 3.5), admitem-se custos médios de substituição de **50 €/m²** (ano 40) e **500 €/m²** (ano 50) para coberturas verdes extensivas e para fachadas verdes, respetivamente (secção 5.2.2.3). Os valores foram validados por empresas locais e pela ANCV.

3.2.4 Custo de demolição

Em geral, a demolição de infraestruturas verdes implica que a maioria dos componentes seja transportado para aterro, exceto as plantas e o substrato que podem ser reutilizados e são elementos biodegradáveis (Vijayaraghavan, 2016). Em Itália, Peri *et al.* (2012) estudaram os custos de demolição associados a coberturas verdes e concluíram que estes correspondem a 4,6% dos custos totais, com 36,1% associados ao investimento e 59,3% associados ao custo de manutenção. As considerações de custos de demolição de outros autores encontram-se no Anexo I (Tabela I.1), embora não permitam tecer considerações consistentes, na medida em que estes incluíram parâmetros distintos nos seus estudos.

Na presente dissertação, admitem-se custos de demolição médios de 35 €/m², 75 €/m² e 200 €/m² para coberturas verdes extensivas, fachadas verdes e fachadas vivas, respetivamente (secção 5.2.2.4). No entanto, dada a variabilidade dos estudos apresentados (Tabela I.1), estes valores não são considerados no estudo de viabilidade. Admite-se que os custos de substituição incluem os custos de demolição dos componentes dos sistemas.

3.3 QUANTIFICAÇÃO DE BENEFÍCIOS

Os proveitos decorrentes da instalação de coberturas e fachadas verdes acrescentam valor à infraestrutura e à sociedade. A quantificação dessas mais-valias é essencial para que se possam comparar os custos e receitas das soluções construtivas e, desta forma, estudar a sua viabilidade.

Os benefícios apresentados no presente trabalho têm em conta a sua relação às infraestruturas de transporte urbano e subdividem-se, do particular para o geral, em benefícios para a infraestrutura, para os utilizadores e para a envolvente. Conforme referido na Introdução, os trabalhos citados referem-se, em grande parte, à aplicação destas soluções em edifícios correntes (Perini, et al., 2011).

Os estudos apresentados que se consideraram apenas indicativos, cuja quantificação não foi adotada para o caso de estudo, encontram-se organizados no Anexo I.

3.3.1 Benefícios para a infraestrutura

3.3.1.1 *Aumento do valor da infraestrutura: espaço útil e melhoria estética*

As infraestruturas com coberturas e/ou fachadas verdes tendem a ser propriedades valorizadas pelo público, com melhorias a nível estético ou criação de novos espaços úteis (Sheweka & Mohamed, 2012; Perini, et al., 2011). Neste sentido, quando aplicadas a infraestruturas de transporte urbano, as coberturas e fachadas verdes têm potencial na melhoria da perceção dos passageiros e na rentabilização do espaço. A dinamização de espaços e a atração pela singularidade deste tipo de edifícios, de grande impacto visual, providenciam espaços mais concorridos, mais agradáveis e associados a locais seguros.

O aumento do valor dos imóveis, devido à instalação de infraestruturas verdes, foi estimado por diversos autores (Anexo I, Tabela I.2)). No entanto, este é um ganho que sofre grandes variações consoante a maior acessibilidade e visibilidade das infraestruturas (Bianchini & Hewage, 2012). Os estudos apresentados são apenas indicativos, sem aplicação ao caso de estudo. O elevado valor de estações ferroviárias poderia gerar erros nos resultados, sobrestimando-os. Adicionalmente, não há indicação de que a valorização deste tipo de infraestruturas seja semelhante à de edifícios correntes. Admite-se, portanto, que a valorização é gerada pela melhoria estética e pela criação de novos espaços, quantificando-a, separadamente, de acordo com cada um desses parâmetros (secção 5.2.2.6).

3.3.1.2 *Otimização do uso da infraestrutura e procura induzida*

A maior atração visual e a criação de novos espaços preveem uma procura crescente e, conseqüentemente, uma maior rentabilização de espaços (otimização). Desta forma, a valorização da infraestrutura deve incluir parâmetros como o aumento das receitas ou a maior exploração do edifício. No entanto, a procura induzida é estimada com o auxílio de modelos de previsão e/ou simulação, sendo que o nível de detalhe inerente a estes métodos se encontra além dos objetivos da presente dissertação.

Refere-se ainda que, uma vez que o aumento da procura se reflete na otimização de usos, ambos os parâmetros podem ser incluídos aquando da análise económica. Ainda assim, optou-se por considerar a procura induzida a nível socioambiental (ver metodologia, Figura 3.1) pela sua abrangência no que diz respeito a tipos de novos utilizadores.

3.3.1.3 Aumento do período de vida útil de revestimentos

As coberturas e fachadas verdes minimizam os impactos das agressões ambientais nos suportes em que se aplicam. Para além disso, funcionam como barreiras de proteção ao vandalismo.

As menores agressões a que os elementos são expostos conferem maior durabilidade aos mesmos, amplificando o seu período de vida útil. Entende-se por período de vida útil, o tempo que um material cumpre as funções técnicas para as quais foi concebido, de forma adequada e eficiente.

As coberturas verdes diminuem a exposição da membrana de impermeabilização a grandes variações de temperatura, ao vento e às radiações ultravioleta. Essencialmente, as camadas de substrato e de vegetação são responsáveis por minimizar a dilatação térmica da membrana, evitando fissuras e infiltrações. Liu e Baskaran (2003), em Toronto, avaliaram que a membrana de uma cobertura verde atinge a temperatura de 25 °C, enquanto a de uma cobertura convencional sobe para 70 °C (Vijayaraghavan, 2016). Em fachadas verdes, a proteção e a sombra providenciadas pela vegetação têm um efeito positivo na durabilidade dos paramentos. A minimização da degradação da fachada deve-se à sua menor exposição no que diz respeito a raios UV, alterações climáticas, chuvas ácidas, gelo e/ou poluição (Perini & Rosasco, 2013; Wong, et al., 2010).

A Tabela 3.6 resume os períodos de vida útil assumidos por alguns autores, sendo que não se verificaram discrepâncias na revisão bibliográfica realizada. As infraestruturas verdes aumentam cerca de 20 anos (média) o período de vida útil de coberturas e fachadas convencionais (Tabela 3.6). Admitem-se períodos de vida útil de 40 anos e de 50 anos para coberturas e fachadas verdes, respetivamente (secção 6.1.1.i).

Tabela 3.6 – Aumento de vida útil devido à instalação de coberturas e fachadas verdes.

Elemento	Vida útil*	Vida útil com solução verde*	Aumento de vida útil*	Benefício (€/m ²)	Referência
Cobertura convencional	25	50 (extensiva)	25	Sem referência	Kosareo e Ries (2007)
	20	40 - 55	20 - 35	300	Bianchini e Hewage (2012)
Fachada	35 (máx.)	50	15 (mín.)	61 - 134	Perini e Rosasco (2013)
Fachada rebocada	25 - 30	50	20 - 25	Sem referência	

*valores em anos

3.3.1.4 Empregabilidade e criação de novos postos de trabalho

O crescimento do mercado associado a soluções com infraestruturas verdes, em termos de produção, crescimento da vegetação, *design*, instalação ou manutenção, gera empregabilidade. Adicionalmente, quando combinadas com a criação de novos espaços destinados ao comércio/serviços ou escritórios, providenciam oportunidades profissionais e novos postos de trabalho.

Segundo Peck (2003), soluções com coberturas verdes em 6,5 milhões de m², em Toronto, empregam cerca de 1 350 trabalhadores por ano, direta e indiretamente, o que corresponde a $2,08 \times 10^{-4}$ pessoas/m² de cobertura verde. De acordo com a *American Rivers*, um investimento de 8,9 bilhões de euros, correspondentes a cerca de 4,5 mil milhões de m² de cobertura verde, gera 190 000 novos postos de trabalho, ou seja, o equivalente a $4,22 \times 10^{-5}$ pessoas/m² (Greenroofs, 2016).

Em média, de acordo com os estudos anteriores, a instalação de coberturas verdes emprega, anualmente, $1,251 \times 10^{-4}$ pessoas/m² (secção 5.2.2.9). A mesma estimativa é considerada no caso de fachadas verdes.

3.3.2 Benefícios para os utilizadores

3.3.2.1 Aumento da satisfação do cliente

A presença de infraestruturas verdes acrescenta valor em termos de bem-estar, principalmente em ambientes urbanos. Esta capacidade revela-se interessante em locais que, tipicamente, são associados a ambientes agitados, como é o caso de estações ferroviárias.

Vários autores indicam a redução da ansiedade e dos níveis de desconforto relacionados com a presença de vegetação (Bertram & Rehdanz, 2015; Carrus, et al., 2015; Grahn & Stigsdotter, 2010; White, et al., 2013). Um estudo acerca do aumento de produtividade e redução de *stress*, na *Washington State University*, indicou que a presença de plantas num espaço interior aumenta em 12% o tempo de reação dos participantes e diminui a sua pressão sanguínea. Para alguns optometristas, o conforto associado a infraestruturas verdes justifica-se pela capacidade de o olho humano distinguir até 2 000 variações de verde, em contraste com 100 variações de vermelho (Green over Grey, 2009).

A quantificação do bem-estar dos indivíduos é, em geral, realizada com auxílio de inquéritos de satisfação que medem este parâmetro (Tabela I.3, Anexo I). Os estudos, apresentados na tabela, revelam a satisfação dos inquiridos na presença de elementos ou espaços verdes. Os resultados das avaliações qualitativas (por inquéritos) não foram considerados, na medida em que não podem ser extrapolados para o caso de estudo desta dissertação.

Berg *et al.* (2010) concluíram que a presença de espaços verdes a maiores distâncias das habitações, pela sua maior extensão, tem um efeito mais positivo em termos de problemas de saúde originados por episódios de *stress*. Por sua vez, Qin *et al.* (2013) mostraram que a cor é a característica que mais distingue um espaço verde, estando associada a maiores níveis de bem-estar. Segundo os autores, são os idosos e as crianças que mais valorizam os ambientes com infraestruturas verdes.

A Tabela 3.7 reúne estudos que indicam o valor (€) que os utilizadores estão dispostos a despende pela melhoria ou instalação de espaços verdes em cidades. O bem-estar da população traduz-se na sua maior tolerância/aceitação a medidas governativas ou falhas de serviços, em aumentos de produtividade, na melhoria das condições de saúde (longevidade, doenças do foro psicológico, sistema imunitário, entre outros) e na promoção de relações sociais (Diener & Seligman, 2010).

No presente trabalho, admite-se que cada utilizador está disponível a despende o valor máximo de **101 €/ano** pela presença de infraestruturas verdes em estações (secção 5.2.3.1). A quantia é uma média dos estudos (Tabela 3.7) cujos objetos de análise e resultados são menos díspares entre si. Adicionalmente, adota-se a disponibilidade de **80%** das pessoas, de acordo com Lo e Jim (2010).

Tabela 3.7 – Quantificação do bem-estar associado a espaços verdes.

Local	Estudo	Benefício (€/ano)	Referência
Austrália	Relação entre espaços verdes públicos e satisfação de residentes (melhoria de 1%, em 140 m ²)	1090 (habitação) 437 (por pessoa)	Ambrey & Fleming (2014)
Hong Kong	Habitações com vista para infraestruturas verdes	9280	Jim & Chen (2010) por Ambrey & Fleming (2014)
	Habitações com parques nas redondezas	71,55	
	Recuperar 20% das áreas verdes perdidas (disponibilidade de 80% dos residentes)	111,60 (durante 5 anos)	Lo & Jim (2010)
Nova Zelândia	Evitar a redução anual de 20% das árvores em 15 cidades	120	Vesely (2007)

3.3.2.2 Melhoria das condições de conforto térmico

A quase totalidade dos estudos acerca de coberturas e fachadas verdes analisa o potencial destas soluções a nível de conforto térmico e redução das necessidades energéticas em edifícios. De forma generalizada, a eficiência energética constitui também uma preocupação em infraestruturas de transporte. No entanto, devido à variabilidade e particularidade de soluções de climatização/ventilação instaladas em estações (para vários tipos e geometrias do edifício), não foi realizado o levantamento de estudos relativamente à potencial redução de necessidades energéticas. Ainda assim, tanto as coberturas como as fachadas verdes apresentam características capazes de auxiliar o isolamento e o arrefecimento de espaços, o que potencia a sensação de conforto, por parte dos utilizadores e dos trabalhadores, nas estações/interfaces de transporte.

O facto de muitos destes edifícios não terem qualquer tipo de isolamento, destaca o desempenho das coberturas e fachadas verdes. A influência do isolamento em soluções com infraestruturas verdes tem sido alvo de resultados contraditórios por parte de vários autores (Silva, et al., 2016; Santamouris, 2014; Wong, et al., 2003; Berardi, et al., 2014).

Em climas quentes, as coberturas verdes potenciam a redução da temperatura à superfície devido ao sombreamento da radiação solar e ao consumo, por parte da vegetação, de cerca de 60% da radiação solar durante os processos de evapotranspiração e fotossíntese (Hashemi, et al., 2015; Berardi, et al., 2014). Em climas frios, refere-se a reduzida condutividade térmica conferida pela espessura do solo, reduzindo as perdas de calor para o exterior e, assim, potenciando o aumento da temperatura interior (Berardi, et al., 2014). As fachadas verdes funcionam de forma semelhante, sendo que, no verão, o sombreamento e a evapotranspiração das plantas arrefecem os paramentos e a temperatura do ar envolvente e, no inverno, a espessura da folhagem e a distância ao suporte criam uma camada de ar estagnado que funciona como isolamento térmico. Para além disso, a vegetação reduz o vento em torno das fachadas e, por isso, diminui a velocidade das trocas de calor entre o exterior e o interior (Ottelé, et al., 2011). Em climas frios, os desempenhos podem ser pontualmente negativos, devido aos efeitos de sombreamento e à refletividade da vegetação (Berardi, et al., 2014).

A Tabela I.4 (Anexo I) resume os resultados de estudos acerca da regulação da temperatura interior. No entanto, a maioria dos edifícios de infraestruturas de transporte possui grandes áreas de envidraçados e espaços abertos, fortemente ventilados, implicando maiores perdas. Por esse motivo, na presente dissertação, o aumento do conforto térmico é considerado desprezável.

3.3.2.3 Atenuação do ruído na estação

O elevado fluxo de passageiros e a passagem de composições são responsáveis pelo ambiente ruidoso em estações ferroviárias, ao qual os utilizadores estão expostos. O ruído verifica-se em estações à superfície, aéreas, enterradas, abertas ou fechadas, podendo ser interior ou exterior.

As infraestruturas verdes têm a capacidade de reduzir o nível sonoro de ondas que sofrem fenómenos de difração e de atenuar o ruído por absorção sonora, o que é interessante nos edifícios das estações e nas plataformas. Mais adiante, a secção 3.3.3.1 reúne estudos acerca da redução sonora (para fenómenos de transmissão e difração) e da absorção sonora, no contexto do ruído na envolvente da estação (ambiente exterior). Os resultados aplicam-se igualmente à atenuação do ruído na estação, embora os fenómenos de transmissão sonora não sejam relevantes em ambientes interiores.

3.3.2.4 Melhoria da qualidade do ar na estação

A presença de vegetação reduz a poluição atmosférica. Para além das plantas filtrarem os poluentes do ar, bem como os gases nocivos, contribuem de forma indireta na diminuição da poluição, na medida em que têm a capacidade de modificar os microclimas e, dessa forma, reduzir as necessidades energéticas e consequente emissão de poluentes (Yang, et al., 2008; Vijayaraghavan, 2016).

A melhoria da qualidade do ar em estações ferroviárias beneficia os utilizadores expostos aos poluentes durante os tempos de permanência na estação. O material particulado, os óxidos de azoto e os restantes poluentes causam problemas a nível respiratório, ataques cardíacos e bronquites crónicas na população exposta, tratando-se, portanto, de um problema de saúde pública (Perini & Rosasco, 2013).

As coberturas intensivas são mais favoráveis na minimização da poluição atmosférica, por suportarem plantas de maiores dimensões (Vijayaraghavan, 2016). Perini e Rosasco (2013) admitem que a remoção de poluentes em fachadas verdes, do tipo trepadeiras, representa cerca de 50% da remoção por coberturas verdes. Adicionalmente, verifica-se uma redução de poluentes mais significativa durante os meses da primavera, ou seja, de maior crescimento das plantas (Yang, et al., 2008).

Resultados de estudos efetuados neste âmbito estão reunidos nas tabelas seguintes (Tabelas 3.8 e 3.9), relativamente à capacidade de absorção de dióxido de carbono e de remoção de poluentes, respetivamente. O comportamento das infraestruturas verdes na purificação do ar depende do estado e espécie da vegetação, da orientação do suporte e da qualidade do ar envolvente (Rowe, 2011).

O valor do benefício, estimado por alguns autores nas suas análises económicas, pode ser consultado na Tabela I.5 do Anexo I.

Tabela 3.8 – Redução de poluentes decorrente da instalação de coberturas verdes.

Localização	Estudo	Absorção de CO ₂	Referência
Sem referência	Dia soalheiro; cobertura verde	2% na envolvente	Vijayaraghavan (2016)
Michigan, EUA	21 amostras, coberturas extensivas (6 cm de profundidade); 2 anos	0,378 kg/m ² (média anual)	Getter <i>et al.</i> (2009,)
Dujiangyan City, China	6 amostras, coberturas verdes (20, 30 e 35 cm de profundidade)	18,28 kg/m ² (média) 6,47 kg/m ² (anual)	Luo <i>et al.</i> (2015)
Sem referência	1 m ² (fachada verde)	Filtra 100 m ²	Elgizawy (2016)
	1 ha	72 – 85 kg	Bianchini e Hewage (2012)

Tabela 3.9 – Absorção de dióxido de carbono (CO₂) por coberturas e fachadas verdes.

Localização	Estudo	Remoção de poluentes	Referência
Chicago e Detroit, EUA	Modelo de floresta urbana (109 ha)	7,87 ton/m poluição anual 7,2 - 8,5 (x10 ⁻³) kg/m ²	Currie e Bass (2005) por Perini e Rosasco (2013)
Detroit, EUA	Extensivas (<i>Sedum</i>); 20% dos edifícios industriais e comerciais	800 000 kg/ano NO ₂ (0,5% do total de emissões)	Clark <i>et al.</i> (2005) por Rowe (2011)
Bruxelas, Bélgica	Sem referência	5 - 10% NO _x e SO ₂ ; 0,05 - 0,10 kg/m ² .ano NO ₂	Clark <i>et al.</i> (2008)
Chicago, EUA	33 % intensivas + 67 % intensivas e semi-intensivas (19,8 ha)	1675 kg poluentes/ano (52% O ₃ , 27% NO ₂ , 14% PM ₁₀ , 7% SO ₂)	Yang <i>et al.</i> (2008)
Vitória, Austrália	Vários cenários aplicados a todos os edifícios industriais e comerciais (288 788 m ²)	Coberturas	109 NO ₂ ; 30 SO ₂ ; 443 PM ₁₀ ; 10 CO; 14 PM ₂₅ ; 357 O ₃ (kg/ano)
		Fachadas	87 NO ₂ ; 26 SO ₂ ; 314 PM ₁₀ ; 10 CO; 10 PM ₂₅ ; 298 O ₃ (kg/ano)
		Coberturas + fachadas	123 NO ₂ ; 33 SO ₂ ; 530 PM ₁₀ ; 10 CO; 17 PM ₂₅ ; 393 O ₃ (kg/ano)
Lancaster, Reino Unido	Medições em área densamente urbanizada	6,4 - 42,9% NO ₂ ; 10,8 - 61,9 % PM ₁₀	Pugh <i>et al.</i> (2012)
Holanda	Estudo comparativo da composição de plantas em ambiente urbano	50% de 5,9 x10 ⁹ (partículas/m ² de folha)	Ottelé <i>et al.</i> (2010)

De acordo com os autores (Tabelas 3.8 e 3.9), admite-se uma remoção de NO₂ entre **0,0072 e 0,10 kg/m²** e uma absorção de CO₂ entre **0,378 e 6,47 kg/m²**, para coberturas verdes. Em fachadas verdes, qualquer que seja a tipologia, adota-se **65%** das quantidades anteriores. Os benefícios monetários apresentados na Tabela I.5 (Anexo I) são apenas indicativos para a valorização da qualidade do ar referente ao caso de estudo, na secção 5.2.3.4.

3.3.3 Benefícios para a envolvente

3.3.3.1 Atenuação do ruído ambiente

A aplicação de infraestruturas verdes em estações ferroviárias revela-se eficaz na atenuação do ruído da passagem de comboios para o exterior (transmissão e absorção). Para além disso, estas soluções têm a capacidade de reduzir o nível sonoro de ondas que sofrem fenómenos de difração, o que é importante em zonas urbanas de grande tráfego. A presença de superfícies rígidas nos centros urbanos amplifica fortemente o nível sonoro emitido pelos meios de transporte, o que, a longo prazo, tem consequências na saúde da população (Renterghem, et al., 2013).

As Tabelas 3.10 e 3.11 compilam resultados de procedimentos experimentais acerca do comportamento acústico de infraestruturas verdes. As metodologias são distintas entre si, com gamas de resultados mais inconsistentes em fachadas verdes (Azkorra, et al., 2015; Renterghem, et al., 2013).

As coberturas verdes providenciam um acréscimo de redução sonora que varia de 8 a 10 dB (Nurmi, et al., 2013; EFB, 2016; Renterghem, et al., 2013). A atenuação de ruído é cerca de 10 dB superior com a presença de água, nos casos de transmissão sonora (EFB, 2016).

Giachetta e Magliocco, citados por Perini e Rosasco (2013), referiram que o benefício acústico associado a fachadas verdes com camadas finas de vegetação é reduzido (menor espessura de plantas e suporte descontínuo). Por outro lado, a absorção sonora é eficaz por se tratarem de superfícies onde

ocorrem múltiplas reflexões (Veisten, et al., 2012). Renterghem *et al.* (2013) referem ainda que os componentes utilizados na instalação de fachadas verdes são altamente porosos e leves, por questões gravíticas, o que os torna eficazes em termos de absorção sonora.

Tabela 3.10 – Acréscimo de redução sonora de coberturas verdes face a coberturas convencionais.

Localização	Estudo	Características	Acréscimo de redução sonora	Referência
Vancouver, Canadá	Transmissão sonora	Medições: cobertura verde extensiva (4,80x6,80m), 150 mm de profundidade; Referência: cobertura de madeira	5 - 13 dB para frequências médias/baixas (50 - 2000 Hz); 2 - 8 dB para frequências altas (> 2000 Hz)	Connelly e Hodgson (2013)
Sem referência		Medições: 2 coberturas verdes extensivas (3,56x4,46m), de 50 a 150 mm de profundidade; Referência: cobertura metálica leve	10 dB (frequências baixas); 20 dB (frequências médias); > 20 dB (frequências altas)	
Gante, Bélgica	Difração (casos reais)	Medições: cobertura verde extensiva, percurso de 4,5 m (condições secas)	> 10 dB (grande gama de frequências)	Renterghem e Botteldooren (2011)
		Medições: cobertura verde extensiva, percurso de 25 m (condições secas)	5-10 dB (50Hz - 10kHz)	

A generalidade dos sistemas provoca maiores perdas por transmissão em gamas de frequências mais altas (Renterghem, et al., 2013; Connelly & Hodgson, 2013). No entanto, o acréscimo de isolamento sonoro, face às soluções tradicionais, é mais eficaz para baixas frequências. Em infraestruturas verdes sob ondas difratadas, numa gama de frequências mais alta, as maiores espessuras de substrato têm um papel fundamental no acréscimo de redução sonora (Renterghem & Botteldooren, 2011).

Tabela 3.11 – Acréscimo de redução sonora de fachadas verdes face a fachadas tradicionais.

Localização	Estudo	Características	Acréscimo de redução sonora	Referência
Singapura	Transmissão sonora	Medições: fachadas verdes, fonte sonora equivalente a tráfego urbano	5-10 dB (frequências médias/baixas); 2-3,9 dB (frequências altas)	Wong <i>et al.</i> (2010)
Sem referência		Medições: fachadas verdes em portas interiores	2 - 3% (20 Hz - 20 kHz) com e sem frequências extremas, respetivamente	Fernández-Bregón (2012) por Azkorra <i>et al.</i> (2015)
Europa		Medições: 2 fachadas verdes próximas de tráfego urbano (condições secas)	4,1 dB (369 m ²); 4,5 dB (58 m ²)	Vestein <i>et al.</i> (2012)
Sem referência	Difração	Estudo numérico: ruído de tráfego (fachadas com coeficientes de reflexão* distintos)	< 2 dB (*0,82); 4,4 dB (*0,95); inconsistências em frequências baixas	Renterghem <i>et al.</i> (2013)

A atenuação de ruído deve-se também à porosidade do solo e à sua consequente capacidade de absorção sonora, enquanto que a vegetação tende a dispersar o som (Wong, et al., 2010; Azkorra, et al., 2015). Connelly e Hodgson (2015), acerca da absorção sonora em função da profundidade do solo, indicaram que solos com maior percentagem de matéria orgânica têm uma maior capacidade de absorção. Por sua vez, essa capacidade é diminuída em condições húmidas, principalmente em solos de maior profundidade (Renterghem & Botteldooren, 2011). A capacidade de absorção sonora de infraestruturas verdes é apresentada no Anexo I (Tabela I.6).

A Tabela I.7, do Anexo I, reúne as estimativas de alguns autores no que diz respeito à quantificação da capacidade de atenuação do ruído de infraestruturas verdes.

Na presente dissertação, adota-se uma atenuação do ruído de **5 a 10 dB** para coberturas verdes e de **5 dB** e **2 dB** para fachadas vivas e fachadas verdes (trepadeiras), respetivamente. O benefício económico da atenuação do ruído (secção 5.2.4.1) é calculado com dados referentes a Portugal.

3.3.3.2 Melhoria da qualidade do ar exterior

Tal como referido em 3.3.2.4, a presença de infraestruturas verdes filtra os poluentes do ar e os gases nocivos, beneficiando a qualidade do ar. Quando aplicadas em ambiente exterior, no caso de estações abertas ou de soluções em fachadas, prevê-se a melhoria da qualidade do ar na envolvente dos sistemas verdes. Adicionalmente, a redução da temperatura nas cidades (secção 3.3.3.3) minimiza a formação de ozono (Rowe, 2011).

Este é um benefício notório em larga escala e, por isso, foi considerado marginal quando aplicado ao caso de estudo.

3.3.3.3 Diminuição do efeito da ilha de calor

O fenómeno da ilha de calor urbano traduz-se no aumento da temperatura nas cidades, de 2 a 5°C, face às temperaturas registadas em zonas rurais de proximidade (Perini & Rosasco, 2013). A Figura 3.2 esquematiza este fenómeno, onde é evidente o aumento da temperatura ambiente com a maior presença de superfícies artificiais.

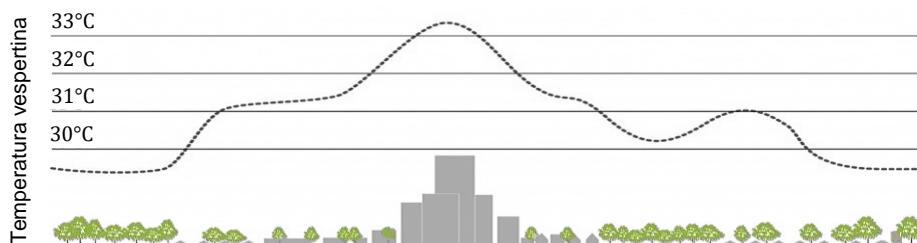


Figura 3.2 – Ilha de calor urbano (adaptado de Urban Green – Blue Grids, 2016).

As coberturas/fachadas verdes são vistas como uma solução para mitigar este problema em zonas urbanas, na medida em que diminuem a temperatura do ar. Estas soluções aumentam o albedo, ou capacidade de reflexão, das áreas em que se inserem (Vijayaraghavan, 2016). Valores próximos de zero indicam superfícies que absorvem a quase totalidade da radiação incidente, libertando-a posteriormente sob forma de energia térmica. Berardi *et al.* (2014) concluíram que o albedo de uma cobertura verde varia de 0,70 a 0,85, enquanto o de uma cobertura corrente pertence ao intervalo de 0,10 a 0,20. Além do mais, as ondas de calor ascendem e, devido ao fenómeno da evapotranspiração, arrefecem, originando correntes de ar fresco verticais (Sheweka & Mohamed, 2012).

Os valores obtidos por diversos estudos, acerca da potencial mitigação do efeito da ilha de calor, apresentam-se no Anexo I, na Tabela I.8. Os resultados não devem ser extrapolados, na medida em que se trata de um benefício que depende das características construtivas e climáticas de cada região.

Numa análise económica baseada em estudo anteriores, Bianchini e Hewage (2012) consideraram um benefício anual de 1,0 a 7,6 ($\times 10^{-3}$) €/m², para um custo de eletricidade de

0,09 €/kWh, uma taxa de atualização entre 2 e 8% e um período de análise de 40 a 55 anos. Sheweka e Mohamed (2012) referem uma poupança de 5 a 10% em energia elétrica.

A grande maioria dos autores não quantifica o efeito da ilha de calor nas suas análises económicas. Perini e Rosasco (2013) defendem que não é possível estimar este benefício, na medida em que este só se evidencia em aplicações de larga escala. Outros estudos consideram que a ordem de grandeza de redução da temperatura urbana não é significativa e que pode trazer impactos positivos ou negativos, consoante o clima em causa (Claus & Rousseau, 2012; Nurmi, et al., 2013; Carter & Keeler, 2008). Ainda assim, vários estudos concluem que se observa uma maior redução da temperatura em edifícios baixos (Santamouris, 2014). Na presente dissertação, também se opta por considerar desprezável este benefício, na medida em que se analisa um caso de estudo isolado.

3.3.3.4 Aumento da biodiversidade

A plantação de vegetação adequada constitui um meio para restaurar ecossistemas em espaço urbano, ainda que de forma limitada, e proteger espécies ameaçadas (Elgizawy, 2016). As infraestruturas verdes providenciam alimento, água, proteção e apeadeiros para insetos e pássaros migratórios.

Os projetos de coberturas e fachadas verdes com vista à recuperação de ecossistemas requerem o conhecimento dos requisitos das espécies locais, bem como das necessidades da fauna. A sua aplicação a infraestruturas de transporte pode ser vantajosa na medida em que se tratam de edifícios de grande dimensão, com áreas de aplicação consideráveis.

Estudos realizados a 17 coberturas verdes, na Suíça, indicaram a existência de 78 espécies de aracnídeos e 254 espécies de besouro, sendo que 11 a 18% destas espécies estavam catalogadas como raras e algumas encontravam-se em vias de extinção. Em Toronto, observou-se o aumento da biodiversidade numa cobertura verde, logo após a sua instalação (Currie & Bass, 2010). Dunnett *et al.* (2008) documentaram 35 espécies de colónias numa cobertura verde, em Sheffield, no Reino Unido, em profundidades de substrato de 10 cm (Francis & Lorimer, 2011). Köhler (1993) mostrou que em Berlim são encontrados melros, pardais e verdilhões em fachadas verdes, que se revelaram locais apropriados à procura de alimento ou à nidificação (Perini & Rosasco, 2013). Alguns estudos reportaram ainda a atividade de borboletas, que pela sua sensibilidade às alterações dos microclimas constituem excelentes indicadores ecológicos, em coberturas e fachadas verdes (Currie & Bass, 2010). Em Hong Kong, Wong e Jim (2016) monitorizaram o comportamento de mosquitos, que constituem uma preocupação relativa à propagação de infeções, face a coberturas verdes. Concluiu-se que, com sistemas de drenagem adequados, os mosquitos não se mostram atraídos por este tipo de solução. Por sua vez, dado que em coberturas convencionais são mais frequentes as patologias em membranas de impermeabilização, a formação de poças induz a presença de mosquitos.

De 2000 a 2014, Portugal perdeu 24,6% da sua área verde, situação que não foi verificada em nenhuma outra área geográfica (EPI, 2016). Ainda assim, o benefício gerado pelo aumento da biodiversidade não é considerado neste trabalho, por não ser representativo da aplicação de infraestruturas verdes em infraestruturas de transporte e por não ser conhecida a fauna do local de estudo.

3.3.3.5 Melhoria da qualidade da água pluvial

A melhor qualidade da água dos escoamentos pluviais, que surge essencialmente associada a coberturas verdes, beneficia a qualidade em cursos de água naturais e reduz marcas de sujidade devidas a escorrências, por exemplo nas fachadas das estações. Enquanto numa cobertura tradicional a água é diretamente escoada pelo sistema de drenagem, numa cobertura verde ocorre previamente a absorção e filtração dos poluentes, bem como a dissipação de metais e a neutralização dos ácidos presentes na água da chuva (Vijayaraghavan & Joshi, 2014).

A Tabela I.9 (Anexo I) apresenta resultados de análises realizadas à água escoada por coberturas verdes, indicando as reduções nas quantidades de metais pesados e nutrientes obtidas.

As coberturas verdes aparentam ter efeitos positivos na qualidade do escoamento, em especial nos casos de menor intensidade de precipitação. No entanto, a vegetação pode contribuir para a contaminação da água do escoamento. Se existir uma grande concentração de iões na água, a vegetação tem a capacidade de a reduzir; se a concentração de iões for superior no solo, o escoamento terá uma concentração superior desse tipo de iões. A utilização de pesticidas e fertilizantes, que alteram as quantidades de nutrientes no solo, potenciam este problema (Vijayaraghavan, 2016). Alguns autores referem que, durante o primeiro ano, a qualidade da água do escoamento não é representativa, uma vez que a concentração de nutrientes presentes na água escoada tende a diminuir e a estabilizar com a precipitação, a absorção pelas plantas e outras atividades biológicas (Rowe, 2011).

Com resultados mais consistentes, a literatura indica um acréscimo do pH da água em todos os estudos. Vijayaraghavan e Joshi (2014) referiram um aumento da alcalinidade da água escoada para valores entre 7 e 8, sendo que os eventos de chuva artificial tinham um pH na ordem de 5.

Dada a variabilidade das conclusões dos estudos existentes, a quantificação da melhoria da qualidade da água escoada não é considerada na presente dissertação.

3.3.3.6 Melhoria da gestão do escoamento de água pluviais

A presença de vegetação, especialmente em coberturas, tem a vantagem de reter a água pluvial, atrasar o seu escoamento e, conseqüentemente, reduzir as perturbações que resultam nos sistemas de drenagem (Vijayaraghavan, 2016). Adicionalmente, a regularização do caudal pluvial escoado minimiza as infiltrações e a entrada de água em locais abertos, por exemplo no caso de coberturas em plataformas de estações ferroviárias. Alguns autores referem ainda que a utilização de fachadas verdes se revela vantajosa na moderação do escoamento proveniente das coberturas (Sheweka & Mohamed, 2012).

A Figura 3.3 é representativa da evolução das capacidades de retenção de água pluvial e atraso do escoamento associadas a coberturas verdes.

Estudos experimentais de Vijayaraghavan e Joshi (2014) e Graceson *et al.* (2013), acerca das características do substrato, mostraram que o fator determinante no atraso do escoamento é a grande capacidade de absorção do substrato, que implica uma elevada retenção do escoamento.

A água armazenada pelo solo, depois de absorvida pelas plantas, retorna à atmosfera por transpiração e evaporação. Como tal, o tipo de planta, bem como a sua capacidade de absorção e evapotranspiração, é condicionante em termos da retenção das águas pluviais. Em coberturas extensivas, as relvadas são as mais eficientes na retenção de água, seguidas das que contém plantas

silvestres e das suculentas. Espécies mais altas, com maior desenvolvimento radial e com folhagem e raízes mais densas têm uma maior capacidade de controlo do escoamento (Nagase & Dunnett, 2011).

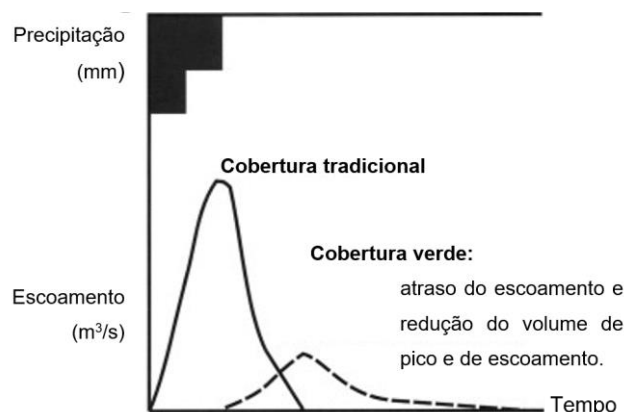


Figura 3.3 – Resposta de escoamento a eventos de precipitação (adaptado de Stovin et al., 2012).

A Tabela 3.12 reúne as principais conclusões de ensaios realizados a coberturas verdes no sentido de quantificar a sua capacidade de controlo de escoamento. Verificam-se valores médios de retenção em torno dos 50% e uma maior variabilidade no que diz respeito ao tempo de atraso do início do escoamento.

Alguns autores referem que a capacidade de armazenamento da água pluvial depende fortemente da intensidade e frequência dos eventos de precipitação (parâmetros climáticos locais) e, ainda, da pendente da cobertura verde (Villarreal & Bengtsson, 2005; Stovin, et al., 2012). De acordo com Brandão et al. (2017), a presença de solo com vegetação apresenta um melhor comportamento do que o associado apenas ao substrato, principalmente em eventos de maior intensidade. Os resultados do estudo são consistentes com os demais existentes e referem que o uso de plantas nativas (mediterrânicas) não apresenta desvantagens na *performance* hidrológica.

Os valores monetários do benefício, adotados por alguns autores, encontram-se na Tabela I.10, no Anexo I. Bianchini e Hewage (2012) estimaram benefícios, decorrentes da menor sobrecarga dos sistemas de drenagem, entre 30 a 60% do custo inicial das coberturas verdes estudadas.

Neste trabalho adota-se uma capacidade de retenção, por parte de coberturas verdes, de 55% do volume precipitado na cobertura. O atraso no início do escoamento não é considerado devido à variabilidade dos resultados e à dificuldade inerente à quantificação deste parâmetro.

Tabela 3.12 – Redução e atraso do escoamento em coberturas verdes extensivas.

	Localização	Características	Redução de escoamento	Atraso de escoamento	Referência
Cobertura verde Extensiva, com <i>Sedum</i>	Lund, Suécia	Chuvada com intensidade de 0,4 mm/min	62% (2°); 43% (8°); 39% (14°)	30m' (2°); 20m' (8°/14°)	Villarreal e Bengtsson (2005)
		Chuvada com intensidade de 0,8 mm/min	54% (2°); 30% (8°); 21% (14°)	12m'30s (2°); 8m'45s (8°/14°)	
	Sem referência	3 ensaios em coberturas verdes experimentais (89 mm de solo; declive 1:12)	19-98%	5,7 horas (média); 2 horas (pico)	DeNardo et al. (2005), por Berardi et al. (2014)
	Sheffield, Inglaterra	80 mm de solo; pendente 1,5°	50,2% (retenção anual); 60% (pico)	54m'10s (média); 18m' (mediana)	Stovin et al. (2012)

Nota: os valores em graus (°) correspondem à pendente das coberturas estudadas.

Tabela 3.12 – Redução e atraso do escoamento em coberturas verdes extensivas (cont.).

	Localização	Características	Redução de escoamento	Atraso de escoamento	Referência
Extensiva	Lisboa, Portugal	150 mm de solo; rosmaninho, lavanda e braquipódio; medições de set. 14 a fev. 15	100% (mais de 1/3 dos eventos); 91% (mediana); 47% (grande intensidade e curta duração)	0,45 horas; 0,38 horas (pico)	Brandão <i>et al.</i> (2017)
Intensiva	Manchester, EUA	Comparação com a retenção (33,6%) de uma cobertura tradicional	65,7%	---	Speak <i>et al.</i> (2012)

3.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

No presente capítulo apresenta-se uma metodologia de análise custo-benefício para a instalação de infraestruturas verdes em estações ferroviárias existentes genéricas. A metodologia é adotada ao longo de todo o trabalho, no sentido de verificar a viabilidade da instalação de infraestruturas verdes no caso de estudo – estação ferroviária de Entrecampos, em Lisboa.

O método proposto prevê a quantificação dos custos e benefícios associados a diferentes dimensões de estações ferroviárias (infraestrutura, utilizador e envolvente), para os quais se realizou uma revisão bibliográfica. Os estudos apresentados reúnem os pressupostos de vários autores, que sustentam as quantificações admitidas para o caso de estudo desta dissertação e que, quando aplicáveis, foram adotados. No final de cada subsecção (do capítulo 3), são apresentados breves comentários no sentido de indicar o interesse e a aplicação dos estudos no presente trabalho.

Por fim, é pertinente referir que a metodologia proposta não considera os momentos temporais distintos associados a cada custo/benefício estudado. A Figura 3.4 mostra, qualitativamente, a distribuição dos custos e benefícios no tempo de forma a clarificar a sua expressão ao longo do período de análise. Os custos de instalação e de substituição/demolição acontecem pontualmente, nos momentos inicial e final do período de vida útil dos sistemas verdes, respetivamente. Os custos de manutenção e os benefícios decorrentes da instalação de infraestruturas verdes são contabilizados durante todo o período de vida útil dos sistemas. Refere-se também que, à exceção do custo de instalação, todos os custos e benefícios serão atualizados a uma taxa adequada.

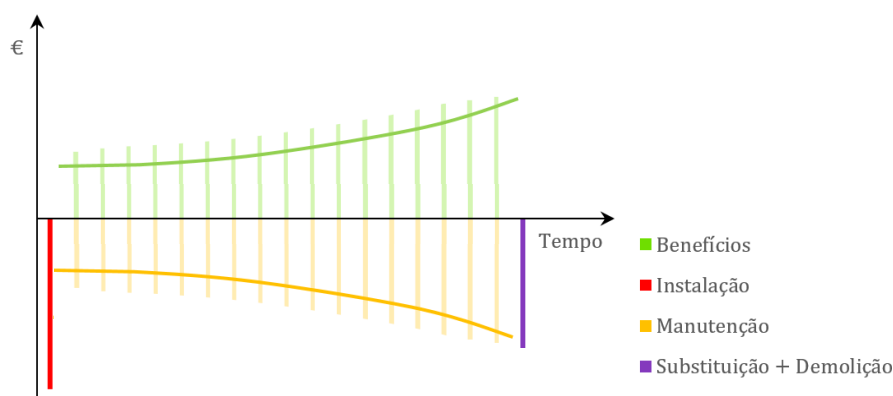


Figura 3.4 – Variação qualitativa dos parâmetros em análise ao longo do tempo.

4 CASO DE ESTUDO – ESTAÇÃO FERROVIÁRIA DE ENTRECAMPOS, LISBOA

4.1 APRESENTAÇÃO

A estação ferroviária de Entrecampos, inserida na área Metropolitana de Lisboa Norte (AML Norte), é uma das infraestruturas de transporte com maior fluxo de passageiros em Portugal. Efetua serviços a nível de comboios urbanos, regionais e inter-regionais, intercidades e alfa pendulares. Adicionalmente, permite o acesso ao metropolitano, a autocarros e a praças de táxis.

A infraestrutura localiza-se na freguesia das Avenidas Novas, com parte das plataformas na freguesia de Alvalade, e desenvolve-se paralelamente à Rua Dr. Eduardo Neves. As plataformas fazem o atravessamento, em viaduto, da Avenida 5 de Outubro e da Avenida da República, importantes eixos terciários da cidade (Figura 4.1). O Plano Diretor Municipal (PDM) de Lisboa integra esta área no Sistema Húmido da Estrutura Ecológica Fundamental e insere-a nas categorias de vulnerabilidade elevada face a inundações e à atividade sísmica.

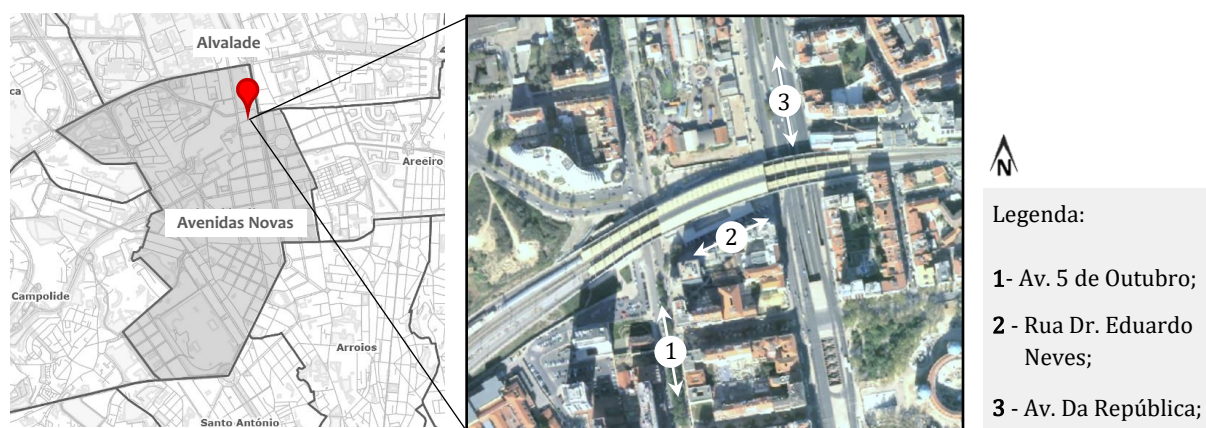


Figura 4.1 – Localização e vista aérea da estação ferroviária de Entrecampos.

Trata-se de uma infraestrutura singular de grande valor, com localização privilegiada no centro da cidade, que espelha alguns dos problemas associados a infraestruturas de transporte. Em traços gerais, a infraestrutura define-se como uma estação de passagem, com prevalência no serviço de comboios suburbanos. O tipo de serviço sugere que a generalidade dos passageiros efetue viagens pendulares (casa-trabalho), essencialmente em dias úteis e durante o período diurno, e pertença ao grupo de trabalhadores e estudantes.

Além disso, a estação ferroviária conta com painéis fotovoltaicos instalados na cobertura, tratando-se de uma mini geração somente para venda de energia à rede (DL 363/2007).

4.2 ORGANIZAÇÃO ESPACIAL

A estação ferroviária é composta por um núcleo central, organizado em três pisos acima do solo, e por dois acessos (nascente e poente) com ligação direta às plataformas (piso 2). O esboço correspondente à Figura 4.2 pretende representar as entradas para a estação ferroviária, sendo que duas das portas sul do núcleo central (a cinza) não funcionam para o público, mas sim ao uso por parte da infraestrutura.

O edifício tem entrada pelo piso 0, rebaixado relativamente à cota do terreno, e distribui os fluxos pedonais através do piso 1 para dois cais de embarque (piso 2), de duas vias férreas cada (Figura 4.3). A ligação ao metropolitano é feita pelo interior da estação (piso enterrado).

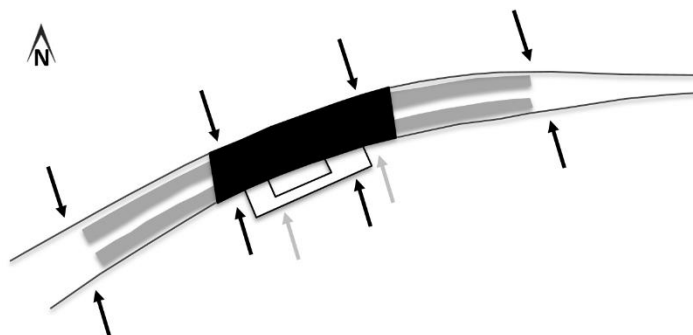


Figura 4.2 – Esquema de entradas na estação (planta).

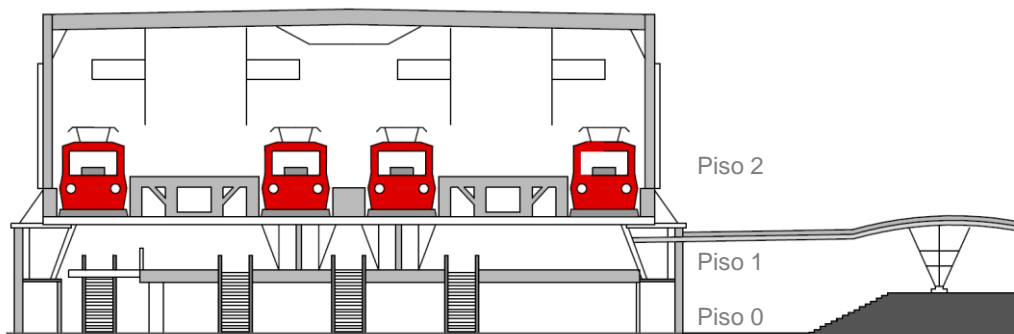
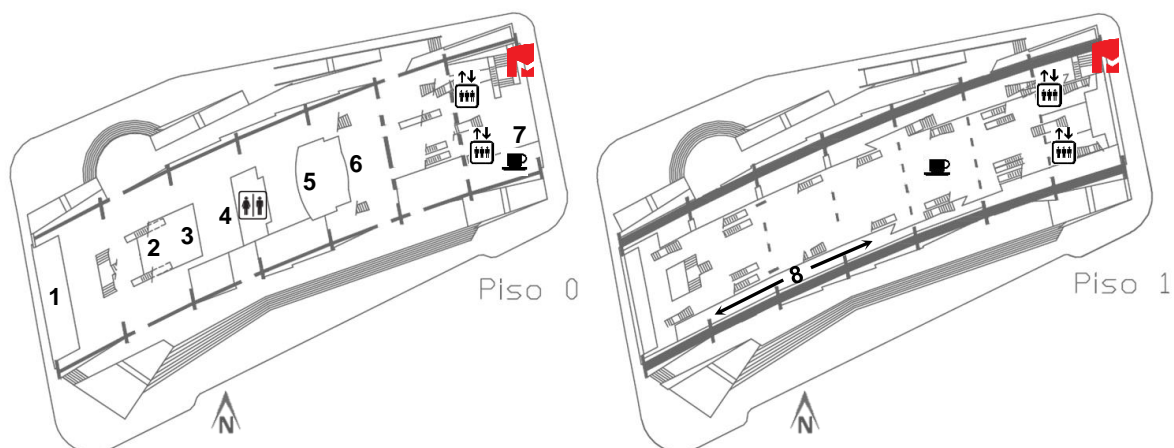


Figura 4.3 – Corte transversal da estação de Entrecampos (baseado em Oliveira, 2008).

No interior da estação, verifica-se uma assimetria em termos de organização de espaço, na medida em que todos os serviços (piso 0) se localizam na metade nascente do núcleo central, nomeadamente as bilheteiras, as instalações sanitárias, o acesso ao metro e os elevadores (Figura 4.4). A maioria dos espaços comerciais não se encontra em funcionamento.



Legenda: 1 a 4, 8 - Espaço comercial; 5 - Apoio ao cliente; 6 - Bilheteira; 7 - Acesso ao metro

Figura 4.4 - Plantas do piso 0 e do piso 1 da estação de Entrecampos.

4.3 CARACTERIZAÇÃO DO PASSAGEIRO PENDULAR

Como referido, a estação de Entrecampos efetua, essencialmente, serviço de comboios suburbanos, associados a viagens pendulares/diárias. A Tabela 4.1 reúne os dados relativos ao número de comboios diários, bem como o volume de comboios nas horas de ponta e os períodos de inatividade da estação. A informação da tabela foi tratada com base nos horários dos comboios da estação de Entrecampos, que constam no *site* da Infraestruturas de Portugal (IP). Segundo dados fornecidos pela IP, são contabilizados cerca de 679 000 passageiros mensais (dados de 2015).

Tabela 4.1 – Fluxo de comboios e períodos de inatividade (dados da IP, 2016).

	Dias úteis	Sábado	Domingo
Nº de comboios diários	387	180	111
Média (comboios/hora)	20 (27 em horas de ponta)	9	10
Nº máximo de comboios	31 (7h - 8h)	12 (16h - 17h)	12 (16h - 17h)
Horário sem serviço de comboios	01h17 - 05h42	01h29 - 05h42	23h59 - 12h12

Infraestruturas de Portugal: <http://www.infraestruturasdeportugal.pt/negocios-e-servicos/horarios>

Contabilizam-se 361 comboios suburbanos (93,3%) por dia normal de trabalho, 156 (86,7%) e 96 (86,5%) aos sábados e domingos, respetivamente.

Em comboios suburbanos, verificam-se, em média, intervalos entre passagens (Ti) de 10 minutos durante os períodos entre as 7h e as 10h e entre as 17h e as 20h. Nos restantes horários, a frequência média de comboios é de 20 minutos e, durante a madrugada, de 30 minutos.

No sentido de caracterizar os percursos preferenciais dos passageiros, bem como os locais de maiores fluxos de passagem, foram realizadas contagens de passageiros no local. As contagens realizaram-se durante a hora de ponta da manhã (mais crítica), para os desembarques, à boca das escadas e das saídas da estação (plataforma, pisos 0 e 1), no sentido comboio-saídas/intermodalidade. A identificação e localização de todos os acessos estão em Anexo II, bem como os resultados do trabalho de campo, no Anexo III. A descrição do trabalho de campo é apresentada de seguida:

- O trabalho foi realizado por cinco pessoas, cada uma com um contador, que se posicionaram (individualmente) em cada um dos acessos, até que todos fossem contados.
- Cada contagem foi iniciada no momento da chegada de uma composição (desembarque). Os contadores posicionaram-se *à priori* nas saídas/escadas acessíveis pela plataforma do comboio em causa, repetindo o processo (aquando da chegada de composições do mesmo tipo) até que todos os acessos fossem contabilizados. Admitiu-se que composições do mesmo tipo (linha, destino) geram fluxos de passageiros semelhantes.
- Durante cada contagem, o número de passageiros foi contabilizado enquanto se verificou um fluxo constante dos mesmos na passagem pelos acessos, o que se traduziu em contagens de 1 a 3 minutos. Como se esperava, os acessos mais críticos (preferenciais) mantiveram um elevado fluxo de passageiros durante um tempo superior (\approx 3 minutos).

- O processo foi repetido até que o número de passageiros fosse contabilizado em todos os acessos, de acordo com os vários tipos de comboio (só para a hora de ponta da manhã).
- Foram feitos cerca de 40 levantamentos, durante 5 dias úteis (na semana de 13 a 17 de fevereiro, entre as 8h e as 9h30), em 38 acessos, incluindo escadas, portas e ascensores.
- Os resultados foram convertidos, linearmente, em passageiros por minuto, dado que, como referido, as contagens foram efetuadas para fluxos de passageiros constantes.

A Figura 4.5 representa a distribuição dos passageiros pendulares, durante a hora de ponta da manhã (das 8h às 9h30), obtida pelos resultados da contagem de pessoas. A vermelho está representado o percurso com maior número de passageiros por minuto, correspondente ao trajeto dos utilizados com destino ao local da mudança modal comboio-metro (interface).

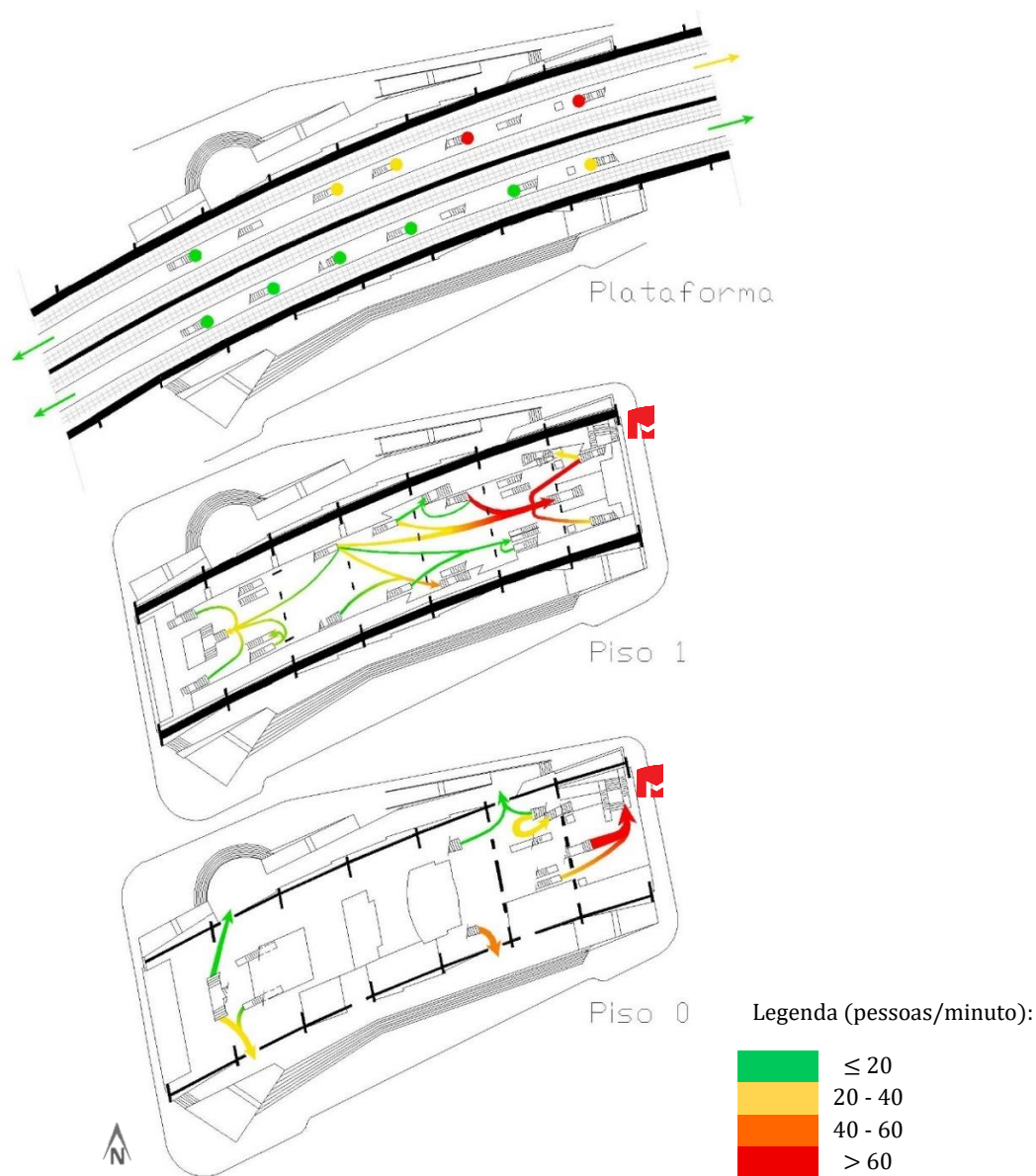


Figura 4.5 – Resultado das contagens: número de passageiros pendulares por minuto na hora de ponta da manhã, das 8h às 9h30.

Como se verifica, a generalidade dos passageiros dirige-se ao metropolitano. Os restantes, têm preferência pela saída principal (sul), optando pelo acesso à Avenida da República (identificada na Figura 4.1), ou pela saída nascente (ao nível da plataforma).

O fluxo vertical de passageiros, nas escadas, durante a hora de ponta da manhã, está esquematizado na Figura 4.6. Ainda que, no período considerado, os percursos tenham sentido descendente (saídas), as setas representadas com sentido duplo identificam escadas fixas.

Para um número de passageiros por minuto semelhante ao anterior (Figura 4.5), torna-se evidente que as perturbações em escadas são mais gravosas (menos espaço por peão), bem como o desconforto da deslocação. As escadas com maior fluxo de passageiros (F2, F3, F11, F13, identificadas no Anexo II e, a vermelho, na Figura 4.6) têm, aproximadamente, um nível de serviço do tipo D (≈ 40 pass/m/min). Um nível de serviço D indica que a velocidade dos passageiros é condicionada pela incapacidade de ultrapassar passageiros que se desloquem mais lentamente e, ainda, que surgem perturbações significativas em casos de fluxos com sentido contrário. O fluxo de passageiros (pass/m/min), correspondente a um nível de serviço, calcula-se pela divisão entre o número de passageiros por minuto (N) e a largura das escadas em metros (L).

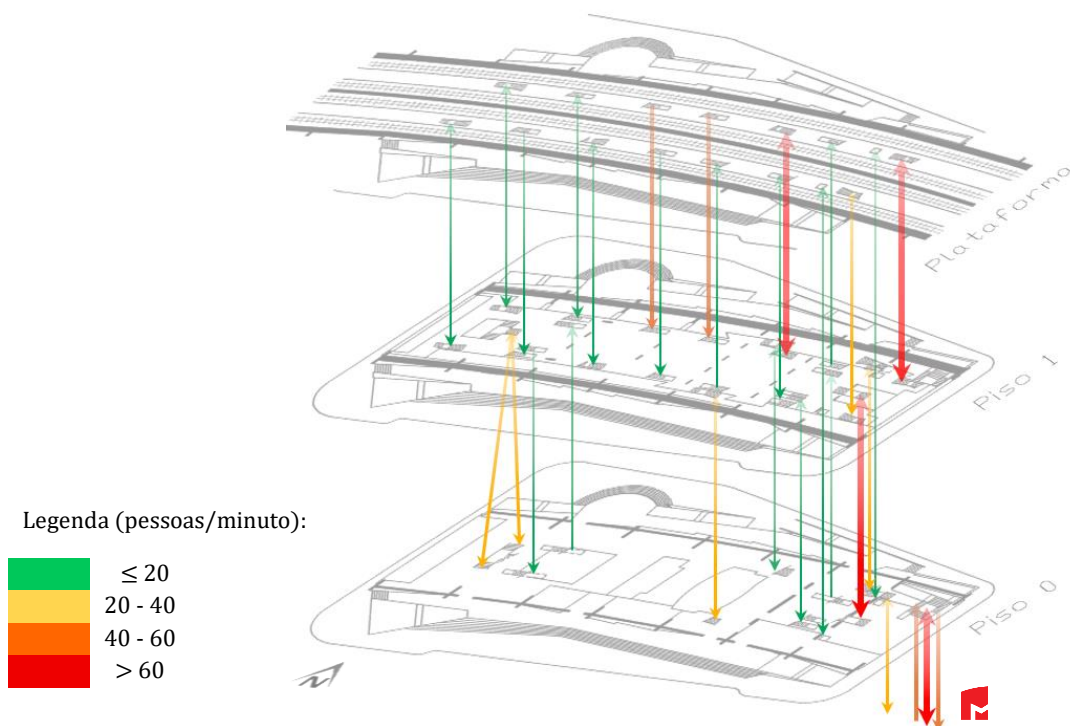


Figura 4.6 – Resultado das contagens: esquema funcional vertical para o número de passageiros pendulares por minuto na hora de ponta da manhã, das 8h às 9h30.

Os resultados deste estudo (Figuras 4.5 e 4.6) mostram a maior ocupação da ala nascente da estação. Nos locais de maior fluxo de passageiros verifica-se um maior nível de utilização, que limita a velocidade individual de cada utilizador e, em escadas, implica o contacto com os outros passageiros.

A preferência pelas saídas centrais e nascente pode ser justificada pela menor acessibilidade a outros meios de transporte na zona poente e pelo menor número de serviços (quer no interior quer no exterior da estação). As ligações a outros meios modais, compiladas com base nos mapas de rede dos

Transportes de Lisboa (2014), estão indicadas na Figura 4.7. As dimensões da simbologia das paragens de autocarro são proporcionais ao número de autocarros a que dão serviço.

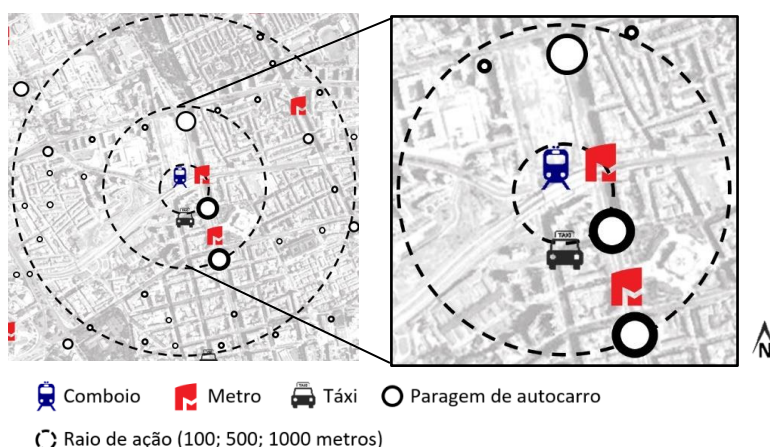


Figura 4.7 – Ligações modais na envolvente da estação ferroviária.

Os percursos de autocarros, com paragens em pontos assinalados anteriormente, são, predominantemente, afetos ao centro da cidade. No entanto, permitem deslocações para Belém/Ajuda, Benfica/Carnide, Alvalade/Lumiar e Olivais/Marvila. Importa também referir que as paragens assinaladas se referem à rede diurna, mantendo-se apenas as principais no período noturno.

Relativamente aos tempos de espera, verifica-se que os passageiros pendulares optam por esperar pelos comboios já na zona das plataformas, onde, em média, despendem 5 minutos do seu tempo (dado admitido por observação e utilização diária da estação).

4.4 CARACTERIZAÇÃO DOS RESTANTES UTILIZADORES

Os cenários avaliados adiante (capítulo 5), têm impactos distintos na perspetiva de vários tipos de intervenientes e utilizadores da estação, que a utilizam tanto em horas de ponta como em dias não úteis. Igualmente, é relevante avaliar os hábitos e caminhos preferenciais de passageiros com necessidades especiais (idosos, pessoas de mobilidade reduzida, grávidas, crianças, bebés de carrinho, deficientes visuais, entre outros) e de outros utilizadores da estação, como clientes da zona comercial ou trabalhadores das zonas de escritórios/comércio envolventes da estação.

Após algumas visitas ao local, fora das horas de ponta, constatou-se que tanto os caminhos preferenciais se mantêm, ainda que com um nível de utilização inferior, como os locais de espera (cais de embarque). No caso de utilizadores com mobilidade reduzida, as entradas e saídas da estação são feitas pelo núcleo principal, com rampas de acesso, e as deslocações no seu interior são possibilitadas pelos elevadores instalados na ala nascente (ponto 4.4). Em termos de não passageiros, os utilizadores dirigem-se essencialmente aos cafés, havendo uma procura bastante reduzida pelos poucos espaços comerciais ainda em funcionamento.

Uma vez que não se considera condicionante neste estudo, a realidade de funcionamento associada aos restantes utilizadores (não pendulares) não foi avaliada com maior detalhe.

4.5 IDENTIFICAÇÃO DE ALGUNS PROBLEMAS

4.5.1 Problemas na estação: edifício e plataformas

No capítulo 2 referiram-se os principais problemas associados às infraestruturas de transporte urbano. Particularizando, identificam-se problemas e necessidades, não só do caso de estudo como do meio em que este se insere, que têm influência direta no funcionamento da estação e no bem-estar e saúde dos utentes.

A poluição visual e a falta de iluminação constituem fragilidades imediatamente identificadas pelos utilizadores. A quase totalidade dos elementos tem uma elevada acumulação de partículas poluentes e foi sujeita a atos de vandalismo. Por sua vez, os pés-direitos reduzidos e os elementos verticais de grandes dimensões prejudicam a visibilidade entre espaços, transmitindo insegurança.

A Figura 4.8 resume os pontos fortes e fracos associados à infraestrutura. Constitui o ponto de partida para a consideração de cenários alternativos que minimizem os atuais problemas da estação.



Figura 4.8 - Quadro-síntese dos aspetos positivos e negativos da estação de Entrecampos.

Como referido, verifica-se o subaproveitamento da ala poente do edifício da estação (Figura 4.8a), quer pelo abandono dos espaços comerciais dessa ala quer pela localização dos serviços na ala nascente. Esta organização da estação tem consequências ao nível da distribuição de pessoas,

motivando a pouca afluência a estes espaços e, conseqüentemente, o não cumprimento dos requisitos de segurança (agravado pela pouca visibilidade do local).

No caso de condições atmosféricas adversas, em que se faça sentir vento e precipitação, os locais de espera na plataforma apresentam problemas ao nível da entrada de água, quer através da cobertura quer pelas aberturas para o exterior, e posterior acumulação no cais de embarque. Esta situação contribui para o desconforto dos utilizadores.



Figura 4.9 – Infiltrações na estação de Entrecampos (plataforma).

No decorrer do trabalho, são apresentadas propostas (capítulo 5) com potencial para minimizar alguns dos problemas referidos (tais como a rentabilização de espaços, melhoria estética, atenuação do ruído, entre outros) recorrendo à instalação de coberturas e fachadas verdes.

4.5.2 Qualidade do ar

A qualidade do ar local representa também uma questão a considerar na caracterização do caso de estudo. Os tempos de espera pelos comboios aumentam o tempo de exposição dos utentes à poluição atmosférica, essencialmente associada ao tráfego rodoviário intenso do local.

A praça de Entrecampos, a cerca de 500 metros da estação ferroviária em estudo, tem instalada uma das estações de monitorização da qualidade do ar da Região de Lisboa e Vale do Tejo (RLVT). A estação permite estimar o risco máximo de exposição da população às emissões do tráfego automóvel. São monitorizados os poluentes CO, NO_x (NO e NO₂), SO₂, O₃, C₆H₆ e as partículas PM₁₀ e PM_{2,5}, cujas concentrações não devem exceder a regulamentação (DL 102/2010 alterado pelo DL 43/2015).

A figura seguinte (Figura 4.10) mostra as percentagens dos valores limite ou valores alvo atingidas por cada poluente, para o seu indicador anual mais desfavorável, e as proporções entre poluentes, tendo em conta as suas concentrações médias anuais. A elaboração dos gráficos baseou-se nos valores medidos pela estação de tráfego de Entrecampos, para o ano 2015, validados pela Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional de Lisboa e Vale do Tejo (CCDR LVT).

Apesar da significativa concentração de monóxido de carbono (CO) na atmosfera, verifica-se que os valores se mantêm distantes do valor limite. Por outro lado, os 20% correspondentes a ozono (O₃) e dióxido de azoto (NO₂) estão presentes em quantidades bastante próximas dos limiares de alerta. A presença de partículas em suspensão inferiores a 2,5 e 10 µm (≈10%) representa mais de metade do valor legal (Figura 4.10). Chama-se ainda a atenção para o facto das concentrações de benzeno (C₆H₆) e de dióxido de enxofre (SO₂) serem residuais face ao volume dos restantes poluentes (Figura 4.10b) e, para além disso, não serem alvo de maiores preocupações face aos valores legislados.

As concentrações associadas a cada poluente podem ser consultadas na Tabela 4.2.

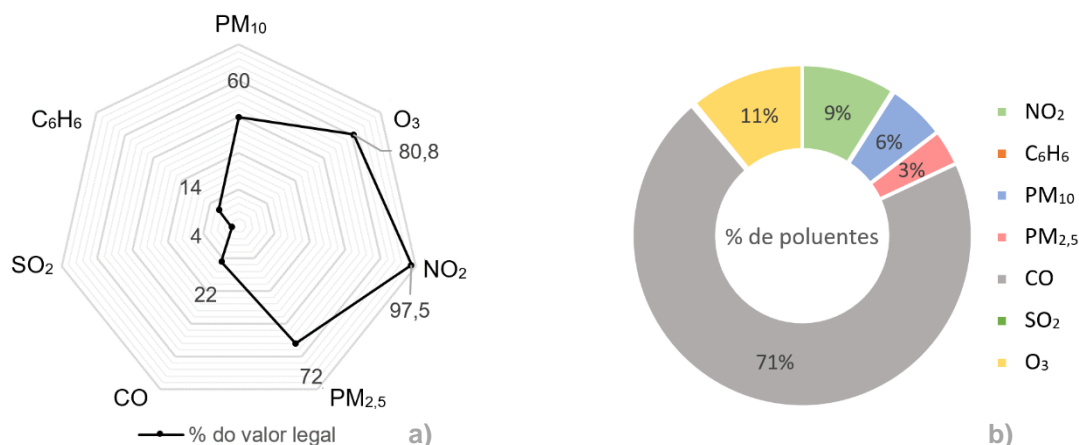


Figura 4.10 - Percentagem do valor legal (a) e proporção (b) de poluentes (medições de 2015, em Entrecampos).

Segundo o mapa da evolução da concentração de NO₂ na estação de tráfego de Entrecampos, desde 2013 que os valores limite não são excedidos nesta zona (CCDR LVT, 2016). Apesar disso, as concentrações mais elevadas deste poluente foram registadas nas estações de tráfego da AML Norte.

Em 2015, verificaram-se duas excedências da concentração de O₃ face ao valor alvo (máximo de 25 excedências num ano). No mesmo ano, as quantidades de PM₁₀ (após desconto da contribuição proveniente de fontes naturais) excederam nove vezes, das 35 permitidas anualmente, os valores limite diários; verificou-se ainda um ligeiro aumento das concentrações de partículas em suspensão.

Tabela 4.2 – Concentrações médias anuais de poluentes em Entrecampos (2015).

Poluente	Concentração média anual (µg/m ³)	Poluente	Concentração média anual (µg/m ³)
Dióxido de Enxofre SO ₂	1,51	Dióxido de Azoto NO ₂	38,80
Partículas < 2.5 µm PM _{2,5}	14,94	Ozono O ₃	47,37
Benzeno C ₆ H ₆	0,68	Óxidos de Azoto NO _x	74,83
Partículas < 10 µm PM ₁₀	24,25	Monóxido de Carbono CO	307,50
Monóxido de Azoto NO	23,50		

A descrição simplificada da qualidade do ar em Entrecampos é meramente indicativa, enriquecendo a caracterização do caso de estudo. Adicionalmente, os valores apresentados justificam a necessidade de uma preocupação com a qualidade do ar do local, procurando medidas que a beneficiem, nomeadamente a instalação de infraestruturas verdes.

4.5.3 Ruído

Em zonas urbanas de elevada densidade populacional, verifica-se uma maior sensibilidade ao ruído, devendo-se tomar medidas que o minimizem. Apesar do comboio ser o modo menos poluente em termos de emissões atmosféricas, a circulação ferroviária provoca um elevado grau de incomodidade em faixas próximas das linhas férreas. Em Entrecampos, verificam-se níveis elevados de ruído do tráfego ferroviário, confinados a uma faixa de cerca de 100 m, em zonas edificadas e/ou com barreiras acústicas, e até 200 m em locais de campo livre (Sarmiento, et al., 2008). Ainda assim, a circulação rodoviária é a principal fonte de ruído.

Do ponto de vista legal, a responsabilidade do controlo de ruído recai sobre o gestor da infraestrutura (Infraestruturas de Portugal). A desresponsabilização dos operadores (CP e Fertagus) pode conduzir a falhas no que diz respeito à renovação das composições ou ao controlo dos requisitos de manutenção, o que se revela prejudicial em termos de poluição sonora. Os requisitos legais aplicados à exploração de infraestruturas ferroviárias são enquadrados pelo DL 146/2006, relativo ao ruído ambiente, e pelo DL 9/2007, que constitui o novo Regulamento Geral do Ruído (RGR).

A Figura 4.11 agrupa dois excertos dos mapas de conflitos disponibilizados no Plano de Ação do Ruído de Lisboa (PAR), pela CML, aplicados à área em estudo. Verifica-se que a envolvente da estação ferroviária de Entrecampos corresponde a uma zona desconforme, que ultrapassa em mais de 10 dB os limites máximos regulamentares. As fontes de ruído presentes são o tráfego rodoviário, essencialmente proveniente da Av. da República, e ferroviário.

Em outubro de 2007 foram realizados dois programas de medições, a cerca de 300 m (lado nascente) da estação ferroviária de Entrecampos, junto à linha férrea. A primeira ronda de ensaios consistiu em medições de curta duração (aquando passagens isoladas de composições) e a segunda em medições de cerca de 1 a 2 horas. As medições de curta duração obtiveram uma média de 83,5 dB, que, convertida em períodos de uma hora, perfaz 46,2 dB. As segundas medições originaram valores médios na ordem dos 59,2 dB, sendo que até aos 1000 Hz os valores ultrapassaram os 55 dB, e um máximo registado de 69,4 dB (63 Hz). Concluiu-se ainda que a gama de frequências críticas associadas apenas ao transporte ferroviário pertence ao intervalo dos 500 aos 1000 Hz.

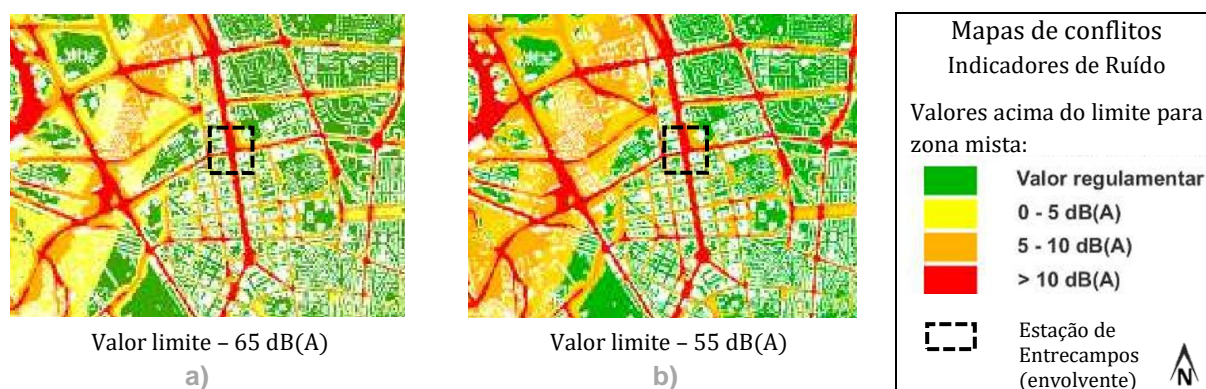


Figura 4.11 – Mapas de conflitos para os períodos (a) diurno-entardecer-noturno e (b) noturno (CML, 2014).





















Os mapas de conflitos e as medições dos níveis de ruído, no local de estudo, apresentam valores próximos ou acima dos valores limite legais. Adiante, no capítulo 5, quantifica-se o benefício da atenuação do ruído conferida pela instalação de infraestruturas verdes da estação ferroviária de Entrecampos.

5 ANÁLISE CUSTO-BENEFÍCIO DO CASO DE ESTUDO

5.1 SOLUÇÕES PROPOSTAS

Com base na realidade de funcionamento da estação ferroviária de Entrecampos, e tendo em conta as suas necessidades, foram definidas possíveis zonas de intervenção. A instalação de infraestruturas verdes nos locais sugeridos visa melhorar o aproveitamento da estação e as condições de conforto dos utentes e funcionários. A Tabela 5.1 identifica as soluções propostas, consoante o local de aplicação e o tipo de infraestrutura verde previstos, e contabiliza a área verde afeta a cada um deles.

Tabela 5.1 – Proposta simplificada de cenários alternativos.

Cenário	Existente		Proposta	
	Local	Elemento	Tipologia	Área verde (m ²)
I	Nível térreo	Viaduto	Pilares do bordo exterior	  160
II		Acessos	Fachadas sul (poente + nascente)	  100 + 90
III			Fachada Norte (junto à entrada poente)	  120
IV	Nível elevado	Estação (edifício)	Bordadura do cais de embarque	  240
V		Cais de embarque	Cobertura central	  8000
VI	Espaços de circulação	Estação (Piso 1)	Paredes de betão (extremidades)	  380
VII			Bordadura da mezzanine	  150
VIII		Parede nascente (acesso ao metro)	  10	
IX	Espaços de oportunidade	Estação (Piso 0)	Pavimento (ala poente)	  15
X			Nova divisória (ala poente)	  100

Legenda:  Cobertura verde  Fachada verde

A localização dos cenários propostos para a envolvente exterior está representada na Figura 5.1. De forma a tornar perceptível as propostas referentes ao interior da estação, estão também representadas as plantas correspondentes (Figura 5.2). Importa referir que os vários cenários poderão ser implementados em simultâneo e complementar-se, embora essa situação não seja alvo de estudo na presente dissertação.

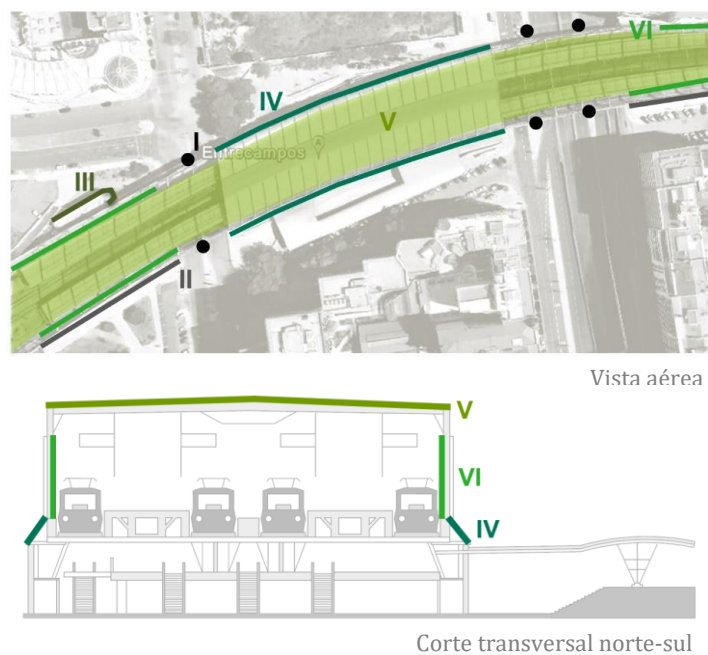


Figura 5.1 – Localização dos cenários propostos na envolvente exterior.

A Figura 5.2, para além de identificar os locais das propostas para o interior da estação, inclui também algumas variações a estas. Sugerem-se soluções para os cenários VII e IX (mais intrusivas) que, a par da instalação de infraestruturas verdes incrementam os benefícios na estação. O cenário VII (piso 1), com paredes verdes no bordo da *mezzanine*, pode ser complementado com a demolição parcial da mesma, incluindo paredes verdes nos novos bordos centrais (Figura 5.2a). Para o cenário IX, sugere-se, para além do jardim interior, a demolição parcial do núcleo existente (atualmente sem uso) para este dar lugar a um café/quiosque com espaços de lazer (Figura 5.2b).

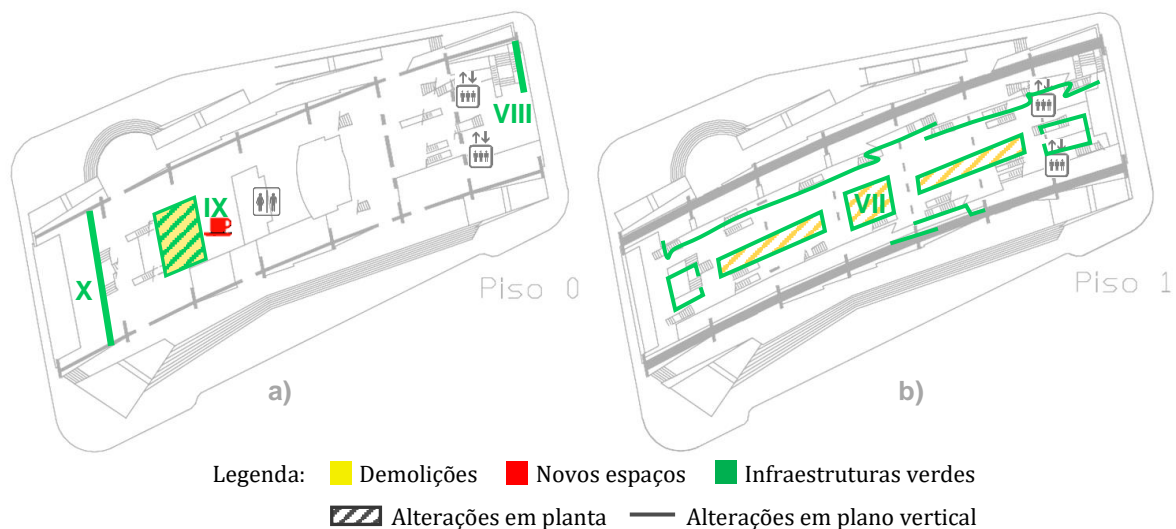


Figura 5.2 – Plantas de alteração da envolvente interior: piso 0 (a) e piso 1 (b).

De seguida, detalha-se a intenção de cada proposta e identificam-se as principais motivações e mais-valias associadas a cada uma delas (Tabelas 5.2 a 5.11). As tabelas apresentam diferentes perspetivas de cada cenário, uma vez que estes têm impactos visuais distintos consoante o local em que se encontre o observador.

Tabela 5.2 – Sistema vertical verde proposto no viaduto.





Cenário I	
Descrição: Instalação de sistema de fachada verde ou fachada viva na superfície dos pilares exteriores do viaduto.	
Existente	Proposta
	
Vista sul, Av. da República	
	
Av. 5 de Outubro	
Motivações	Mais-valias
Aspeto estético desagradável Zona de grande tráfego pedonal e rodoviário	Melhoria estética Melhoria da qualidade do ar

Tabela 5.3 – Sistema vertical verde proposto nos acessos sul (poente e nascente).



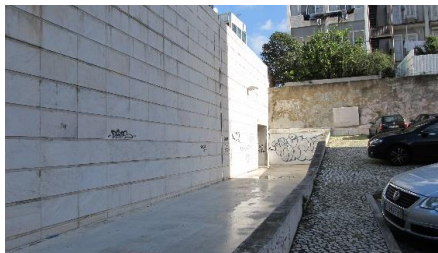

Cenário II	
Descrição: Aplicação de fachada verde (trepadeiras nos canteiros adjacentes à fachada) ou fachada viva.	
Existente	Proposta
	
Fachada sul, ala poente	
	
Fachada sul, ala nascente	
Motivações	Mais-valias
Sujidade (acumulação de partículas) Vandalismo Zona de grande tráfego pedonal Grande impacto visual	Melhoria estética Proteção da fachada (maior durabilidade) Melhoria da qualidade do ar

Tabela 5.4 – Sistema vertical proposto no acesso norte (poente).





Cenário III	
Descrição: Aplicação de fachada verde (trepadeiras enraizadas na base do paramento) ou fachada viva.	
Existente	Proposta
	
Fachada norte (entrada poente)	
	
Entrada poente	
Motivações	Mais-valias
Aspeto estético desagradável Vandalismo Elemento com grande impacto visual Elemento escuro (sobreaquecimento do local)	Melhoria estética Proteção do paramento (maior durabilidade) Melhoria da qualidade do ar Aumento do albedo da superfície

Tabela 5.5 – Sistema vertical proposto na bordadura do cais de embarque, em todo o edifício.





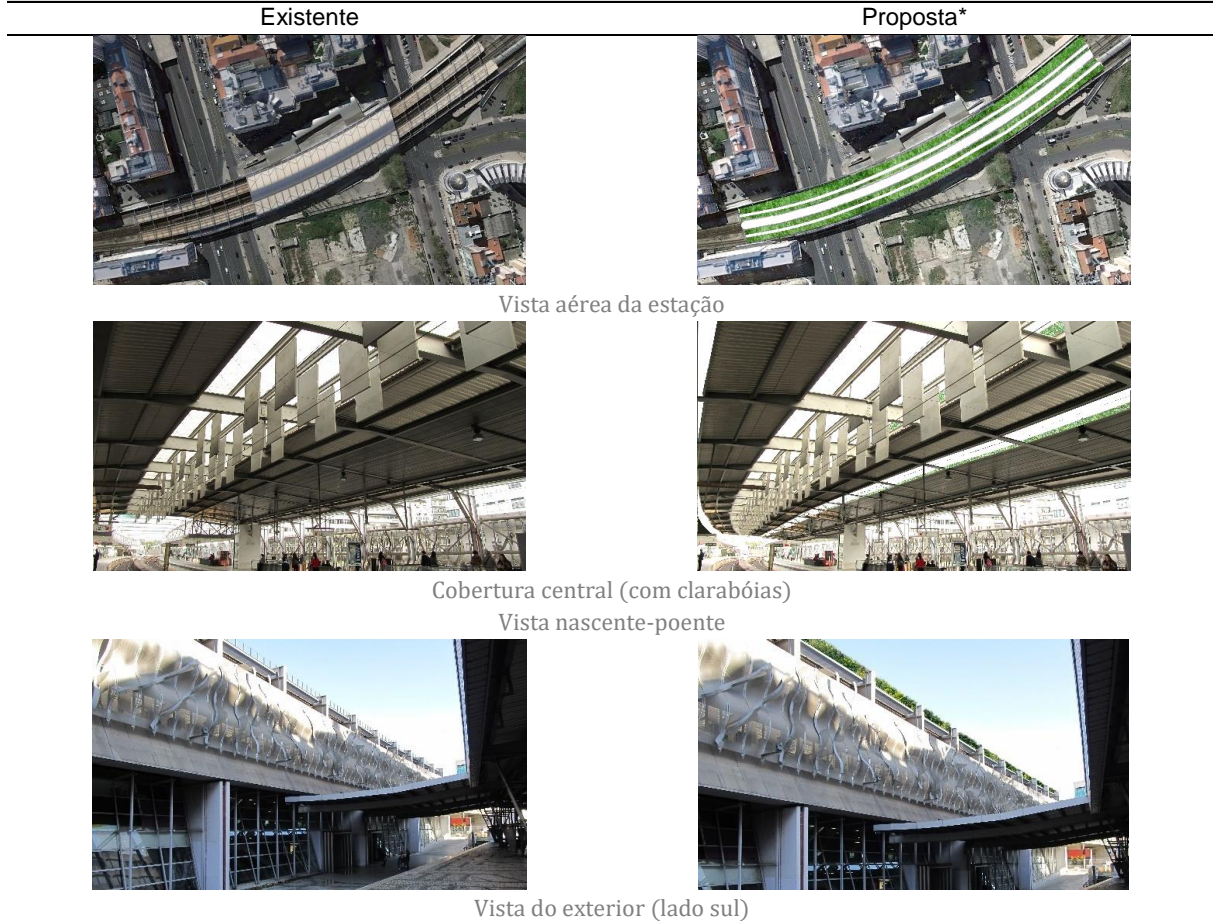
Cenário IV	
Descrição: Instalação de sistema de fachada viva ao longo do elemento imediatamente abaixo dos painéis.	
Existente	Proposta
	
Fachada norte	
	
Fachada norte (entrada principal)	
Motivações	Mais-valias
Local de entrada, grande impacto visual Manchas por escorrências (arrastamento de partículas poluentes)	Melhoria estética Retenção do escoamento Melhoria da qualidade do escoamento

Tabela 5.6 – Cobertura verde proposta no cais de embarque.

Cenário V

Descrição: Instalação de coberturas verdes extensivas tanto na cobertura central como nas quatro coberturas das extremidades (atualmente rebaixadas relativamente à primeira). As clarabóias e os painéis fotovoltaicos existentes da cobertura central seriam mantidos.

*Alternativa: substituição das coberturas de extremidade das plataformas por um sistema contínuo, semelhante ao existente na zona central. Cobertura verde extensiva, com instalação de clarabóias em toda a sua extensão.



Motivações	Mais-valias
Aspeto estético desagradável Infiltrações e entrada de precipitação *Pouca luminosidade *Pé-direito baixo nas coberturas de extremidade	Retenção da água da chuva Melhor gestão das águas pluviais Atenuação de ruído (exterior e na plataforma) Aumento da eficiência dos painéis fotovoltaicos *Luminosidade *Sensação de espaço mais amplo

NOTA: Admite-se que as soluções propostas, bem como a necessidade de manutenção, não têm interferência na catenária. A já existência de painéis solares na cobertura prevê o acesso à mesma para ações de manutenção.

Tabela 5.7 – Sistema vertical verde proposto no cais de embarque.

Cenário VI	
Descrição: Instalação de fachada verde ou fachada viva nos paramentos (norte e sul) adjacentes às linhas férreas, nas extremidades poente e nascente das plataformas.	
Existente	Proposta
	
Lado norte, extremidade poente	
	
Lado sul, extremidade nascente	
	
Vista da extremidade nascente	
Motivações	Mais-valias
Vandalismo Aspeto estético desagradável Local de espera (com elevado número de passageiros expostos)	Conforto Melhoria estética Atenuação do ruído (exterior e na plataforma) Melhoria da qualidade do ar Proteção do paramento (maior durabilidade)

Tabela 5.8 – Sistema vertical verde proposto na bordadura da mezzanine do piso 1 (estação).

Cenário VII	
Descrição: Instalação de sistema de fachada viva em toda a bordadura da <i>mezzanine</i> .	
*Alternativa: complementar com demolição parcial do centro da <i>mezzanine</i> (ver Figura 5.2b).	
Existente	Proposta*
	
Entrada norte	
	
<i>Mezzanine (zona central)</i>	
Motivações	Mais-valias
Aspeto estético desagradável *Pouca visibilidade entre pisos (insegurança) *Pouca luminosidade *Pés-direitos baixos	Melhoria estética/ conforto *Luminosidade *Organização do fluxo de passageiros (Piso 1) *Maior visibilidade/segurança

Tabela 5.9 – Sistema vertical proposto na interface comboio-metro (estação).









Cenário VIII	
Descrição: Instalação de sistema de fachada viva (sugestão) na fachada da interface comboio-metro.	
Existente	Proposta
	
Parede nascente, acesso ao metro	
	
Acesso ao metro	
Motivações	Mais-valias
Parede de grande visibilidade Elevado ruído (comboio e metro)	Melhoria estética/conforto Atenuação do ruído interior Facilidade de identificação do local de interface

Tabela 5.10 – Jardim interior proposto na ala poente do edifício da estação (piso 0).

Cenário IX	
Descrição: Espaço ajardinado (jardim interior) na ala poente do edifício da estação, atualmente desaproveitada. *Alternativa: complementar com a demolição parcial do núcleo (na imagem), sem qualquer uso, e conferir-lhe uma função que beneficie com a instalação do espaço verde (ex.: café, quiosque, espaço de lazer).	
Existente	Proposta
	
Entrada norte (lado poente)	
	
Entrada norte (este-oeste)	
Motivações	Mais-valias
Área pouco movimentada Sensação de insegurança	Melhoria estética Criação de novo espaço de convívio Sensação de segurança

Tabela 5.11 – Sistema vertical verde proposto na ala poente do edifício da estação (piso 0).

Cenário X	
Descrição: Divisória verde na ala poente do edifício da estação, com a intenção de criar um novo espaço útil (ex.: serviço de receção de compras <i>online</i> e outros, escritórios).	
Existente	Proposta
	
Ala poente	
	
Entrada norte (este-oeste)	
Motivações	Mais-valias
Área pouco movimentada Sensação de insegurança	Melhoria estética/conforto Criação de novo espaço útil Sensação de segurança





5.2 PRESSUPOSTOS DO ESTUDO DE VIABILIDADE

5.2.1 Metodologia aplicada aos cenários avaliados

O estudo de viabilidade incide apenas sobre os cenários mais representativos, para que se possam estudar com maior detalhe os custos e benefícios de cada um deles.

A tabela seguinte (Tabela 5.12) agrupa os cenários nos quatro espaços de intervenção definidos anteriormente (em 5.1) e resume os principais benefícios associados a cada um deles. A tipificação de cenários permitiu selecionar a proposta mais interessante, no sentido de englobar as características das restantes, para cada uma das categorias (a sombreado na Tabela 5.12).

Tabela 5.12 – Tipificação de cenários e principais benefícios associados.

ENVOLVENTE EXTERIOR		ENVOLVENTE INTERIOR		
Nível térreo: I, II, III	Nível elevado: IV, V	Espaços de circulação: VI, VII, VIII		Espaços de oportunidade: IX, X
Melhoria estética; Proteção da fachada.	Melhor gestão da água pluvial; Atenuação do ruído.	Sensação de conforto; Atenuação do ruído; Identificação de acessos.		Criação de novos espaços; Sensação de segurança; Melhoria estética.
II	V	VI	VIII	X
				

Para os espaços de circulação foram selecionados dois dos cenários propostos (VI e VIII), correspondentes a aplicações em locais com características distintas (plataforma e interior da estação). Selecionaram-se propostas complementares entre si e representativas da totalidade dos cenários.

A metodologia, apresentada em 3.1, foi seguida para o caso de estudo (Figura 5.3, onde, se apresentam os parâmetros quantificados). Tal como descrito em 3.3.1, foram considerados marginais alguns benefícios como o aumento do conforto térmico na estação, a mitigação da ilha de calor urbano, o aumento da biodiversidade ou a melhoria da qualidade da água escoada. Por sua vez, uma vez que a estação tem instalados painéis fotovoltaicos na cobertura (ponto 4.1), verifica-se o aumento da sua eficiência no cenário com cobertura verde (V).

Os benefícios que integram o estudo de viabilidade (secção 6.1) consideram, não só a Tabela 5.12, como também as características da estação, as suas necessidades e a representatividade dos ganhos em situações em que a instalação de infraestruturas verdes é pontual, como no caso de estudo.

Os indicadores económicos, explicitados anteriormente na secção 3.1, apresentam-se de acordo com as variáveis utilizadas no caso de estudo (VAL, TIR e PRI, nas equações 4, 5 e 6, respetivamente).

$$VAL = \sum_{t=0}^n \frac{B_t - (C_{i0} + C_t)}{(1 + TA)^t} \quad ; \quad VAL = \sum_{t=0}^n \frac{B_t - (C_{i0} + C_t)}{(1 + TIR)^t} = 0 \quad ; \quad PRI = \text{tempo para que } \sum_{t=1}^n \frac{B_t - C_t}{(1 + TA)^t} = C_{i0}$$

(4)
(5)
(6)

- n – Horizonte temporal
- B_t – Benefícios para a infraestrutura, utilizador e envolvente durante o período t (€)
- C_t – Custos de manutenção, substituição e demolição durante o período t (€)
- TA – Taxa de atualização
- C_{i0} – Custo de instalação (€)



Figura 5.3 – Proposta metodológica aplicada aos cenários avaliados.

5.2.2 Infraestrutura

5.2.2.1 Custo de instalação

Os custos de instalação adotados são validados por empresas locais, permitindo estimativas adequadas ao caso de estudo. São também apresentados os custos obtidos por revisão bibliográfica, demonstrando a coerência entre os estudos existentes e os preços atualmente praticados em Portugal.

A Tabela 5.13 reúne as médias dos custos de instalação obtidos na literatura (secção 3.2.1), nomeadamente para valores aplicados a países europeus, semelhantes aos praticados em Portugal. São apresentados apenas os valores das tipologias pertinentes em relação aos cenários estudados (5.2.1).

Os custos admitidos no estudo de viabilidade surgem destacados no decorrer do texto, para uma maior facilidade de leitura.

Tabela 5.13 – Custos de instalação médios de coberturas e fachadas verdes.

Tipologia	Custo médio de instalação (€/m ²)
Cobertura verde extensiva plana	65
Fachada verde (sistema direto - indireto)	35 - 150 (média ≈ 90)
Fachada viva (modular/contínua)	600

Os custos indicados foram validados pela Neoturf e pela Landlab (empresa portuguesa especializada na instalação e manutenção de coberturas verdes e empresa portuguesa que apresenta e desenvolve sistemas verdes, respetivamente) e pela Associação Nacional de Coberturas Verdes (ANCV).

A Tabela 5.14 apresenta um excerto do conjunto de valores disponibilizados pela Neoturf, aplicáveis a coberturas planas, em função da área e do tipo de plantas previsto para coberturas verdes extensivas. A azul, está indicada a estimativa, proporcional aos dados fornecidos, que corresponde à área de cobertura verde proposta para o caso de estudo (cenário V, ponto 5.1).

Tabela 5.14 – Custos de instalação de coberturas verdes extensivas planas (Neoturf, 2017).

Extensivas, planas 0°	Custos (€/m ²) em função da composição botânica			
	Prado de trevo	Prado florido	<i>Sedum</i> (tapete/alvéolos)	Relvado (sementeira/tapete)
Área verde (m ²)				
40	49,61	49,89	102,59/134,68	43,35/31,90
300	40,61	40,92	78,87/116,10	31,90/38,52
1000	37,91	38,23	70,98/110,70	30,84/37,22
8000	32,22*	32,50*	60,33/94,10*	26,21/31,64*

*valor estimado linearmente, de acordo com os dados existentes

As empresas alertaram para a variabilidade dos valores, de acordo com a categoria da cobertura verde, a composição botânica pretendida, a área e forma da cobertura, a presença de componentes técnicos (por exemplo painéis fotovoltaicos ou clarabóias), a localização, o tipo de sistema de rega a utilizar, o número e tipo de caixas de controlo e fiscalização, entre outros. Considerando o uso de plantas nativas de variadas espécies na cobertura verde (cenário V), obtém-se, para ordens de grandeza de 8000 m², um preço médio de instalação de 45 €/m². Tendo em conta a presença de clarabóias e painéis fotovoltaicos na cobertura existente, assumiu-se um valor final de **55 €/m²** de cobertura verde.

Relativamente a fachadas verdes com utilização de trepadeiras, a Neoturf alertou para o fato de serem necessárias obras de adaptação que prevejam, por exemplo, substrato e recipientes para a colocação das espécies. Foi admitido o custo de **90 €/m²**, de acordo com a revisão bibliográfica, apesar da grande variabilidade de soluções possíveis. Para fachadas vivas, as empresas indicaram custos na ordem dos 500 a **600 €/m²**.

5.2.2.2 Custo de manutenção

De forma análoga ao raciocínio seguido para os custos de instalação, a Tabela 5.15 indica os valores médios de manutenção para coberturas e fachadas verdes, de acordo com a bibliografia (em 3.2.2). Os custos admitidos na análise, validados pela Neoturf e pela ANCV, surgem destacados no decorrer do texto.

Tabela 5.15 – Custos de manutenção médios anuais de coberturas e fachadas verdes.

Tipologia	Custo médio de manutenção (€/m ² ano)
Cobertura verde extensiva plana	2,5
Fachada verde (sistema direto – indireto)	3
Fachada viva (modular/contínua)	20

O custo de manutenção adotado para coberturas verdes está de acordo com o custo de manutenção decenal de 26,22 €/m² (2,6 €/m² ano), apresentado do *site* do Gerador de Preços.

De acordo com as informações prestadas pela Neoturf, o custo de manutenção de fachadas vivas é de 4 €/m². mês, que se traduz em **48 €/m²** anuais. Este valor inclui 5% de perdas ao ano, isto é, considera a substituição corrente de plantas e outros componentes.

Considera-se que as perdas (substituições pontuais) em coberturas e fachadas verdes têm uma menor expressão, podendo ser incluídas nos custos de manutenção adotados (Tabela 5.15).

5.2.2.3 Custo de substituição

A Tabela 5.16 apresenta os custos médios de substituição (de acordo com 3.2.3) para coberturas e fachadas verdes. Admite-se que o custo de substituição das infraestruturas verdes inclui os custos de demolição dos componentes dos sistemas. Os valores são referentes à substituição total dos sistemas instalados, no final do período de vida útil dos mesmos (referido em 3.3.1.3). À exceção das fachadas vivas (conforme a secção anterior, 5.2.2.2), as substituições anuais são desprezáveis.

Tabela 5.16 – Custos de substituição médios de coberturas e fachadas verdes.

Tipologia	Custo médio de substituição (€/m ²)
Cobertura verde extensiva plana	50 (ano 40)
Fachada verde (sistema direto – indireto)	500 (ano 50)
Fachada viva (modular/contínua)	

5.2.2.4 Custo de demolição

Os custos de demolição médios, com base nos valores reunidos em 3.2.4, encontram-se na Tabela 5.17. A quantificação dos gastos associados à demolição de infraestruturas verdes torna-se complexa, na medida em que os custos apresentados incluem parâmetros que variam desde a remoção à renovação de componentes e, ainda, as taxas nacionais associadas ao transporte para aterro. Desta forma, como referido anteriormente (secção 5.2.2.3), os custos de demolição são incluídos nos custos de substituição.

Tabela 5.17 – Custos de demolição médios de coberturas e fachadas verdes.

Tipologia	Custo médio de demolição (€/m ²)
Cobertura verde extensiva plana	35
Fachada verde (sistema direto – indireto)	30 - 125 (média ≈ 75)
Fachada viva (modular/contínua)	200

5.2.2.5 Aumento da eficiência dos painéis fotovoltaicos

Diversos autores referiram o aumento da eficácia de painéis solares devido à presença de coberturas verdes (Vijayaraghavan, 2016). A redução da temperatura superficial das coberturas

(abordado em 3.3.3.3) beneficia o desempenho da produção de energia por parte dos painéis, especialmente nos meses de maior calor.

De acordo com ensaios realizados pela ZinCo (2016), empresa especializada em soluções para coberturas ajardinadas, a eficiência dos painéis é afetada negativamente em 0,5% por cada grau que a temperatura da superfície sobe acima dos 25°C. A bibliografia (em 3.3.1.3) indica que uma cobertura convencional ascende facilmente aos 70°C, enquanto uma cobertura verde não atinge mais de 25°C. Assim, considera-se um ganho de eficácia na ordem dos 22,5% ($45\text{ °C} \times 0,5\%$).

Segundo a informação disponibilizada pela IP, a potência estimada dos painéis fotovoltaicos instalados na cobertura da estação corresponde a cerca de 140 000 kWh anuais, cuja energia gerada é vendida à rede. Atualmente, a remuneração dos miniprodutores pela venda de energia (*DL 25/2013*) depende de uma série de fatores, entre eles, da média de preços do OMIE (Operador do Mercado Ibérico de Energia) para Portugal (mercado diário). Uma vez que se desconhece o tipo de contrato existente, considerou-se o valor mais atual, correspondente ao primeiro trimestre de 2017, de 67,26 €/MWh, segundo a Direção Geral de Energia e Geologia (*D 3/2017*).

De modo a obter uma estimativa conservativa da energia produzida, considerou-se a potência anual aplicada apenas aos meses de verão. Desta forma, para uma média diária de 384 kWh ($140\,000\text{ kWh}/365\text{ dias}$), e para 122 dias de estação quente (*D 15793-F/2013*), a potência anual considerada são 46 848 kWh. O benefício gerado pelo aumento de eficiência dos painéis fotovoltaicos traduz-se em **708,97 €/ano** ($0,225 \times 46,848\text{ MWh} \times 67,26\text{ €/MWh}$).

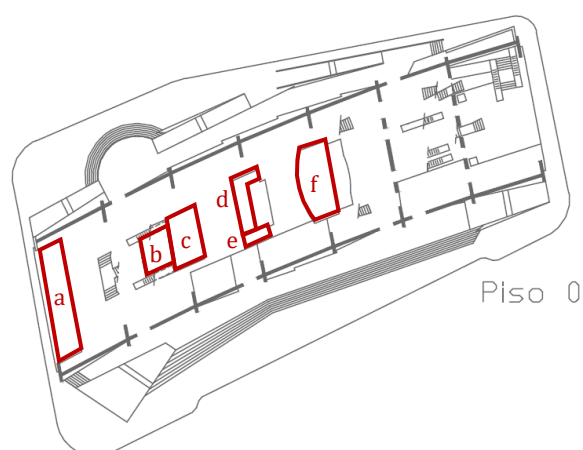
5.2.2.6 Aumento do valor da infraestrutura: espaço útil e melhoria estética

O investimento em coberturas e fachadas verdes melhora a apresentação da estação ferroviária, para além de desenvolver a curiosidade de potenciais utilizadores, mesmo não passageiros. Como tal, cria oportunidades de desenvolvimento, que acrescentam valor. Verifica-se, adicionalmente, uma maior atratividade financeira para aluguer de espaços como escritórios e comércio, importante no centro da cidade. De forma geral, a estação vê os seus recursos valorizados, no entanto, para o tipo de edifício em estudo, que pertence a um dono de obra público (IP), essa valorização não é representativa.

i. Novos espaços úteis

Atualmente, verificam-se seis espaços sem qualquer tipo de utilização na estação de Entrecampos (Figura 5.4), com potencial valor para aluguer, que perfazem cerca de 615 m². Segundo o Idealista (2017), portal de anúncios imobiliários, o preço médio de aluguer de lojas/armazéns num raio de cerca de 300 metros a partir da estação, ronda os 15,96 €/m² mensais. O valor admitido está de acordo com os valores de arrendamento apresentados pelas imobiliárias REMAX e ERA, para a zona em estudo. Admitindo apenas o aluguer da loja (270 m²) para a qual foi proposto um cenário com fachada verde (ponto 5.1, cenário X), a receita obtida corresponde a **4309,20 €/mês**. A receita mensal pelo aluguer de todos os espaços é de 9815,50 € ($615\text{ m}^2 \times 15,96\text{ €/m}^2$).

A CML poderá ser também beneficiada pelo usufruto da melhoria deste espaço central da cidade.



Áreas aproximadas (m²):
 270 (a); 115 (b); 40 (c);
 65 (d); 25 (e); 100 (f).

Figura 5.4 – Lojas com potencial de aluguer, estação de Entrecampos.

ii. *Melhoria estética*

Embora se pretenda quantificar a valorização da estação ferroviária (dimensão “infraestrutura”) devido à melhoria estética conferida por infraestruturas verdes, o elevado valor imobiliário da estação poderia gerar erros nos resultados, sobrestimando-os. Considera-se, portanto, que a infraestrutura é valorizada pela percepção e, conseqüente, disponibilidade dos utilizadores, sendo a dimensão “utilizador” que valoriza o edifício.

O Instituto da Política de Transportes de Vitória, em Austrália, estudou o conforto e a conveniência na avaliação de projetos de transportes (Litman, 2017). Segundo o instituto, os passageiros estão dispostos a pagar tarifas adicionais, ou a tolerar tempos de viagem superiores, por 10% da melhoria estética em estações ferroviárias (Tabela 5.18). A tarifa que os passageiros estão dispostos a pagar está convertida em 5 minutos de estadia na estação (a azul), dado que este foi o tempo médio de espera admitido para o caso de estudo. Alerta-se para o facto dos tempos de espera poderem ser da ordem dos 20 minutos fora das horas de ponta ou em linhas não suburbanas, embora, nesses casos, afetem um menor número de passageiros.

Tabela 5.18 – Valor do conforto numa estação ferroviária, por passageiro (adaptado de Litman, 2017).



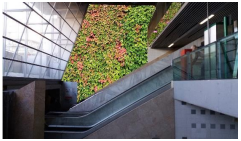

Melhoria	Tarifa adicional (€/minuto)	Tarifa adicional (€/5 minutos)	Tempo adicional (minutos/melhoria)
Aspetto do edificio	0,010 (0,5%)	0,050	0,10
Menos <i>graffitis</i>	0,005 (0,3%)	0,025	0,05
Σ	0,015	0,075	0,15

Admite-se que a instalação de infraestruturas verdes na estação de Entrecampos providencia uma melhoria estética comparável à que foi considerada no estudo anterior (10%). No entanto, para um maior rigor na quantificação do benefício, as áreas das infraestruturas verdes foram tidas em conta de forma a estimar a sua expressão na estação. Além disso, valorizaram-se os locais de instalação e as suas características, nomeadamente em termos de visibilidade e afluência de passageiros:

- Em termos de valorização da infraestrutura, consideram-se percentagens de 100%, 55% e 50% em cenários aplicados à envolvente exterior, à zona das plataformas e ao interior da estação, respetivamente.
- A visibilidade para o local de instalação dos sistemas foi tipificada em “boa”, “média” ou “má”, correspondendo, respetivamente, a 100%, 55% ou 5% de contribuição.
- Admite-se que os passageiros que valorizam a estética da infraestrutura são aqueles cujos percursos preferenciais intersectam os locais com infraestruturas verdes. Com base no trabalho de campo realizado em termos de contagem de pessoas (referido em 4.3), estimaram-se as percentagens de utilizadores associadas a cada cenário, relativamente ao total de acessos da estação ferroviária. Verificou-se que cerca de 33% dos utilizadores escolhe os acessos do lado sul (contagem nos acessos E2, E4, E7 e E8, Anexo II), onde se propõe a instalação de fachadas verdes (cenário II). Para o cenário VI, considerou-se que a totalidade dos passageiros despende tempo na plataforma. Relativamente ao cenário VIII, cerca de 39% dos passageiros dirige-se à interface comboio-metro (contagem nos acessos F13 e R15, Anexo II). Para o cenário X, admitiu-se que 12% dos passageiros se deslocam na ala nascente em que se aplica o cenário (acesso F9, Anexo II).

A tabela seguinte (Tabela 5.19) reúne as percentagens de melhoria consideradas para cada cenário avaliado, bem como o benefício anual correspondente, baseadas nos pressupostos anteriores. Admitiu-se que o impacto visual de fachadas verdes (trepadeiras) é 70% relativamente ao de fachadas vivas, pela maior densidade de plantas na segunda tipologia. O cenário V (cobertura verde extensiva) não foi considerado, na medida em que é pouco visível do exterior, exceto para edifícios vizinhos, e, por isso, tem uma importância residual na perceção dos utilizadores.

Tabela 5.19 – Benefício anual da melhoria estética conferida pelos cenários de fachadas verdes avaliados.

Cenário	II		VI		VIII		X	
								
Área (m ²)	190 (50%)		380 (100%)		10 (3%)		98 (26%)	
Classificação do local	Exterior (100%), “boa” visibilidade (100%)		Plataforma (55%), “boa” visibilidade (100%)		Interior (50%), “média” visibilidade (55%) – visível na proximidade da interface comboio-metro		Interior (50%), “má” visibilidade (5%) – visível apenas no piso 0, próximo da ala nascente	
Fachada	Verde	Viva	Verde	Viva	Verde	Viva	Verde	Viva
Melhoria na estação	3,5%	5%	4,2%	5,5%	0,58%	0,83%	0,46%	0,65%
Passageiros afetados (% do total)	33%		100%		39%		12%	
Benefício anual (€)	50 700	72 429	215 667	308 096	12 692	18 132	3 058	4 369

Refere-se que para nenhum dos cenários se obtém o valor de 100%, o que se mostra coerente tendo em conta a qualidade de vida na Austrália, superior à que se verifica em Portugal, que, por si só, influencia positivamente a predisposição dos utilizadores.

De acordo com dados fornecidos pela IP, a estação contabiliza cerca de 679 000 passageiros mensais (dados de 2015). Ainda que as estatísticas em termos de passageiros possam sofrer variações sazonais significativas, a média de passageiros foi utilizada para estimar o ganho anual dos parâmetros explicitados acima. De forma a contornar erros, e a obter resultados mais conservativos, consideraram-se 11 meses para a estimativa anual, o que perfaz cerca de 7 469 000 passageiros anualmente. Assim, os benefícios anuais de cada cenário (Tabela 5.19) obtêm-se de acordo com a tarifa adicional de 7,5 cêntimos por passageiro, em 5 minutos de espera ($(\% \text{ melhoria}/10\%) \times 7\,469\,000 \text{ pass} \times \% \text{ pass}$).

5.2.2.7 Otimização do uso da infraestrutura e procura induzida

Prevê-se que a maior atração visual conferida pelas soluções propostas (secção 5.2.1) e a criação do novo espaço útil na ala poente (cenário X) gerem uma procura crescente na estação ferroviária, principalmente em termos de não passageiros. Desta forma, a melhor rentabilização de espaços e a exploração do edifício permitem o aumento das receitas, valorizando a infraestrutura.

Apesar da importância desta secção, a mesma não é tida em consideração no decorrer do trabalho, dada a complexidade em estudar modelos que traduzam a evolução da procura (referida em 3.3.1.2).

5.2.2.8 Aumento do período de vida útil dos revestimentos

Como se referiu em 3.3.1.3, as coberturas e fachadas verdes protegem os elementos onde são instaladas, por deixá-los menos expostos. A grande maioria dos autores contabiliza este benefício tendo em conta o aumento do período de vida útil dos materiais, que permite menores frequências de substituição, evitando esses custos.

Na estação de Entrecampos, os cenários avaliados na envolvente exterior aplicam-se a paramentos de betão revestidos a pedra (cenário II) e à cobertura da estação (cenário V), que é do tipo industrial com elementos metálicos e prefabricados. Por este motivo, e dado que não se verificaram elementos em falta nas fachadas, o ganho em termos de substituição de membranas ou de revestimentos não se aplica ao caso de estudo.

A menor poluição nos elementos e a proteção contra atos de vandalismo beneficia o aspeto da infraestrutura e pode reduzir custos de manutenção e de limpeza. Ainda assim, admite-se que a poupança em termos de limpeza não é significativa face à manutenção associada a infraestruturas verdes.

5.2.2.9 Empregabilidade e criação de novos postos de trabalho

O PIB (Produto Interno Bruto) *per capita*, no ano de 2015, foi de 17 333,30 € (PORDATA, 2017). Uma vez que o parâmetro estima aquilo que foi produzido pelo país, por pessoa empregada, o aparecimento de novas oportunidades de emprego gera um benefício social.

De acordo com a bibliografia (ponto 3.3.1.4), em média, a instalação de coberturas verdes emprega $1,251 \times 10^{-4}$ pessoas/m² de cobertura, anualmente. Por falta de informação relativa a fachadas verdes, o valor anterior foi admitido também para esses sistemas.

O valor gerado pela empregabilidade associada a sistemas de infraestruturas verdes estima-se em **2,17 €/m².ano** ($1,251 \times 10^{-4}$ pessoas/m² x 17 333,30 €/ano).

A criação de novos postos de trabalho de forma indireta, associada, por exemplo, ao aluguer de novos espaços, não foi contabilizada por depender do uso previsto para cada espaço.

5.2.3 Utilizador

5.2.3.1 Aumento da satisfação do cliente

O valor do conforto/satisfação é um parâmetro de difícil quantificação, na medida em que depende fortemente da perceção dos utilizadores. Apesar disso, é um dos critérios chave para avaliação da “caminhabilidade” ou *walkability*, isto é, da acessibilidade e atratividade de ambientes construídos.

Tal como todas as variáveis que dependem da perceção dos utilizadores, é recorrente quantificar a sensação de conforto e satisfação dos utilizadores com o auxílio de inquéritos no local de estudo. No entanto, não foi escolhida essa via por se tratar de um processo moroso (não compatível com o tempo disponível para a realização desta tese), que deve abranger um número considerável de passageiros, de diferentes características, para se tornar representativo.

De acordo com a bibliografia (em 3.3.2.1), em média, 80% dos inquiridos estão dispostos a despende cerca de 101 €/ano para que haja a melhoria e/ou criação de espaços verdes em ambientes urbanos. Foram considerados os valores obtidos por autores cujos objetos de estudo, e os resultados correspondentes, se verificaram menos díspares.

Adicionalmente, a bibliografia (3.3.2.1) refere que a contribuição dos inquiridos nem sempre se mantém ao longo do período de vida útil dos investimentos. Desta forma, estima-se que a disponibilidade dos passageiros se mantenha durante os primeiros 10 anos após a aplicação de infraestruturas verdes. Este período foi admitido com base nos seguintes pressupostos:

- Metas sustentáveis que têm surgido em vários países, incluindo Portugal, que têm consciencializado a população para a importância da qualidade ambiental. Para já, o planeamento desses objetivos estende-se até ao ano 2030, período em que se considera que os espaços verdes urbanos continuem a ser valorizados de igual forma.
- Fator “novidade”, que se admite ser crucial para a contribuição da população. O *site* do Gerador de Preços orçamenta apenas os primeiros 10 anos de manutenção, que se consideram corresponder à fase mais atrativa deste tipo de soluções.

Os cenários avaliados na estação de Entrecampos não correspondem a espaços verdes, tendo menos benefícios associados do que, por exemplo, parques ou jardins urbanos. Ainda assim, por se tratar de um local de referência no centro da cidade, sem zonas verdes na envolvente e com grande potencial em termos de aproveitamento de espaço, considera-se que a aplicação pontual de infraestruturas verdes na estação possibilita 50% dos benefícios associados a espaços verdes. Desta forma, obtém-se um benefício de 50 €/(passageiro.ano), durante os primeiros 10 anos.

Assume-se que cada passageiro utiliza a estação duas vezes por dia útil (ida e volta). Admitindo cerca de 679 000 passageiros mensais (dados da IP para 2015, de acordo com o ponto 5.2.2.6i), obtém-se 15 432 indivíduos distintos ($679\,000 / (2 \times 22)$), dos quais 80% se consideram dispostos a

contribuir para o aumento da sensação de bem-estar na estação. Desta forma, o benefício base gerado são 617 280 €/ano (0,8 x 15 432 pass x 50 €).

A Tabela 5.20 indica a percentagem do valor base admitida para cada cenário, de acordo com a área verde prevista, com o número de passageiros afetados e com o conforto gerado pelos principais benefícios de cada um:

- Em termos de passageiros, consideram-se as percentagens atribuídas na secção 5.2.2.6, de acordo com as contagens efetuadas em trabalho de campo, que consideram os caminhos preferenciais dos utilizadores.
- Relativamente à perceção de conforto, gerada também pelos benefícios associados a cada cenário, atribui-se um peso de 1/4 a cada benefício isolado. O benefício estético não foi considerado no aumento de bem-estar, na medida em que foi quantificado anteriormente (em 5.2.2.6) recorrendo à perceção e disponibilidade dos utilizadores (método análogo).

Tabela 5.20 – Benefício anual do aumento da satisfação do cliente com a instalação de infraestruturas verdes.

Cenário	II	V	VI	VIII	X
Tipologia	Fachada verde/viva	Cobertura verde extensiva	Fachada verde/viva	Fachada verde/viva	Fachada verde/viva
Área (m ²)	190 (2%)	8 000 (100%)	380 (5%)	10 (0,1%)	98 (1%)
Benefícios geradores de satisfação	---	Conforto térmico, menos infiltrações, atenuação do ruído (3/4)	Conforto térmico, atenuação do ruído (2/4)	Atenuação do ruído (1/4)	Atenuação do ruído (1/4)
Passageiros afetados (% total)	33%	100%	100%	39%	12%
% do valor base	---	75%	2,5%	0,06%	0,03%
Benefício anual (€)	---	462 960	15 432	3 704	1 852

5.2.3.2 Atenuação do ruído no interior da estação

O ruído associado ao transporte ferroviário, com consequências a nível local, constitui uma externalidade da avaliação económica de projetos no sector dos transportes. Os custos dos danos motivados pelo ruído dependem da sensibilidade dos utilizadores. Como tal, por norma são contabilizados os custos da sua redução, como se verifica adiante, em 5.2.4.1, em que se trata a atenuação de ruído para o exterior. Ainda assim, é possível quantificar os custos em termos de desconforto e inconveniência, problemas de saúde ou, ainda, em termos de restrições ao nível da ocupação do território.

A Tabela 5.21 mostra os valores padrão dos custos do ruído ferroviário aplicados em Portugal, por pessoa exposta, para vários níveis de exposição. Na tabela, está destacada a gama de ruído que mais se verifica na estação ferroviária de Entrecampos, de acordo com as medições apresentadas anteriormente, em 4.5.3.

Tabela 5.21 – Valores padrão do custo de ruído ferroviário por pessoa exposta (adaptado de CE Delft, 2011).

Classe de nível de ruído [dB(A)]	50 – 55	55 – 60	60 – 65	65 – 70	70 – 75	> 75
Nível de ruído médio [dB(A)]	52,5	57,5	62,5	67,5	70,2	---
			65			
Custo anual (€/pessoa)	15	15	53	91	164	232
Custo anual médio (€/pessoa)			72			

Nota: custos para Portugal (2008) €₂₀₀₈.

Admitindo uma capacidade de redução de ruído em cerca de 5 dB para fachadas vivas, conforme estudado em 3.3.3.1, e de cerca de 2 dB para fachadas verdes (com trepadeiras), calcula-se o custo correspondente às percentagens de redução. Para um nível sonoro médio correspondente a 65 dB, associado a 72 €/passageiro (Tabela 5.21), verificam-se ganhos anuais de 5,54 €/passageiro (72 € x 7,7%) para fachadas vivas e de 2,22 €/passageiro (72 € x 3%) para fachadas verdes.

A atenuação do ruído no interior da estação relaciona-se, maioritariamente, com os cenários VIII (interface com o metro) e X (novo espaço útil), apresentados em 5.1. De forma a obter uma estimativa conservativa, admite-se que os passageiros beneficiados são aqueles cujos percursos preferenciais intersectam os locais com fachadas verdes.

Analogamente ao raciocínio seguido anteriormente, em 5.2.3.1, admitem-se 15 432 passageiros distintos na estação. Tal como em 5.2.2.6, com fundamento no trabalho de campo, admite-se que 39% dos passageiros se dirigem à interface comboio-metro, gerando um benefício anual de **13 361 €** (0,39 x 15 432 pass x 2,22 €/pass) a **33 343 €** (0,39 x 15 432 pass x 5,54 €/pass) para o cenário VIII, consoante o sistema de fachada verde adotado. Relativamente ao cenário X, admite-se que 12% dos passageiros, equivalentes a 1 852 utilizadores, são beneficiados, obtendo benefícios anuais de **4 112 €** (1 852 pass x 2,22 €/pass) a **10 260 €** (1 852 pass x 5,54 €/pass). Esta estimativa não considera os novos postos de trabalho que surgem da criação do novo espaço, bem como novos utilizadores que poderão recorrer aos novos serviços (procura crescente).

5.2.3.3 Atenuação do ruído nas plataformas

O benefício associado à atenuação do ruído nas plataformas é incluído na quantificação da atenuação do ruído ambiente (em 5.2.4.1). Uma vez que, no caso de estudo, a zona das plataformas é aberta, considera-se que o ruído é exterior. Para além disso, a quantificação do ruído ambiente inclui um raio de ação que contempla toda a área da estação e, portanto, as zonas abertas da mesma.

5.2.3.4 Qualidade do ar na estação

O Protocolo de Quioto é o tratado internacional que pretende limitar as emissões de gases com efeito de estufa dos países desenvolvidos. Uma das suas características é a introdução da diferenciação entre metas de redução nos diferentes países (APA, 2017). Para isso, são utilizados mecanismos de mercado que auxiliam a concretização das metas acordadas, permitindo direitos de emissão adicionais que signifiquem formas mais eficientes de atingir os objetivos pretendidos.

O comércio europeu de licenças de emissão (CELE) é um mecanismo flexível, previsto no Protocolo de Quioto, que constitui um mercado de regulação das emissões de gases de efeito de estufa

(GEE). Este mecanismo permite a possibilidade de compra e venda de licenças de emissão pelas empresas dos países participantes e insere-se na estratégia de luta contra as alterações climáticas. Cada licença equivale a 1 tonelada de CO₂equivalente, sendo que há métodos de conversão de outros poluentes em unidades equivalentes a dióxido de carbono, consoante o seu potencial de aquecimento global (*GWP* em inglês). Anualmente, as licenças correspondentes à quantidade real de emissões são entregues, havendo a possibilidade de os países negociarem o excedente das metas de emissões entre si, ainda que a negociação continue a prever medidas de redução efetivamente implementadas.

O preço do CO₂ é estabelecido em função da oferta e da procura e é, tipicamente, acordado através de negociações entre as partes interessadas, não estando disponível publicamente. Segundo a Investing, as emissões de carbono têm o valor médio de 5,47 €/ton, tendo em conta as variações do último ano (de março 2016 a março 2017).

Tendo em conta o potencial de redução/absorção de poluentes e de CO₂ por parte de coberturas verdes (em 3.3.2.4) estima-se o benefício anual associado a essa redução (Tabela 5.22). Com base na bibliografia, considera-se que o benefício associado à instalação de fachadas verdes representa cerca de 65% (50 a 80%) desse valor.

Tabela 5.22 – Benefício anual da absorção de poluentes.

	NO ₂	CO ₂
Absorção anual (kg/m ²)	0,0072 a 0,10	0,378 a 6,47
<i>GWP</i>	298	1
CO ₂ equivalente (kg/m ²)	2,15 a 29,8	---
Valor CO ₂ (€/ton)	5,47 (5,47 x 10 ⁻³ €/kg)	
	0,011 a 0,16	+ 0,002 a 0,035
Benefícios anual (€/m ²)	0,01 a 0,20 (média 0,11)	

Apenas foi possível obter o *GWP* correspondente ao NO₂, subestimando o benefício anual. Dado que se trata de um problema de saúde pública, podia ter sido considerada a redução das despesas de saúde associadas à melhoria da qualidade do ar. No entanto, os efeitos dos poluentes dependem da sensibilidade dos indivíduos, do seu estado de saúde e de predisposições genéticas, o que dificulta a avaliação dos mesmos, sabendo-se apenas que potenciam problemas respiratórios ou cardíacos.

Informação adicional:

Recentemente, um estudo de Joël Guiot e Wolfgang Cramer (2016) alertou para a necessidade de atenuação das alterações climáticas. Segundo os autores, a preservação do clima mediterrâneo requer a redução das emissões de CO₂ para que se atinjam níveis de temperatura global máximos de 1,5°C acima dos níveis pré-industriais. Caso contrário, prevê-se a desertificação, entre outros, de parte do território português, com efeitos económicos ao nível da migração de pessoas e animais. No seguimento deste tema, o Acordo de Paris, em vigor desde 4 de novembro de 2016, é a medida mais recente no sentido de minimizar o aquecimento global. Trata-se de um pacto universal, que visa substituir o Protocolo de Quioto em 2020, ratificado pelos países que representam 55% das emissões mundiais de gases com efeito de estufa, incluindo Portugal.

5.2.4 Envolvente

5.2.4.1 Atenuação do ruído ambiente

Como referido na secção 4.5.3, o ruído assume-se como uma preocupação recorrente em cidades. O RGR (Regulamento Geral do Ruído) prevê a elaboração de planos municipais de redução de ruído para municípios com uma população residente superior a 100 000 habitantes e com uma densidade populacional acima dos 2500 hab/km². A cidade de Lisboa, com 547 733 mil habitantes (Censos 2011), constitui uma das cidades sujeita à elaboração de mapas estratégicos de ruído. Desta forma, o PAR de Lisboa assegura a gestão do ruído, com vista à minimização dos seus efeitos e à melhoria qualidade de vida da população residente.

De acordo com o PAR (Plano de Ação do Ruído) de Lisboa, estão previstas 3 fases de intervenção, de 5 em 5 anos, no valor de 3M € cada, que constituem medidas de redução do ruído em áreas prioritárias. A freguesia das Avenidas Novas, à qual pertence a interface de Entrecampos (ponto 4.1), constitui uma das zonas desconformes, tal como se mostrou nos Mapas de Conflito em 4.5.3. As medidas propostas para esta zona (≈ 800 mil m²), estimadas num investimento de 566 910 €, são as enumeradas de seguida: renovação do parque automóvel; pavimento; reperfilamento; controlo de velocidade (já implementado); e promoção de utilização de transportes públicos/alternativos.

O PAR estima que as medidas anteriormente identificadas contribuem para reduções de ruído de 5 dB a 10 dB na zona em causa. A instalação de coberturas e/ou fachadas verdes, em média, atenua o ruído de 2 a 10 dB (secção 3.3.3.1), o que gera um benefício equiparável ao das medidas de intervenção.

A atenuação do ruído para a envolvente foi considerada apenas nos cenários V e VI (cobertura verde extensiva e fachada verde, respetivamente), por se tratarem de propostas ao nível do cais de embarque, com influência direta no ruído emitido para o exterior. Uma vez que o local das plataformas tem aberturas consideráveis para o exterior, considera-se uma menor capacidade de redução do ruído. É de salientar que, como referido, a capacidade de atenuação do ruído de infraestruturas verdes é da ordem de grandeza da conseguida pelas propostas do PAR, no entanto, a assunção de uma menor redução de decibéis funciona como média entre os locais abertos e os que têm sistemas verdes. Para o cenário da cobertura (8 000 m²), admite-se uma redução de ruído que representa cerca de metade da conseguida pelas propostas do PAR (\approx até 5 dB). Relativamente ao cenário VI, com paredes verdes nas extremidades da plataforma (380 m²), considera-se, proporcionalmente ao cenário anterior, uma redução de 5% da prevista pelo plano de ação (\approx até 0,5 dB).

O benefício considerado corresponde à diferença entre os cenários propostos e a intervenção prevista (PAR), isto é, ao investimento por m² ($566\,910\ \text{€}/800\,000\ \text{m}^2 = 0,71\ \text{€/m}^2$) associado a medidas de intervenção que seriam dispensáveis. O valor unitário do investimento é relevante na medida em que a área beneficiada tem menor dimensão no segundo caso, que contempla apenas soluções pontuais na estação e não ao nível da freguesia.

Desta forma, assume-se um raio de 100 m na envolvente da estação, que equivale a um limite de 31 416 m² de área beneficiada. A área foi definida com base no ponto 4.5.3, em que se refere a presença de elevados níveis de ruído ferroviário até, no mínimo, 100 m das ferrovias, que se admite ser atenuado pela presença de infraestruturas verdes. Assim, o benefício associado ao não

investimento proposto pelo PAR, perfaz cerca de **11 153 €** para o cenário V ($0,71€ \times 31\,416\text{ m}^2 \times 50\%$) e **1 115 €** para o cenário VI ($0,71€ \times 31\,416\text{ m}^2 \times 5\%$).

Uma vez que a interface de Entrecampos constitui um local crítico da freguesia, tanto pelo tráfego rodoviário na Av. da República (zona crítica, de acordo com o ponto 4.5.3) como pelo acréscimo do ruído ferroviário e dos passageiros dentro e na envolvente da estação, considera-se que esta constitui uma estimativa conservativa. Isto é, considera-se que a população beneficiada pelas medidas propostas no PAR estaria maioritariamente situada na envolvente da interface de Entrecampos.

5.2.4.2 Gestão de águas pluviais

A capacidade de retenção e atraso do escoamento de águas pluviais conferida pela instalação de infraestruturas verdes (essencialmente em coberturas) permite uma menor sobrecarga dos sistemas de drenagem, para além de reduzir o risco de cheias.

Estes benefícios têm bastante importância na zona do caso de estudo que, como se referiu no ponto 4.1, apresenta uma vulnerabilidade elevada face a inundações. Contudo, a instalação de coberturas verdes num local pontual, não se revela competitiva face às medidas propostas pela CML no Plano Geral de Drenagem de Lisboa, que desenvolve soluções alternativas para diversas bacias da cidade, até 2030. Além disso, dado que a maioria da rede de drenagem da cidade de Lisboa é do tipo unitário, a problemática do controlo dos riscos de inundação revela-se especialmente difícil.

Posto isto, foi apenas quantificado o valor do volume de água que não intercepta os sistemas de drenagem por ficar retido nas coberturas verdes. A capacidade de atraso do escoamento não foi considerada, por este ser um benefício mais relevante em fenómenos de precipitação intensa, na iminência de cheias.

Segundo a matriz da água do concelho de Lisboa (2014), disponibilizada pela CML, a água residual tratada corresponde a $93,4\text{ M m}^3$ e a água devolvida ao ambiente (evaporada, infiltrada e pluvial) a $84,4\text{ M m}^3$. Considera-se que a água devolvida ao ambiente provém apenas da precipitação, enquanto a água tratada deriva da água utilizada pelo concelho ($60,6\text{ M m}^3$), da água residual proveniente de outros municípios ($22,4\text{ M m}^3$) e do excedente correspondente à precipitação. Uma vez que se contabilizaram $94,8\text{ M m}^3$ precipitados, a porção de água pluvial reutilizada/tratada corresponde a $10,4\text{ M m}^3$, ou seja, 11,1% da precipitação total, equivalente a 10,9% da água tratada. Para uma maior facilidade de compreensão, o esquema simplificado da matriz de água está representado de seguida (Figura 5.5).

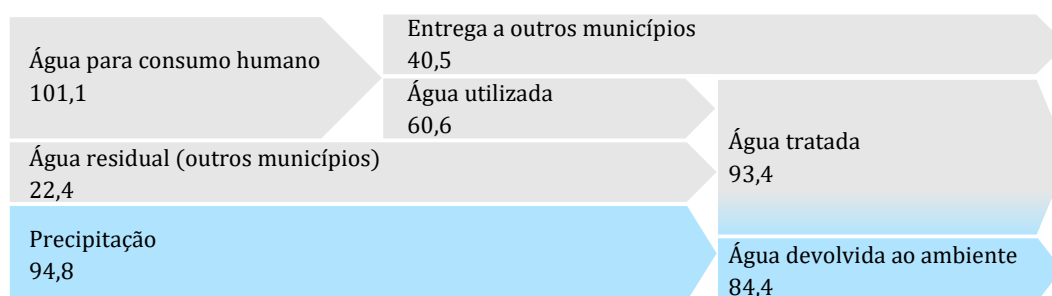


Figura 5.5 – Matriz simplificada da água de Lisboa, em milhões de m^3 (dados de 2014, CML).

A SIMTEJO (Saneamento Integrado dos Municípios do Tejo e Trancão), é a empresa responsável pela gestão, recolha e tratamento das águas residuais de Lisboa. A consulta dos últimos

Relatório e Contas desta entidade permite obter a evolução dos volumes de água residual tratada, bem como os gastos operacionais que decorrem da sua atividade (Tabela 5.23).

Os dados que constam nos relatórios da SIMTEJO, relativos a todos os subsistemas, foram cruzados com os da CML, de forma a serem obtidos custos operacionais aplicados apenas ao concelho de Lisboa, admitindo que o custo de tratamento por m³ é semelhante em qualquer das estações.

Tabela 5.23 – Cálculo do custo médio operacional da precipitação no concelho de Lisboa.

Ano	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Água residual tratada (M m ³)	95,838	109,660	118,067	111,763	122,891	135,133
Água residual tratada Lisboa (M m ³)	66,844	73,685	83,051	78,587	84,857	93,373
C operacionais (€)	32 935 106	35 706 047	37 379 993	36 978 815	40 619 450	40 834 239
C operacionais, Lisboa (€)	22 971 204	23 992 341	26 293 933	26 001 934	28 047 982	28 215 279
C operacionais, Lisboa (€/m ³)	0,34	0,33	0,32	0,33	0,33	0,30
C médio operacional, Lisboa (€/m ³)	0,33					
C médio oper. precipitação, Lisboa (€/m ³)	0,33 x 0,111 = 0,037					

Admitiu-se que o custo de tratamento por m³ é constante (0,33 €/m³), qualquer que seja a origem da água. Num caso real, sabe-se que o tratamento de água pluvial implica menores custos, no entanto, não existe nenhuma indicação desses valores. Ainda assim, como se verificaram percentagens reduzidas de água pluvial tratada (10,9% em 2014), a diferença de custos considerou-se desprezável.

O site da PORDATA disponibiliza os dados da precipitação total em Lisboa nos últimos anos. Os valores da base de dados foram aplicados à área da cobertura da estação de Entrecampos, de forma a contabilizar o volume precipitado sobre o local de estudo (Tabela 5.24). De acordo com a bibliografia (em 3.3.3.6), admitiu-se que 55% desse volume é retido pela cobertura verde. Adicionalmente, considerou-se que a totalidade da precipitação sobre a cobertura interceta os sistemas de drenagem, com perdas desprezáveis para o ambiente, e, portanto, integra os 11,1% de precipitação tratada.

Tabela 5.24 – Benefício anual proveniente da diminuição do volume de águas pluviais tratadas.

Ano	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Precipitação Lisboa (mm)	587,1	346,1	466,7	489,4	816,5	656,8	572,4	433,1	703,6	415,0	728,0
A cobertura, estação (m ²)	≈ 8 000*										
V precipitação, estação (m ³)	4697	2769	3734	3916	6532	5254	4580	3465	5629	3320	5824
V prec. médio, estação (m ³)	4520										
V retido, cobertura verde (m ³)	4520 x 0,55 = 2486										
Benefício anual (€)	2486 x 0,33 = 820,38										

*Área mínima, considerando a instalação de cobertura verde na estrutura existente (sem prolongamento).

Como se verifica, o gasto operacional da precipitação corresponde aos **0,33 €/m³**, considerando que a totalidade do escoamento não retido pela cobertura se dirige ao sistema de drenagem.

Chama-se a atenção para o fato do município ter um benefício superior ao da empresa de tratamento de águas, uma vez que paga uma tarifa de cerca de 0,49 €/m³ de água tratada. Anualmente, obtém-se o benefício de 1218,14€.

Para além do benefício estimado, recorda-se que existe um benefício associado ao maior conforto dos passageiros durante os tempos de espera, uma vez que se verificaram problemas de entrada de água nas zonas da plataforma (secção 4.5.1). A retenção e o atraso do escoamento das águas pluviais permitem reduzir e regularizar a intensidade das infiltrações para o cais de embarque.

5.2.5 Resumo de custos e benefícios

A Tabela 5.25 agrupa os benefícios correspondentes aos cenários avaliados, bem como a sua quantificação. Por sua vez, a Tabela 5.26 reúne os custos e benefícios que dão origem aos fluxos de tesouraria durante o período de análise das propostas.

Tabela 5.25 – Quadro-resumo da quantificação de benefícios dos cenários avaliados.











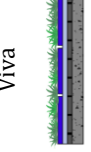

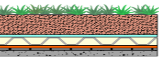
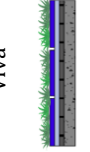

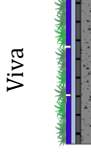





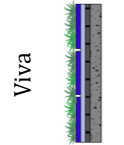
Cenários		II		V		VI		VIII		X			
Situação atual													
Proposta													
Área verde (m ²)		50 x 2 + 45 x 2 poente (imagem) + nascente; NOTA: a altura de vegetação pode variar de 2 a 10 metros.		8 000 com corredor de clarabóia de 100 x 9; ALTERNATIVA (imagem): prolongar a cobertura central ⇒ 10 000 e 300 x 9.		2 x (50 x 2 + 45 x 2) norte-poente (imagem); norte-nascente; sul-poente; sul-nascente.		10		35 x 2,80 (parede divisória para criação de novos espaços úteis)			
Tipologia (fachadas verdes diretas ou indiretas; fachadas vivas modulares ou contínuas coberturas extensivas)		 Viva  Verde		Extensiva plana, (painéis fotovoltaicos na metade sul da cobertura) 		 Viva  Verde		 Viva  Verde		 Viva  Verde			
Benefícios	INFRA.	Painéis fotovoltaicos (% eficiência)		---		+ 22,5%		---		---			
		Criação de novos espaços úteis (m ²)		---		---		---		270			
		Melhoria estética (%)		5		3,5		---		5,5		4,2	
		Empregabilidade (homens/m ²)		← 1,251x10 ⁻⁴ →									
	UTIL.	Satisfação/conforto (escala 0 - 4)		← 2 pontos (média) →									
		Atenuação do ruído interior (dB)		---		---		---		≈ 5		≈ 2	
		Qualidade do ar (kg/m ²)		← Absorção anual: 0,0072 a 0,10 (NO ₂); 0,378 a 6,470 (CO ₂) →									
	ENV.	Atenuação do ruído ambiente (dB)		---		Até 5		Até 0,5		---		---	
Retenção de águas pluviais (%)		---		55		---		---		---			

Tabela 5.26 – Quadro-resumo dos custos e benefícios monetários dos cenários avaliados.

Cenários		II		V		VI		VIII		X									
Proposta																			
Área verde aproximada (m ²)		190		8 000		380		10		98									
Tipologia (fachadas verdes, diretas ou indiretas; fachadas vivas modulares ou contínuas coberturas extensivas)		 Viva		 Verde		Extensiva plana 		 Viva		 Verde		 Viva		 Verde		 Viva		 Verde	
Custos	INFRA.	Instalação (€/m ²)		600	90	55	600	90	600	90	600	90	600	90					
		Manutenção (€/m ² ano)		48	3	2,50	48	3	48	3	48	3	48	3					
		Substituição (€/m ²)		500		50	500		500		500								
		Demolição (€/m ²)*		200	75	35	200	75	200	75	200	75	200	75					
Benefícios	INFRA.	Painéis fotovoltaicos (€/ano)		---	---	708,97	---	---	---	---	---	---	---						
		Criação de novos espaços úteis (€/mês)		---	---	---	---	---	---	---	---	---	4309,20						
		Melhoria estética (€/ano)		72 429	50 700	---	308 096	215 667	18 132	12 692	4 369	3 058							
		Empregabilidade (€/ano)		513		21 600	1 026		27		264,60								
	UTIL.	Satisfação do cliente/conforto (€/ano)		---		462 960	15 432		3 704		1 852								
		Atenuação do ruído interior (€/ano)		---	---	---	---	---	33 343	13 361	10 260	4 112							
		Qualidade do ar (€/ano)		13,59		880	27,17		0,72		7,01								
		ENV.	Atenuação do ruído ambiente (€)		---	---	11 153	1 115		---	---	---	---						
Retenção de águas pluviais (€/ano)			---	---	820,38	---	---	---	---	---	---								

*os custos de demolição não foram considerados na análise. Admite-se a substituição total dos sistemas verdes, cujo custo (no último ano) inclui a demolição dos componentes. Esta assunção, para além de conservativa, evita erros provenientes da grande variabilidade de valores associada a custos de demolição.

6 RESULTADOS DA ANÁLISE

6.1 ESTUDO DE VIABILIDADE

6.1.1 Parâmetros financeiros

i. Horizonte temporal

O horizonte temporal traduz-se no período para o qual são fornecidas previsões do projeto, considerando o seu potencial a médio ou longo prazo. Devem ser considerados todos os anos de exploração, até ao apuramento do seu valor residual. Desta forma, o número de anos adotado cobre o período de vida útil associado à instalação de infraestruturas verdes, que se revela superior ao de soluções tradicionais (ponto 3.3.1.3). A avaliação comparativa incidiu sobre um período de 40 anos para coberturas verdes e de 50 anos para os casos de cenários com fachadas verdes.

ii. Taxa de atualização

Os fluxos de tesouraria ou cash-flows (Equação 7) devem ser atualizados para o cálculo dos indicadores económicos (explicitados em 3.1). A taxa de atualização (Equação 8), também designada por custo de oportunidade do capital ou taxa mínima de rentabilidade do empreendimento, é afetada pela taxa de rendimento, pela taxa de risco e, quando pertinente, pela taxa de inflação.

$$CF_t (\text{€}) = \frac{B_t - (C_{i0} + C_t)}{(1 + TA)^t} \quad ; \quad TA = (1 + T_{\text{rendimento}})(1 + T_{\text{risco}})(1 + T_{\text{inflação}}) - 1$$

(7) (8)

B_t – Benefícios financeiros (eficiência dos painéis fotovoltaicos), económicos (novos espaços úteis, estética, satisfação do cliente, ruído interior) e socioambientais (empregabilidade, qualidade do ar, ruído ambiente, escoamento de águas pluviais) durante o período t ;

C_{i0} – Custo de instalação (ano 0 = 2017);

C_t – Custos de manutenção e substituição/demolição durante o período t ;

$T_{\text{rendimento}}$ – Corresponde à remuneração real desejada para os capitais próprios. Geralmente, é utilizada a taxa de juro sem risco, que reflete a remuneração de ativos isentos de risco. Foi admitida a taxa de acordo com as *bund* alemãs, equivalentes às obrigações do tesouro (OT) portuguesas, que são referência na zona Euro. Segundo o *site* do Investing, a taxa de rendimento a 10 anos é de 0,234% (em 07/04/2017);

T_{risco} – Consiste no prémio anual de risco. Admitindo um investimento de médio risco, considerou-se a taxa de 2,5% (E-konomista, 2017);

$T_{\text{inflação}}$ – Utilizada no caso de fluxos monetários a preços correntes, isto é, inflacionados. Assumiu-se uma taxa total de 0,6%, de acordo com o valor médio para Portugal, em 2016 (PORDATA, 2017).

A taxa de atualização obtida, de acordo com as componentes que a constituem, é de 3,36%. De acordo com o Regulamento Delegado (EU) nº 480/2014, a taxa de atualização de referência para investimentos públicos corresponde a 4%. O valor assumido é, portanto, associado a uma taxa baixa, que implica uma maior valorização dos benefícios futuros, aumentando a atratividade do investimento.

6.1.2 Análise financeira

As Figuras 6.1 e 6.2 mostram os fluxos monetários atualizados não acumulados e acumulados, respetivamente, para os cenários avaliados (II, V, VI, VIII, X). Os cenários correspondentes a fachadas (II, VI, VIII, X) referem-se apenas à instalação de fachadas vivas, por motivos de clareza de informação. Os fluxos dos cenários com fachadas verdes trepadeiras (II,t; VI,t; VIII,t; X,t) apresentam-se de seguida (Figuras 6.3 e 6.4). As tabelas (IV.1 a IV.9) com os fluxos monetários de cada cenário estão no Anexo IV.

A análise dos gráficos permite concluir que, qualquer que seja o cenário, o investimento em infraestruturas verdes na estação de Entrecampos se revela inviável financeiramente. Os resultados são os esperados, na medida em que, à exceção do cenário com cobertura verde (V), os fluxos de entrada são todos negativos, representando exclusivamente custos. Por sua vez, relativamente ao cenário V, o benefício gerado pelo aumento da eficiência dos painéis solares não é representativo, sendo que não revela qualquer tendência de recuperação do investimento.

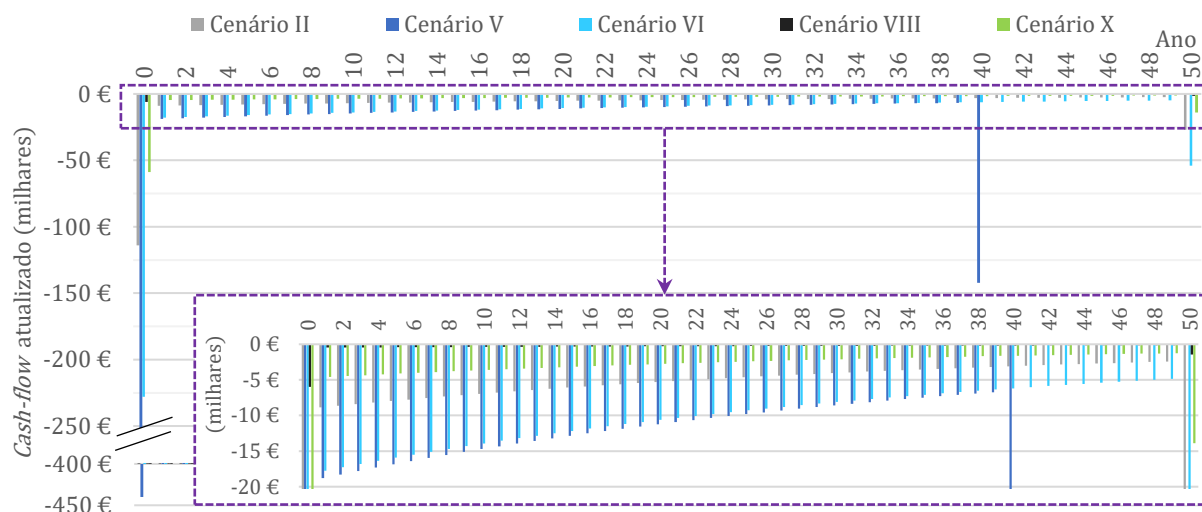


Figura 6.1 – Fluxos monetários atualizados da análise financeira dos cenários avaliados.

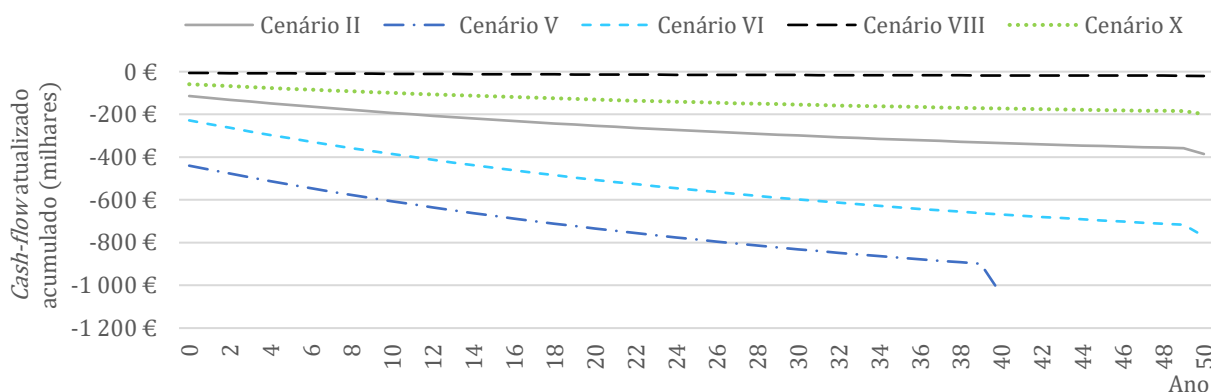
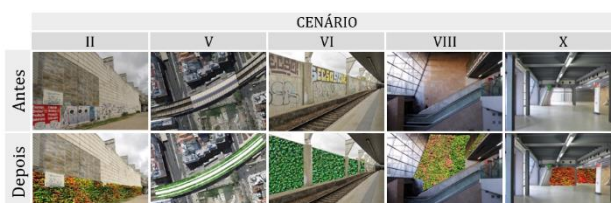


Figura 6.2 – Fluxos monetários atualizados acumulados da análise financeira dos cenários avaliados.



Relativamente à instalação de fachadas verdes com trepadeiras, verifica-se um menor investimento inicial, quando comparado com o investimento em fachadas vivas, e uma menor despesa associada a ações de manutenção. Por sua vez, os custos de substituição são semelhantes aos de fachadas vivas, traduzindo uma despesa considerável no final da vida útil das soluções.

Os custos iniciais e de manutenção associados a fachadas verdes são da ordem de grandeza dos praticados em coberturas verdes. No entanto, a extensa área verde proposta para o cenário V implica o aumento significativo dos custos da cobertura verde, tornando-a na solução mais dispendiosa.

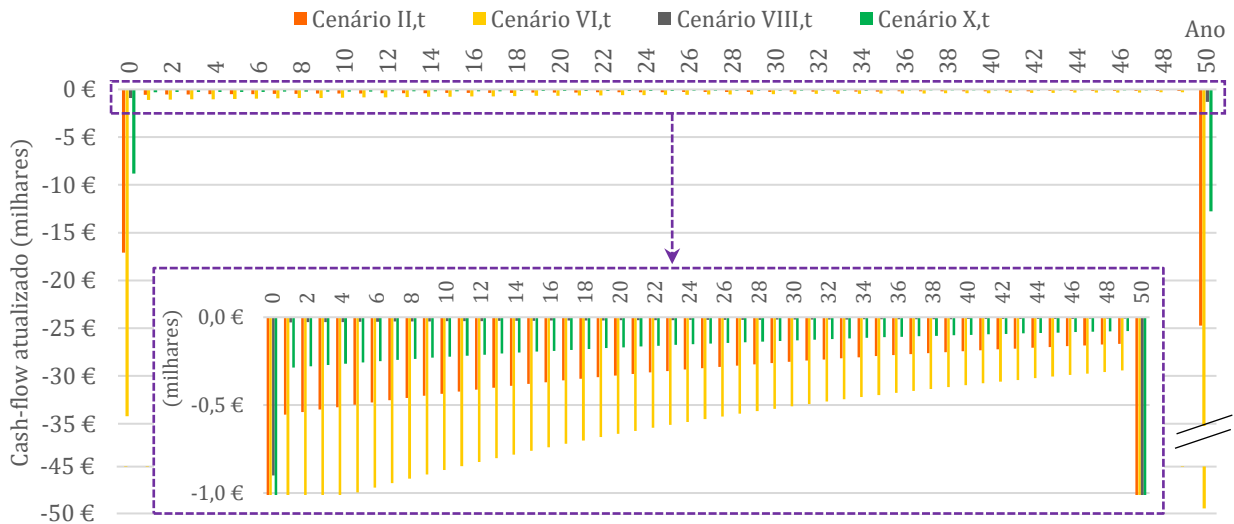


Figura 6.3 – Fluxos monetários atualizados da análise financeira dos cenários com fachadas verdes.

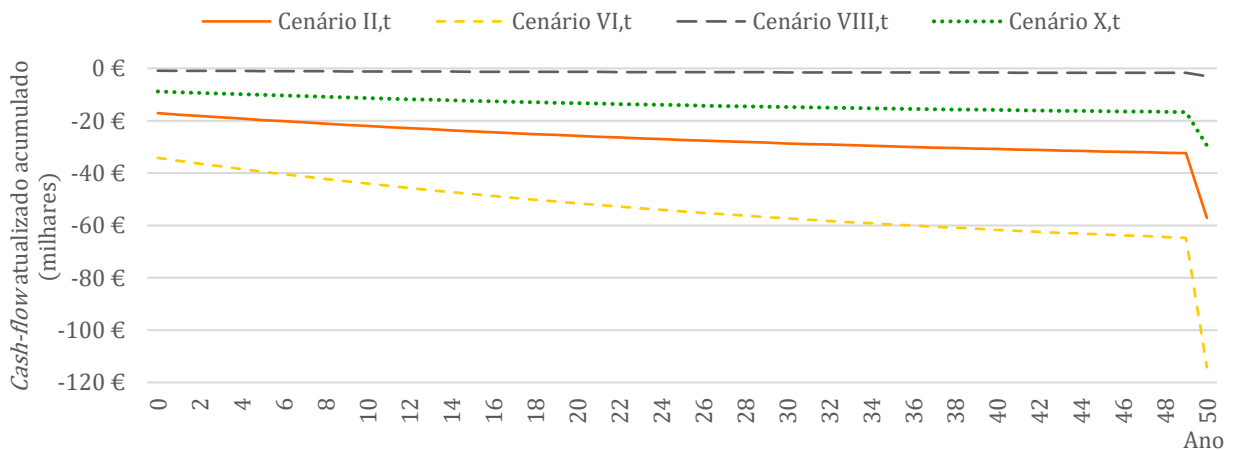


Figura 6.4 – Fluxos monetários atualizados acumulados da análise financeira dos cenários com fachadas verdes.

A Tabela 6.1 reúne os valores atualizados líquidos, correspondentes à análise financeira, de todos os cenários avaliados.

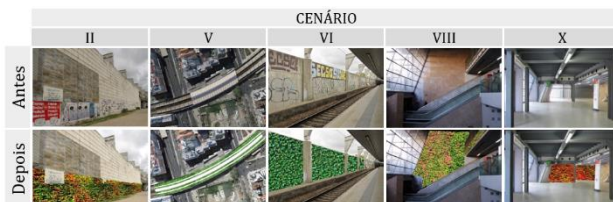


Tabela 6.1 – Valor atualizado líquido da análise financeira dos cenários avaliados.

Cenário	II		V	VI	
	F. verde	F. viva	C. extensiva	F. verde	F. viva
VAL	-57 109,92 €	-385 292,82 €	-1 040 946,23 €	-114 219,84 €	-770 585,65 €
Cenário	VIII		X		
	F. verde	F. viva	F. verde	F. viva	
VAL	-3 005,779 €	-20 278,57 €	-29 459,70 €	-198 729,98 €	

De seguida, apresentam-se as análises económica e socioambiental do caso de estudo, que têm em conta as consequências e externalidades da situação atual e da situação proposta.

6.1.3 Análise económica

A Figura 6.5 e a Figura 6.6 mostram os fluxos monetários atualizados não acumulados e acumulados, respetivamente, para os cenários avaliados (II, V, VI, VIII, X). Tal como apresentado na análise financeira, os cenários com fachadas verdes (II,t; VI,t; VIII,t; X,t) são representados depois, nas Figuras 6.7 e 6.8. Os fluxos monetários da análise encontram-se no Anexo IV (Tabelas IV.1 a IV.9).

Como se verifica por observação dos gráficos, a instalação de infraestruturas verdes revela-se economicamente viável nos cenários estudados, isto é, revela-se uma solução com utilidade para a economia local. Os parâmetros com maior influência na análise económica são aqueles cujas quantificações se relacionam com a perceção dos utilizadores. Tanto a melhoria estética como o aumento da satisfação dos utentes têm um papel essencial no seu bem-estar e, por afetarem diretamente milhares de passageiros, traduzem benefícios económicos elevados.

Os cenários II (exterior) e VI (plataforma), tanto para fachadas vivas como para fachadas verdes, revelam uma tendência de ganhos crescente até ao final da vida útil dos sistemas. Ainda que as soluções sejam mais dispendiosas comparativamente aos restantes cenários de fachadas (VIII e X), a maior área verde e o local de instalação conferem uma maior expressão na estação a nível estético. Adicionalmente, o cenário VI tem um ganho considerável em termos de conforto dos passageiros, correspondendo, por isso, ao cenário mais vantajoso a longo prazo.

Os cenários VIII e X, com aplicação na interface comboio-metro e na ala nascente da estação, respetivamente, geram menos benefícios a nível estético e de conforto por se tratarem de locais com menor visibilidade, que afetam um menor número de passageiros, e de áreas verdes reduzidas. O cenário X, com fachada viva, tem a particularidade de ser viável economicamente devido ao aluguer de espaços que, embora de área reduzida, tem a capacidade de reverter as perdas anuais.

A cobertura verde extensiva (cenário V), ainda que para uma área de instalação elevada e ganhos consideráveis, tem a desvantagem de ser um elemento pouco visível. Desta forma, a perceção dos passageiros em termos estéticos foi considerada marginal, traduzindo-se em menos ganhos económicos. O cenário deixa de gerar ganhos anuais ao fim de 10 anos de vida útil dos sistemas, o que, ainda assim, se traduz em ganhos finais acumulados.



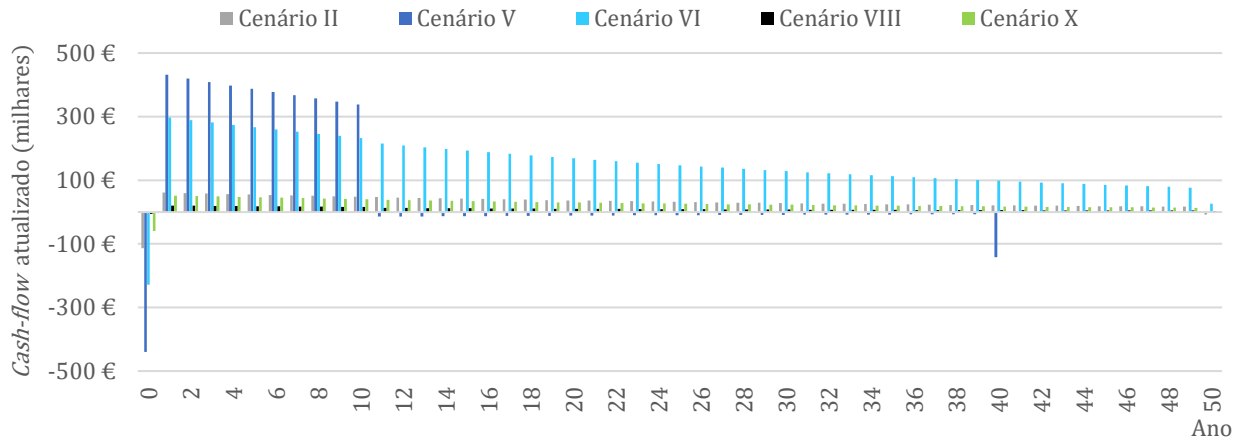


Figura 6.5 – Fluxos monetários atualizados da análise económica dos cenários avaliados.

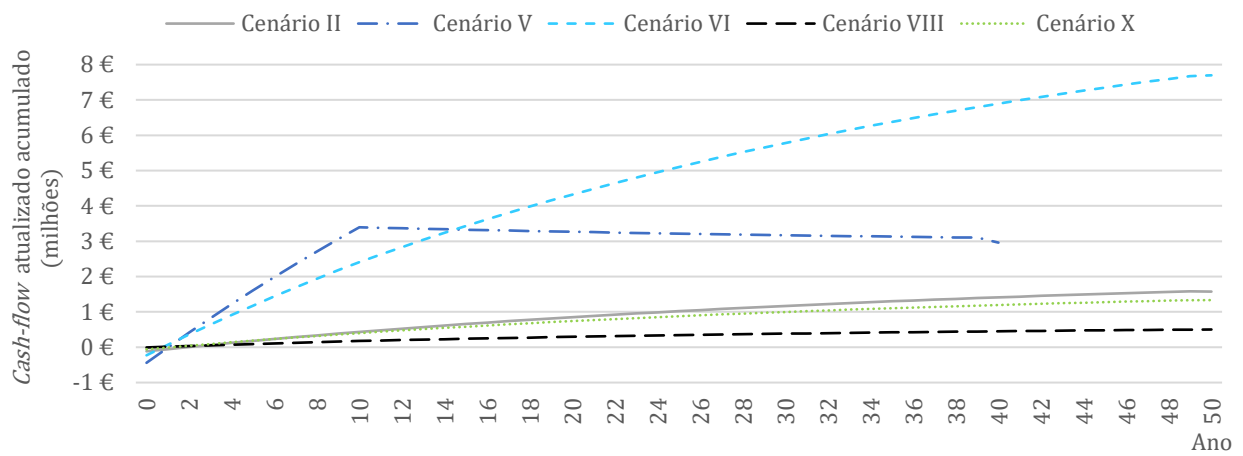


Figura 6.6 – Fluxos monetários atualizados acumulados da análise económica dos cenários avaliados.

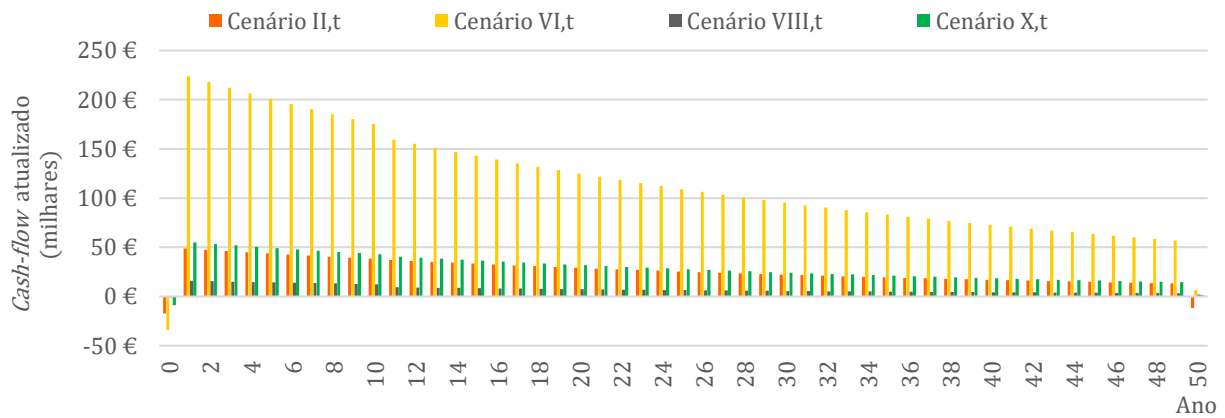
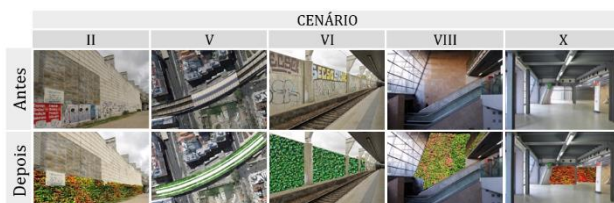


Figura 6.7 – Fluxos monetários atualizados da análise económica dos cenários com fachadas verdes.



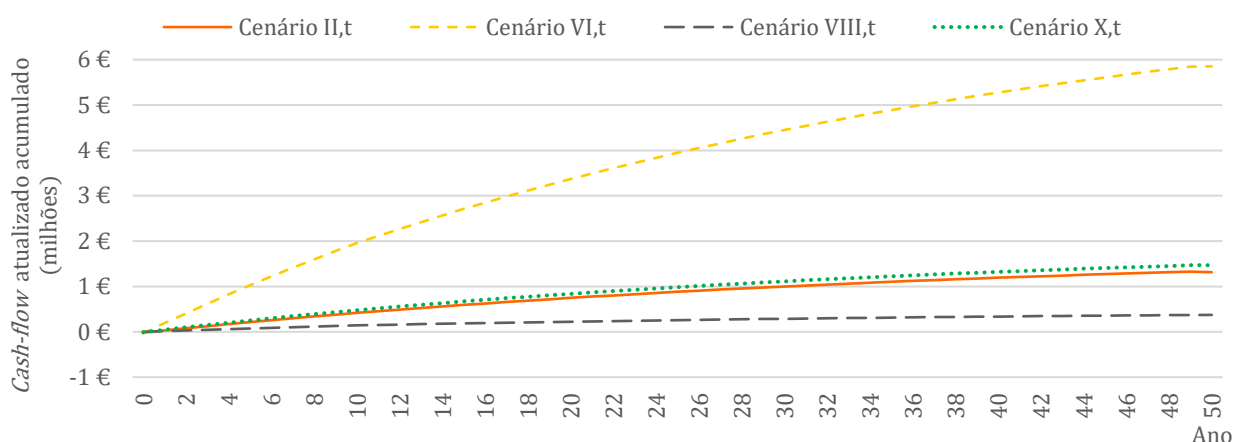


Figura 6.8 – Fluxos monetários atualizados acumulados da análise económica dos cenários com fachadas verdes.

A Tabela 6.2 reúne os valores atualizados líquidos, correspondentes à análise económica, de todos os cenários avaliados.

Tabela 6.2 – Valor atualizado líquido da análise económica dos cenários avaliados.

Cenário	II		V	VI	
	F. verde	F. viva	C. extensiva	F. verde	F. viva
VAL	1 314 365,24 €	1 573 957,41 €	2 961 149,15 €	5 853 117,42 €	7 697 009,07 €
Cenário	VIII		X		
	F. verde	F. viva	F. verde	F. viva	
VAL	372 351,19 €	502 223,02 €	1 468 081,02 €	1 334 263,00 €	

6.1.4 Análise socioambiental

A componente socioambiental analisa a criação de valor para a sociedade e para o meio ambiente, traduzindo as condições dos passageiros na estação e à melhoria da qualidade do ambiente. A Figuras 6.9 e 6.10 mostram os fluxos monetários atualizados não acumulados e acumulados, respetivamente, para os cenários avaliados (II, V, VI, VIII, X). Conforme foi feito nas análises anteriores, os cenários com fachadas verdes (II,t; VI,t; VIII,t; X,t) mostram-se nas Figuras 6.11 e 6.12. Os fluxos monetários da análise socioambiental são discriminados no Anexo IV (Tabelas IV.1 a IV.9).

Os gráficos dos resultados obtidos têm andamentos e valores de ordens de grandeza semelhantes aos anteriores, o que significa um maior peso das variáveis económicas no estudo final. Apesar disso, a inclusão das variáveis socioeconómicas (empregabilidade, qualidade do ar na estação, ruído ambiente e escoamento de águas pluviais) na análise contraria a tendência para a desvalorização verificada no cenário V (em 6.1.3). O cenário VIII, associado à interface comboio-metro, é o que mais beneficia com os parâmetros socioambientais. A diminuição do ruído no interior da estação traduz fluxos monetários positivos consideráveis, crescentes com o aumento do número de passageiros afetados.



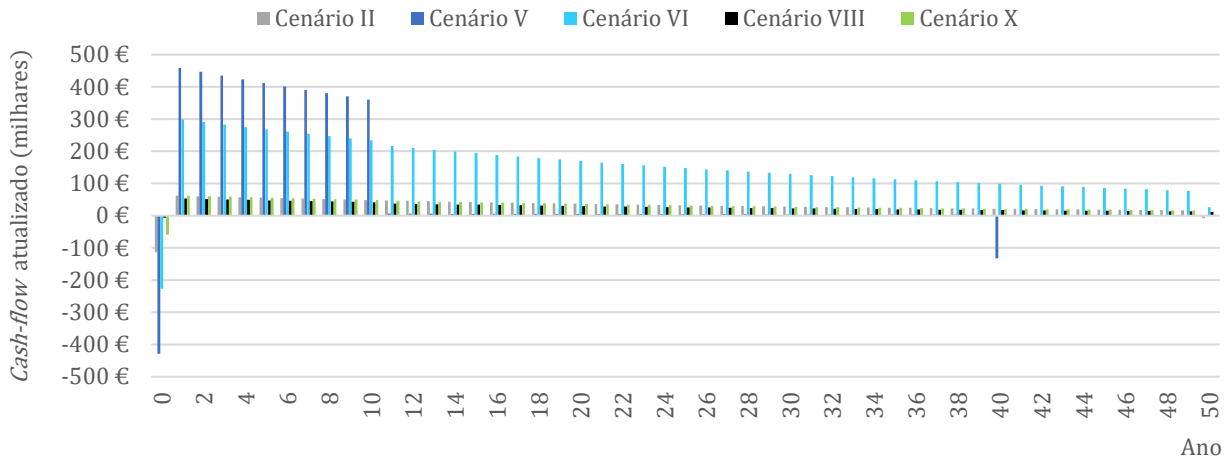


Figura 6.9 – Fluxos monetários atualizados da análise socioambiental dos cenários avaliados.

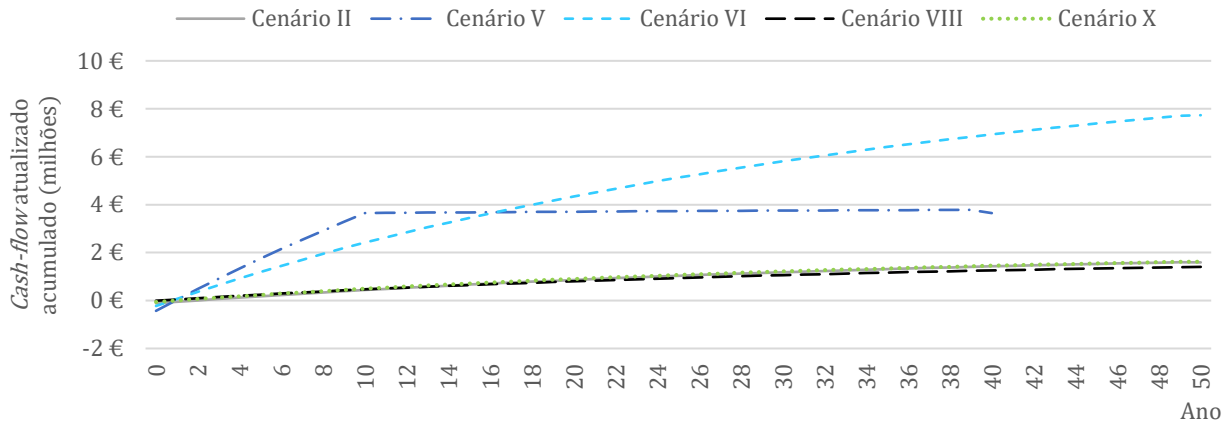


Figura 6.10 – Fluxos monetários atualizados acumulados da análise socioambiental dos cenários avaliados.

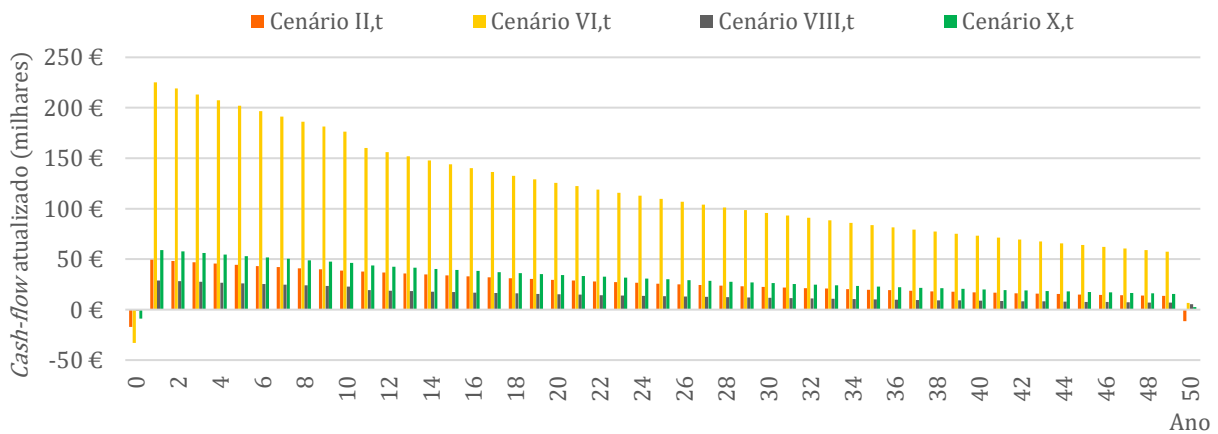
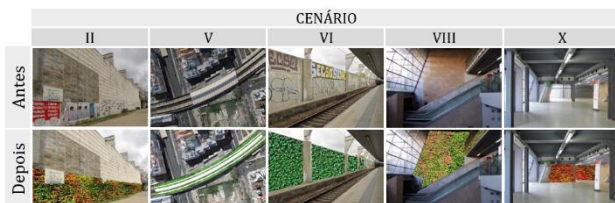


Figura 6.11 – Fluxos monetários atualizados da análise socioambiental dos cenários com fachadas verdes.



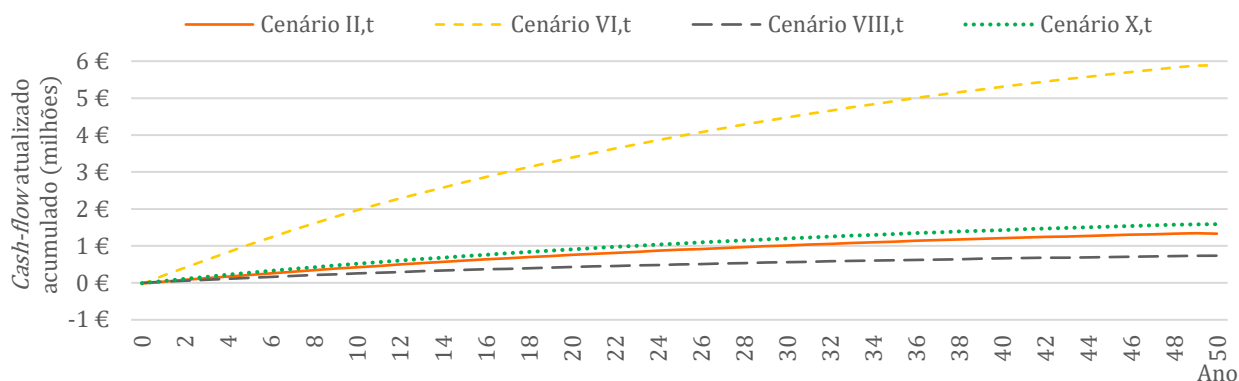


Figura 6.12 – Fluxos monetários atualizados acumulados da análise socioambiental dos cenários com fachadas verdes.

A Tabela 6.3 reúne os valores atualizados líquidos, correspondentes à análise socioambiental, de todos os cenários avaliados.

Tabela 6.3 – Valor atualizado líquido da análise socioambiental dos cenários avaliados.

Cenário	II		V	VI	
	F. verde	F. viva	C. extensiva	F. verde	F. viva
VAL	1 328 609,70 €	1 588 201,86 €	3 534 271,84 €	5 882 721,33 €	7 726 612,99 €
Cenário	VIII		X		
	F. verde	F. viva	F. verde	F. viva	
VAL	734 524,39 €	1 404 921,95 €	1 586 660,36 €	1 619 149,62 €	

6.2 DISCUSSÃO DE RESULTADOS

A Tabela 6.4 reúne os valores atualizados líquidos, de todos os cenários avaliados, para cada componente da análise económica. As escalas de cores permitem identificar facilmente a ordem de grandeza dos resultados obtidos. Os mesmos resultados do VAL apresentam-se na Figura 6.13.

Tabela 6.4 – Valores atualizados líquidos do estudo de viabilidade dos cenários avaliados.

Cenário	VAL		
	Análise financeira	Análise económica	Análise socioambiental
II	-385 292,82 €	1 573 957,41 €	1 588 201,86 €
II,t*	-57 109,92 €	1 314 365,24 €	1 328 609,70 €
V**	-1 040 946,23 €	2 961 149,15 €	3 534 271,84 €
VI	-770 585,65 €	7 697 009,07 €	7 726 612,99 €
VI,t*	-114 219,84 €	5 853 117,42 €	5 882 721,33 €
VIII	-20 278,57 €	502 223,02 €	1 404 921,95 €
VIII,t*	-3 005,79 €	372 351,19 €	734 524,39 €
X	-198 729,98 €	1 334 263,00 €	1 619 149,62 €
X,t*	-29 456,70 €	1 468 081,02 €	1 586 660,36 €

*Cenário com fachada verde (trepadeiras)

**Avaliação com horizonte temporal de 40 anos (as restantes são a 50 anos)

Como referido no decorrer do estudo de viabilidade, as tabelas com todos os fluxos de tesouraria, bem como os valores acumulados e atualizados, encontram-se no Anexo IV da presente dissertação. Os valores apresentados anteriormente (Tabela 6.4) incluem os custos e benefícios de todas as dimensões estudadas, isto é, da infraestrutura, do utilizador e da envolvente.

Como se verifica, os cenários VI e VI,t são os que traduzem um maior valor social e ambiental, gerando um benefício elevado ao fim de 50 anos. A diferença de custos entre sistemas é de cerca de 650 000 € e o ganho acumulado é cerca de 2 000 000 € superior no caso da instalação de fachadas vivas. No entanto, em termos relativos, a solução com trepadeiras gera ganhos que são cerca de 50 vezes superiores aos custos que lhe correspondem, em contraste com o sistema de fachada viva, com um benefício 10 vezes superior ao valor dos custos. As duas tipologias de fachada geram, portanto, ganhos consideráveis, sendo que a opção pela solução com maior ganho absoluto ou pela que é mais rentável depende do objetivo do investidor e do montante que tem disponível.

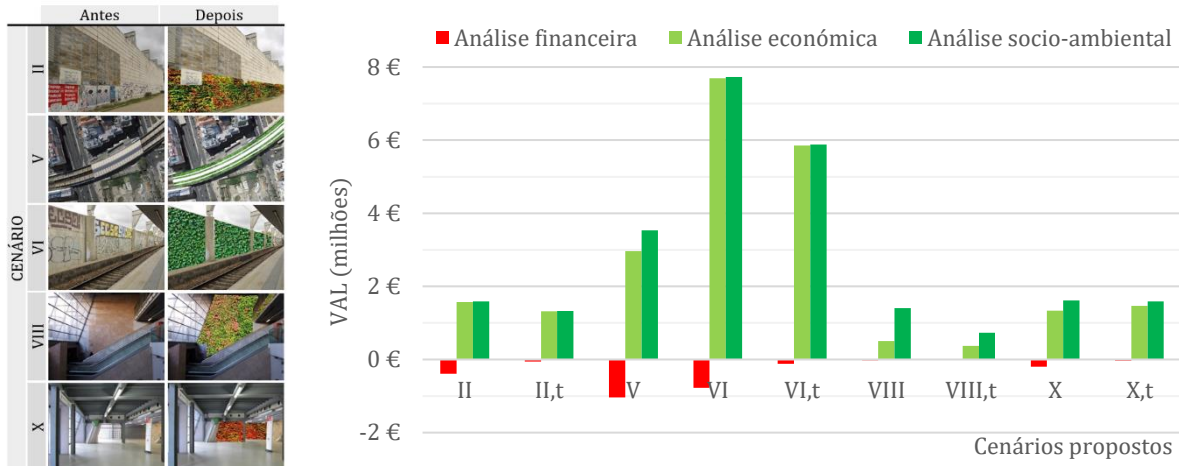


Figura 6.13 – Valores atualizados líquidos do estudo de viabilidade dos cenários avaliados.

O padrão do cenário VI repete-se nos restantes cenários de fachadas (II/II,t; VIII/VIII,t; X/X,t), verificando-se, como esperado, que fachadas vivas geram maiores ganhos absolutos e fachadas com trepadeiras geram maiores ganhos relativos (em média, 5 vezes superiores aos das primeiras). Esta evidência mostra que o VAL apenas reflete os proveitos e custos de cada cenário, sendo que, perante outros critérios de rentabilidade, são obtidas outras conclusões. Exemplificando, o cenário VIII, que teoricamente corresponde ao menos viável, é o que apresenta maiores ganhos comparativamente aos gastos, perfazendo, no caso da solução com trepadeiras (VIII,t), ganhos 200 vezes superiores aos custos. O cenário com VAL superior não representa, portanto, aquele que é mais viável.

O cenário X demonstra um retorno considerável pelo potencial aluguer de espaços. Este benefício, por ser independente da tipologia de sistema vertical adotada, gera ganhos económicos superiores em fachadas com trepadeiras (menos dispendiosas). Adicionalmente, prevê-se uma maior taxa de ocupação no local de instalação do cenário (ala nascente), que terá tendência a gerar ganhos económicos superiores com a maior valorização do utilizador.

Relativamente ao cenário V (cobertura verde extensiva), a diferença entre horizontes temporais, face aos restantes cenários, coloca em causa a fiabilidade da utilização do VAL. Ainda assim, dado que corresponde a uma solução com andamento quase constante (Figura 6.6 e Figura 6.10), admite-se que os resultados podem ser comparados com os restantes. Verifica-se, portanto, que a proposta de cobertura verde, apesar de ser a mais dispendiosa, não é a que apresenta o maior retorno.

Os resultados obtidos mostram-se coerentes e revelam ser bastante positivos, traduzindo a viabilidade de todos os cenários avaliados. Conclui-se que o estudo a 50 anos potencia o valor do VAL,

obtendo-se ganhos que variam de 734 524,39 € (VIII,t) a 7 726 612,99 € (VI). Os parâmetros associados a uma maior criação de valor são a melhoria estética, a satisfação do utilizador, a atenuação do ruído interior e o aluguer de espaços, ou seja, variáveis que valorizam a infraestrutura e o utilizador. Os benefícios ambientais (envolvente exterior), apesar da sua importância, expressam ganhos monetários mais comedidos.

A TIR e o PRI dos cenários propostos não foram calculados, na medida em que não se revelam apropriados para os resultados deste estudo. A análise financeira traduz-se em fluxos de tesouraria exclusivamente negativos e, por sua vez, a consideração dos parâmetros económicos e socioambientais gera ganhos elevados logo durante o primeiro ano. Ainda que se tratem de sistemas planeados a longo prazo, a recuperação do investimento é bastante significativa e praticamente imediata, o que está de acordo com o preconizado no estudo de Vijayaraghavan (2016), referido no capítulo 3.2.

Para a proposta de instalação de infraestruturas verdes do cenário VI, correspondente ao maior VAL (benefício absoluto), apresenta-se também o prejuízo de não tomar decisões (Figura 6.14a), a nível socioambiental. Embora, no decorrer da dissertação, a análise tenha sido feita comparativamente ao cenário atual, é pertinente referir que existem externalidades associadas aos problemas da estação, identificados na secção 4.5, que não foram avaliadas para a situação atual da mesma.

A Figura 6.14 permite relacionar as duas situações, ainda que a quantificação do prejuízo para o cenário atual tenha um menor detalhe. Caso não se assuma a solução do cenário VI (Figura 6.14a), admitem-se como nulos todos os custos associados às infraestruturas verdes, bem como o benefício decorrente da satisfação do cliente (uma vez que o utilizador não tem presente a proposta do cenário verde); considera-se um prejuízo igual, em módulo, ao benefício produzido pela criação de emprego, melhoria da qualidade do ar e atenuação do ruído ambiente (benefícios socioambientais); e, admite-se que a ausência de melhoria estética desvaloriza o edifício em metade do benefício estético gerado pela instalação da fachada verde. Os resultados do estudo comparativo mostram que a ordem de grandeza dos benefícios associados ao cenário VI é bastante superior face ao prejuízo verificado atualmente.

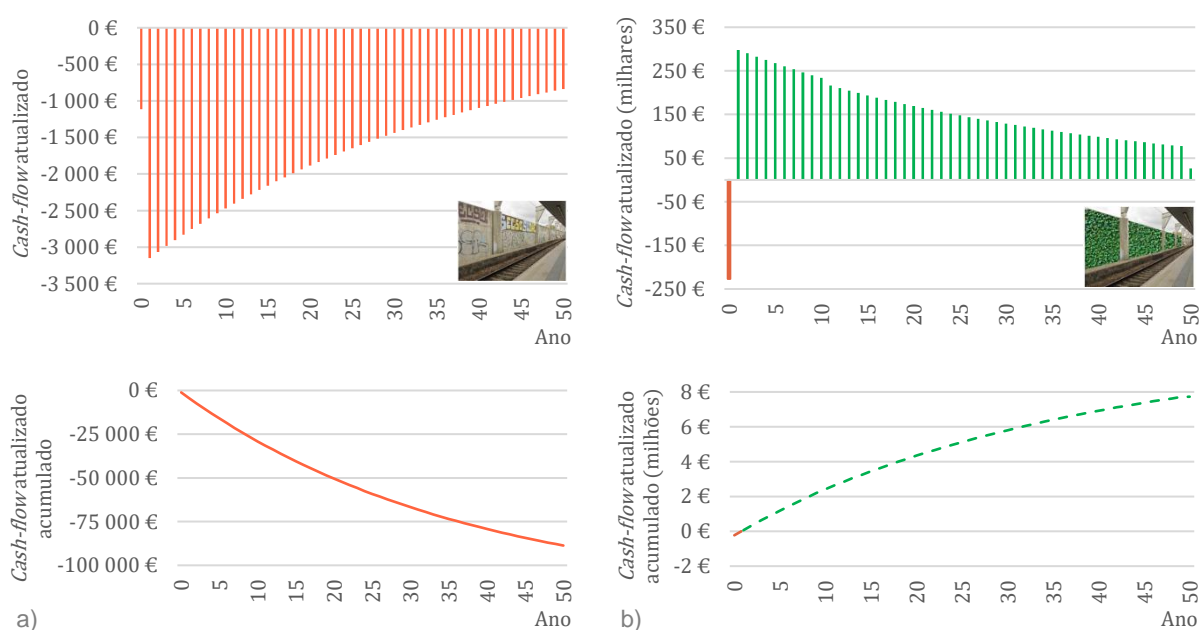


Figura 6.14 – Análise comparativa entre (a) não instalar e (b) instalar as infraestruturas verdes do cenário VI.

6.3 ANÁLISE DE SENSIBILIDADE

A análise de sensibilidade prevê a variabilidade dos resultados obtidos relativamente à viabilidade do projeto, estudada *à priori* (ponto 6.1). São selecionados os parâmetros da análise custo-benefício em que se esperam maiores flutuações, implicando uma maior expressão nos indicadores financeiros e económicos determinados.

A Figura 6.15 mostra a influência que a variação de 10% do valor monetário de cada parâmetro, envolvido na análise socioambiental, tem sobre o valor do VAL final. A variação do VAL (em percentagem) foi obtida através da média das variações em todos os cenários, para cada variável (Tabelas V.1 e V.2 do Anexo V). Os resultados permitem identificar as variáveis mais elásticas, isto é, cuja flutuação provoca um maior impacto no valor acumulado líquido (Figura 6.15).

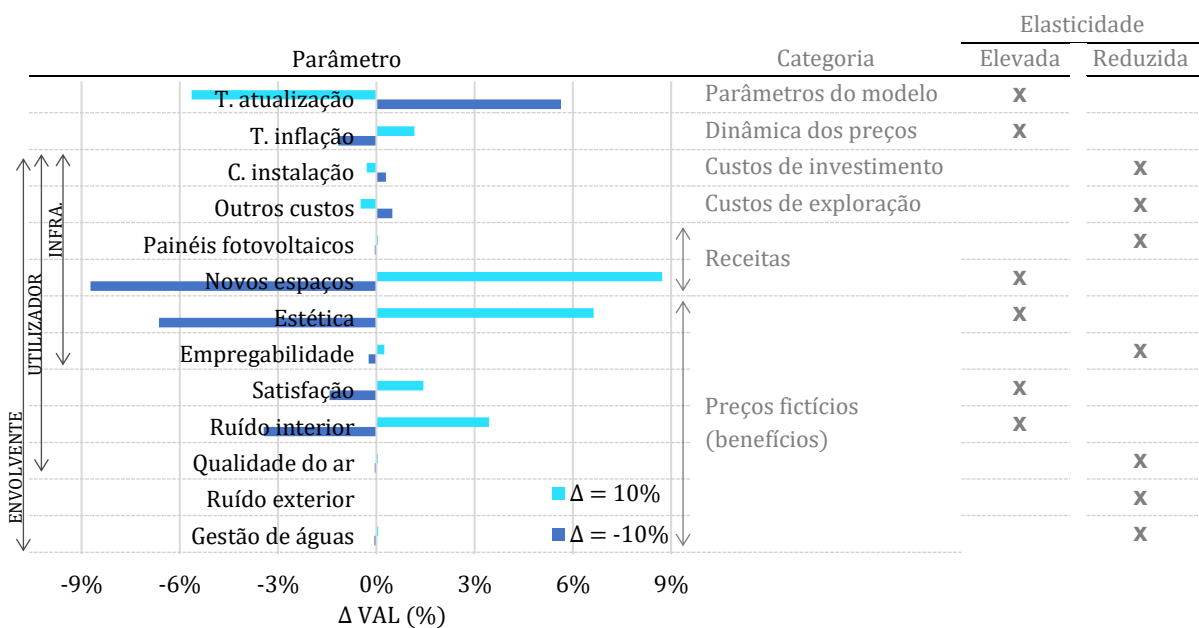


Figura 6.15 – Efeito dos parâmetros envolvidos na análise socioambiental sobre o VAL.

Com base nos resultados obtidos, a análise de sensibilidade subsequente é limitada às variáveis mais significativas, de elasticidade elevada. Como se verifica na figura, os parâmetros com maior influência no VAL estão relacionados com a perceção individual e pertencem à dimensão da infraestrutura (melhoria estética e novos espaços) e do utilizador (satisfação e ruído interior). A taxa de atualização também se apresenta com uma elasticidade significativa, como já era esperado. Para nenhum dos parâmetros estão previstas variações de grande dimensão, suscetíveis de alterar o padrão obtido na Figura 6.15.

A Tabela 6.5 reúne as variações esperadas para cada parâmetro, de acordo com a tendência atual e com previsões existentes. A variação está prevista para três cenários – provável, otimista e pessimista – de forma a obter a variação mais provável para o VAL, bem como os valores que se esperam ser os extremos. Coincidentemente, dadas as variáveis em análise, as variações mais prováveis correspondem também ao cenário otimista.

Tabela 6.5 – Gama de variação das variáveis significativas envolvidas na análise socioambiental.

Categoria	Parâmetro	Δ (%)			
		Provável	Pressupostos	Otimista	Pessimista
Parâmetros do modelo	Taxa de atualização	- 7,5	Prevê-se a expansão do negócio da instalação de infraestruturas verdes, permitindo a diminuição da taxa de risco associada aos investimentos. Fixa-se a diminuição máxima da taxa de risco em 10%.	- 7,5	+ 7,5
Dinâmica dos preços	Taxa de inflação	+ 5	Estima-se um aumento da taxa de inflação total, como tem sido verificado desde 2014. A variação admitida está de acordo com as previsões atualizadas pelo Banco de Portugal até 2018.	+ 5	- 5
Receitas	Novos espaços	+ 7,5	Prevê-se o aumento do valor do aluguer de espaços, motivado pela recuperação da economia do país. A variação admitida é da ordem de grandeza dos valores que constam no <i>site</i> do Idealista.	+ 7,5	0
Preços fictícios (benefícios)	Estética	+ 7,5	Relaciona-se com a valorização da infraestrutura (estética e novos espaços) e com a satisfação do cliente. Admitem-se variações iguais às anteriores.	+ 7,5	0
	Satisfação	+ 7,5	O bem-estar da população tem sido uma preocupação crescente, resultando em melhorias de saúde pública e produtividade. Admite-se uma valorização modesta por se tratar de uma aplicação pontual de sistemas verdes, numa infraestrutura de transportes, e não de um espaço verde urbano.	+ 7,5	0
	Ruído interior	0	Admite-se uma variação marginal, dada a dificuldade em assumir pressupostos de evolução.	0	0

Os valores do VAL obtidos (Tabela V.3, Anexo V), para cada cenário, estão representados no gráfico da Figura 6.16. Verifica-se uma redução média de cerca de 4%, do cenário base para o pessimista, e um aumento médio de cerca de 12%, do cenário base para o cenário otimista. Uma vez que o cenário otimista corresponde ao cenário mais provável, prevê-se que a instalação de infraestruturas verdes na estação de Entrecampos se torne mais vantajosa, e por isso mais atrativa, futuramente. Todos os cenários propostos se revelam viáveis na análise socioambiental.

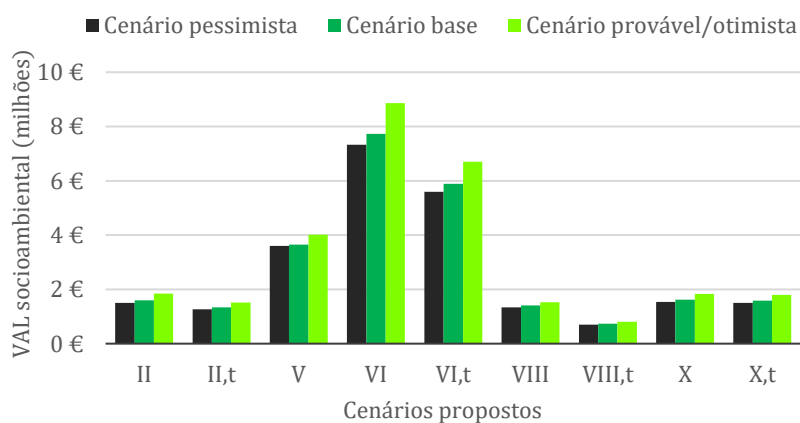
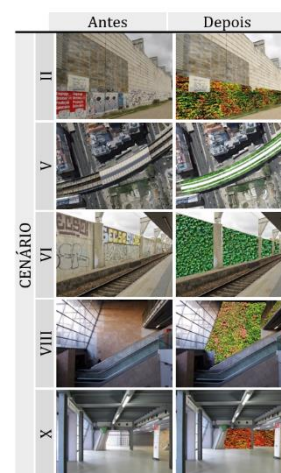


Figura 6.16 – Análise de sensibilidade dos cenários propostos.



7 CONCLUSÕES E DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

7.1 CONCLUSÕES

A metodologia proposta com vista a analisar a viabilidade da instalação de coberturas e fachadas verdes em infraestruturas de transporte, nomeadamente na estação ferroviária de Entrecampos, verifica-se funcional. A análise incremental a nível financeiro, económico e socioambiental, realizada às três dimensões admitidas (infraestrutura, utilizador e envolvente), permite uma quantificação de custos e benefícios organizada, com obtenção de resultados coerentes e relacionáveis entre si. Por sua vez, os benefícios selecionados correspondem a mais-valias específicas para o caso de estudo, permitindo resultados mais fiáveis.

Os cenários avaliados para a instalação de coberturas e fachadas verdes na estação de Entrecampos revelam ser financeiramente impraticáveis. No entanto, a nível económico e socioambiental, os investimentos tornam-se viáveis, gerando ganhos significativos para a sociedade.

Financeiramente, verificam-se custos entre 3 005,79€ (VIII,t) e 1 040 946,23€ (V). Por sua vez, os ganhos económicos variam de 372 351,19€ (X,t) a 7 697 009,07€ (VI). A nível socioambiental, verificam-se ganhos de 734 524,39 € (VIII,t) a 7 726 612,99 € (VI). Como referido, os cenários com maior ganho acumulado (VI; VI,t; V, por ordem decrescente) não correspondem aos cenários com maior retorno em termos relativos (VIII,t;VI,t;X,t, por ordem decrescente). Os resultados demonstram que o cenário VI,t é a solução mais competitiva, na medida em que gera ganhos consideráveis (5 882 721,33 €), cerca de 50 vezes superiores às perdas financeiras (-114 219,84 €).

Salienta-se que as conclusões de viabilidade de cada cenário não são complementares, ou extrapoláveis, no caso da adoção de mais do que uma proposta. Cada cenário foi avaliado com base nas suas particularidades e, ainda que o método tenha sido análogo em todos eles, desconhece-se o aumento de potencial resultante da implementação de vários cenários em simultâneo.

As valorizações da infraestrutura e do utilizador revelam ser as que mais potenciam os ganhos finais, associando-se a benefícios com elevado retorno. Especificamente, por ordem decrescente de criação de valor, referem-se os benefícios provenientes da melhoria estética (infraestrutura), satisfação do cliente (utilizador), aluguer de espaços (infraestrutura) e atenuação do ruído interior (utilizador). A análise de sensibilidade aos parâmetros referidos revelou alterações no VAL de 1,5% a 9%. Adicionalmente, a área e o local de instalação das infraestruturas verdes, em termos de visibilidade e população exposta, são condicionantes nos resultados finais.

Relativamente aos problemas que atualmente se verificam na estação, referidos em 4.5.1, conclui-se que a instalação de infraestruturas verdes contribuiria, essencialmente, para a perceção de um ambiente mais confortável, a nível estético e funcional, e para a dinamização da infraestrutura, com o conseqüente aumento da perceção de segurança. Além disso, a redução dos níveis de ruído, a melhoria da qualidade do ar e, no caso da cobertura verde, o controlo da entrada e acumulação de água pluvial, constituem também mais-valias para a infraestrutura, para o bem-estar dos utilizadores e para a envolvente.

Concluindo, a instalação de infraestruturas verdes na estação ferroviária de Entrecampos, em Lisboa, revela ser uma solução viável, de carácter inovador, com benefícios evidentes na sua vizinhança. Ainda assim, refere-se a incerteza associada aos resultados obtidos, cuja quantificação de benefícios se mostrou algo complexa.

O ganho estimado para cada cenário não traduz, necessariamente, ganhos monetários equivalentes. No entanto, a análise custo-benefício implica que todas as variáveis sejam convertidas na mesma unidade, para que sejam suscetíveis de comparação e avaliação. Para uma melhor compreensão, ainda que com diferenças abismais em escala, compara-se o investimento em coberturas e fachadas verdes ao investimento numa floresta: verifica-se um esforço inicial considerável (em termos de investimento) e custos de manutenção significativos, que culminam em benefícios para a população que se prolongam durante anos.

7.2 DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

A quantificação dos benefícios incluídos no estudo de viabilidade, como referido, suscitou dificuldades, quer pela escassa literatura com aplicação ao caso de estudo quer pelo carácter subjetivo de alguns parâmetros analisados. Os parâmetros com maior impacto na análise dos cenários avaliados devem ser avaliados em detalhe, como se refere em seguida.

Em termos de custos, sugere-se que, em próximos estudos, se verifique a viabilidade técnica dos cenários avaliados, na medida em que possíveis alterações à estrutura devem ser contabilizadas.

Relativamente aos utilizadores, sugerem-se inquéritos locais, de forma a quantificar a sua perceção e aceitação a soluções como as estudadas, bem como a construção de modelos que prevejam taxas de ocupação futuras na estação, no sentido de considerar os passageiros expostos com uma menor margem de erro associada.

Salienta-se também a necessidade de recorrer a modelos à escala, representativos da estação, que possam prever o seu comportamento face aos cenários propostos ou a futuras adaptações dos mesmos. A simulação conduziria a resultados mais consistentes, por exemplo, no que diz respeito à atenuação do ruído, que revelou ser um benefício de destaque. Poderá ainda ser interessante estudar a influência de diversas espécies de plantas nativas e tipos de substrato nas mais-valias estudadas.

Embora cada infraestrutura tenha necessidades e particularidades que a distinguem, constata-se a carência de metodologias e investigações aplicadas a infraestruturas de transporte existentes, especialmente em Lisboa, que possam ser adaptadas a outras estações do centro da cidade. Estes desenvolvimentos são importantes no sentido de obter quantificações com menor grau de incerteza, bem como intervalos de variabilidade para as mesmas.

REFERÊNCIAS

PUBLICAÇÕES ESCRITAS – DISSERTAÇÕES, LIVROS E ARTIGOS CIENTÍFICOS:

- Alcazar, S. S., Olivieri, F. & Neila, J., 2016. Green roofs: Experimental and analytical study of its potential for urban microclimate regulation in Mediterranean–continental climates. *Urban Climate*, Volume 17, pp. 304-317.
- Ambrey, C. & Fleming, C., 2014. Public Greenspace and Life Satisfaction in Urban Australia. *Urban Studies*, Volume 51, pp. 1290-1321.
- Azkorra, Z. et al., 2015. Evaluation of green walls as a passive acoustic insulation system for buildings. *Applied Acoustics*, Volume 89, pp. 46-56.
- Berardi, U., GhaffarianHoseini, A. & GhaffarianHoseini, A., 2014. State-of-the-art analysis of the environmental benefits of green roofs. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Volume 115, p. 411–428.
- Berg, A. E. v. d., Maas, J., Verheij, R. A. & Groenewegen, P. P., 2010. Green space as a buffer between stressful life events and health. *Social Science & Medicine*, Volume 70, pp. 1203-1210.
- Bertram, C. & Rehdanz, K., 2015. The role of urban green space for human well-being. *Ecological Economics*, Volume 120, pp. 139-152.
- Bianchini, F. & Hewage, K., 2012b. How “green” are the green roofs? Lifecycle analysis of green roof materials. *Building and Environment*, Volume 48, pp. 57-65.
- Bianchini, F. & Hewage, K., 2012. Probabilistic social cost-benefit analysis for green roofs: A lifecycle approach. *Building and Environment*, Volume 58, pp. 152-162.
- Boyter, C., 2013. *6 Busted Green-Roof Myths* [Entrevista] (16 Novembro 2013).
- Brandão, C. et al., 2017. Wet season hydrological performance of green roofs using nativespecies under Mediterranean climate. *Ecological Engineering*, Volume 102, pp. 596-611.
- Cameron, R. W., Taylor, J. E. & Emmett, M. R., 2014. What's ‘cool’ in the world of green façades? How plant choice influences the cooling properties of green walls. *Building and Environment*, Volume 73, pp. 198-207.
- Carrus, G. et al., 2015. Go greener, feel better? The positive effects of biodiversity on the well-being of individuals visiting urban and peri-urban green areas. *Landscape and Urban Planning*, Volume 134, pp. 221-228.
- Carter, T. & Keeler, A., 2008. Life-cycle cost–benefit analysis of extensive vegetated roof systems. *Journal of Environmental Management*, Volume 87, pp. 350-363.
- Claus, K. & Rousseau, S., 2012. Public versus private incentives to invest in green roofs: A cost benefit analysis for Flanders. *Urban Forestry & Urban Greening*, Volume 11, pp. 417-425.

- Coelho, A. L. R., 2004. *Manutenção de coberturas verdes*. Lisboa: s.n.
- Comissão Europeia, 2001. *Livro Branco - A política europeia de transportes no horizonte 2010: a hora das opções*. Luxemburgo: s.n.
- Connelly, M. & Hodgson, M., 2013. Experimental investigation of the sound transmission of vegetated roofs. *Applied Acoustics*, Volume 74, pp. 1136-1143.
- Connelly, M. & Hodgson, M., 2015. Experimental investigation of the sound absorption characteristics of vegetated roofs. *Building and Environment*, Volume 92, pp. 335-346.
- Cruz, C. O., 2016. *Avaliação económico financeira de empreendimentos de construção- Análise custos de ciclo de vida*. Técnico Lisboa: s.n.
- Cuce, E., 2016. Thermal regulation impact of green walls: An experimental and numerical investigation. *Applied Energy*.
- Currie, B. A. & Bass, B., 2010. *Using Green Roofs to Enhance Biodiversity in the City of Toronto*, Toronto: Livegreen Toronto.
- Diener, E. & Seligman, M. E., 2010. Beyond Money - Toward an Economy of Well-Being. *Psychological science in the public interest*, Volume 5.
- Dröes, M. I. & Rietveld, P., 2015. Rail-based public transport and urban spatial structure: The interplay between network design, congestion and urban form. *Transportation Research Part B*, Volume 81, pp. 421-439.
- Elgizawy, E. M., 2016. The Effect of Green Facades in Landscape Ecology. *Procedia Environmental Sciences*, Volume 34, pp. 119-130.
- Environmental Performance Index, EPI, 2016. *Global Metrics for the Environmental*, New Haven: Yale University.
- Fernandez, R., Seriani, S. & Allard, P., 2010. *Pedestrian Microsimulation of Metro-bus Interchanges. A case study in Santiago de Chile*. Glasgow, Scotland, UK, European Transport Conference.
- FLL, 2008. *Guidelines for the Planning, Construction and Maintenance of Green Roofing - Green Roofing Guideline*, s.l.: s.n.
- Francis, R. A. & Lorimer, J., 2011. Urban reconciliation ecology: The potential of living roofs and walls. *Journal of Environmental Management*, Volume 92, pp. 1429-1437.
- Gao, X. & Asami, Y., 2007. Effect of urban landscapes on land prices in two Japanese cities. *Landscape and Urban Planning*, Volume 81, pp. 155-166.
- Getter, K. L. et al., 2009,. Carbon Sequestration Potential of Extensive Green Roofs. *Environmental Science & Technology*, Volume 43, pp. 7564-7570.
- Graceson, A., Hare, M., Monaghan, J. & Hall, N., 2013. The water retention capabilities of growing media for green roofs. *Ecological Engineering*, Volume 61, pp. 328-334.

- Grahn, P. & Stigsdotter, U. K., 2010. The relation between perceived sensory dimensions of urban green space and stress restoration. *Landscape and Urban Planning*, Volume 94, pp. 264-275.
- Grahn, P. & Stigsdotter, U. K., 2010. The relation between perceived sensory dimensions of urban green space and stress restoration. *Landscape and Urban Planning*, Volume 94, pp. 264-275.
- Guiot, J. & Cramer, W., 2016. Climate change: The 2015 Paris Agreement thresholds and Mediterranean basin ecosystems. *Science*, Volume 354, pp. 465-468.
- Guo, Z. & H.M. Wilson, N., 2011. Assessing the cost of transfer inconvenience in public transport systems: A case study of the London Underground. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 45(2), pp. 91-104.
- Handy, S., 2005. Critical Assessment of the Literature on the Relationships Among Transportation, Land Use, and Physical Activity. *Transportation Research Board and the Institute of Medicine Committee on Physical Activity, Health, Transportation, and Land Use. TRB Special Report 282*.
- Hashemi, S. S. G., Mahmud, H. B. & Ashraf, M. A., 2015. Performance of green roofs with respect to water quality and reduction of energy consumption in tropics: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Volume 52, p. 669–679.
- Hickman, R., Chen, C.-L., Chow, . A. & Saxena, S., 2015. Improving interchanges in China: the experiential phenomenon. *Journal of Transport Geography*, Volume 42, pp. 175-186.
- Jayasooriya, V., Ng, A., Muthukumaran, S. & Perera, B., 2017. Green infrastructure practices for improvement of urban air qualityV. *Urban Forestry & Urban Greening*, Volume 21, pp. 34-47.
- Kmiec, M., 2014. *Green Wall Technology*. Cracow University of Technology: s.n.
- Kosareo, L. & Ries, R., 2007. Comparative environmental life cycle assessment of green roofs. *Building and Environment*, Volume 42, pp. 2606-2613.
- Kosareo, L. & Robert Ries, 2007b. Comparative environmental life cycle assessment of green roofs. *Building and Environment* , Volume 42, pp. 2606-2613.
- Leemans, A. & Ivkovic, M., 2011. *Toolbox for the design and/or renovation of major interchanges*, s.l.: International Union of Railways.
- Litman, T., 2017. Valuing Transit Service Quality Improvements: Considering Comfort and Convenience in Transport Project Evaluation. *Journal of Public Transportation*, Volume 11, pp. 43-64.
- Lo, A. Y. & Jim, C. Y., 2010. Willingness of residents to pay and motives for conservation of urban green spaces in the compact city of Hong Kong. *Urban Forestry & Urban Greening*, Volume 9, pp. 113-120.
- Luo, H. et al., 2015. Carbon sequestration potential of green roofs using mixed-sewage-sludge substrate in Chengdu World Modern Garden City. *Ecological Indicators*, Volume 49, pp. 247-259.

- Mahdiyari, A. et al., 2016. Probabilistic private cost-benefit analysis for green roof installation: A Monte Carlo simulation approach. *Urban Forestry & Urban Greening*, Volume 20, pp. 317-327.
- Manso, M. & Castro-Gomes, J., 2015. Green wall systems: A review of their characteristics. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Volume 41, pp. 863-871.
- Manso, M. & Castro-Gomes, J., 2016. Thermal analysis of a new modular system for green walls. *Journal of Building Engineering*, Volume 7, pp. 53-62.
- Martins, P. J. d. M., 2001. *Metodologias para qualificação e internalização dos custos externos no sector dos transportes*. Lisboa : s.n.
- Mathew, J. & Salot, A., 2014. *Feasibility Study of Green Walls*, University of Illinois: s.n.
- Mazzali, U. et al., 2013. Experimental investigation on the energy performance of LivingWalls in a temperate climate. *Building and Environment*, Volume 64, pp. 57-66.
- Nagase, A. & Dunnett, N., 2011. The relationship between percentage of organic matter in substrate and plant growth in extensive green roofs. *Landscape and Urban Planning*, Volume 103, pp. 230-236.
- Nagase, A., Dunnett, N. & Choi, M.-S., 2013. Investigation of weed phenology in an establishing semi-extensive. *Ecological Engineering*, Volume 58, pp. 156-164.
- Niu, H., Clark, C., Zhou, J. & Adriaens, P., 2010. Scaling of Economic Benefits from Green Roof Implementation in Washington, DC. *Environ. Sci. Technol.*, 44(11), p. 4302–4308.
- Nogueira, L. & Mesquita, S., CCDR LVT, 2016. *Avaliação da Qualidade do Ar na região de Lisboa e Vale do Tejo em 2015*, Lisboa: s.n.
- Nurmi, V., Votsis, A., Perrels, A. & Lehvävirta, S., 2013. *Cost-benefit analysis of green roofs in urban areas: case study in Helsinki*, Helsinki: Finnish Meteorological Institute.
- Observador, 2016. *Mobilidade. À espera do fim das obras*, Lisboa: Observador.
- Oliveira, J. S. G., 2008. *Interface de Entrecampos*. Lisboa: s.n.
- Othman, A. R. & Sahidin, N., 2016. Vertical Greening Façade as Passive Approach in Sustainable Design. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, Volume 222, pp. 845-854.
- Ottelé, M. et al., 2011. Comparative life cycle analysis for green fac, ades and living wall systems. *Energy and Buildings*, Volume 43, pp. 3419-3429.
- Ottelé, M., van Bohemen, H. D. & Fraaij, A. L., 2010. Quantifying the deposition of particulate matter on climber vegetation on living walls. *Ecological Engineering*, Volume 36, pp. 154-162.
- Parbo, J., Anker Nielsen, O. & Giacomo Prato, C., 2014. User perspectives in public transport timetable optimisation. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, Volume 48, pp. 269-284.
- Peck, S., 2003. The green roof infrastructure monitor. *Green Roofs for Healthy Cities*, 5(1), pp. 1-13.

- Pérez, G. et al., 2011. Behaviour of green facades in Mediterranean Continental climate. *Energy Conversion and Management*, Volume 52, pp. 1861-1867.
- Peri, G., Traverso, M., Finkbeiner, M. & Rizzo, G., 2012. The cost of green roofs disposal in a life cycle perspective: Covering the gap. *Energy*, Volume 48, pp. 406-414.
- Perini, K., Ottelé, M., Haas, E. M. & Raiteri, R., 2011. Greening the building envelope, façade greening and living wall systems. *Open Journal of Ecology*, Volume 1, pp. 1-8.
- Perini, K. & Rosasco, P., 2013. Cost e benefit analysis for green façades and living wall systems. *Building and Environment*, Volume 70, pp. 110-121.
- Perini, K. & Rosasco, P., 2016. Is greening the building envelope economically sustainable? An analyses to evaluate the advantages of economy of scope of vertical greening systems and green roofs. *Urban Forestry & Urban Greening*, Volume 20, pp. 328-337.
- Pugh, T. A. M., A. Robert MacKenzie, Whyatt, J. D. & Hewitt, C. N., 2012. Effectiveness of Green Infrastructure for Improvement of Air Quality in Urban Street Canyons. *Environmental Science & Technology*, Volume 46, pp. 7692-7699.
- Qin, J. et al., 2013. Influence of green spaces on environmental satisfaction and physiological status of urban residents. *Urban Forestry & Urban Greening*, Volume 12, pp. 490-497.
- Ramos, A. F. F., 2015. *Análise de desempenho de uma interface na perspetiva da circulação pedonal com recurso à micro-simulação: o caso de estudo do Colégio Militar*. Lisboa: s.n.
- Refahi, A. H. & Talkhabi, H., 2015. Investigating the effective factors on the reduction of energy consumption in residential buildings with green roofs. *Renewable Energy*, Volume 80, pp. 595-603.
- Renterghem, T. V. & Botteldooren, D., 2011. In-situ measurements of sound propagating over extensive green roofs. *Building and Environment*, Volume 46, pp. 729-738.
- Renterghem, T. V., Hornikx, M., Forssen, J. & Dick, B., 2013. The potential of building envelope greening to achieve quietness. *Building and Environment*, Volume 61, pp. 34-44.
- Riley, B., 2017. The state of the art of living walls: Lessons learned. *Building and Environment*, Volume 114, pp. 219-232.
- Rowe, D. B., 2011. Green roofs as a means of pollution abatement. *Environmental Pollution*, Volume 59, pp. 2100-2110.
- Santamouris, M., 2014. Cooling the cities – A review of reflective and green roof mitigation technologies to fight heat island and improve comfort in urban environments. *Solar Energy*, Volume 103, p. 682–703.
- Sarmiento, J. M. et al., 2008. *Mapa Estratégico de Ruído das Grandes Infra-estruturas de Transporte Ferroviário. Linha de Cintura*, Vila Nova de Gaia e Lisboa: Rede Ferroviária Nacional REFER, EP.

- Semaan, M. & Pearce, A., 2016. Assessment of the Gains and Benefits of Green Roofs in Different Climates. *Procedia Engineering*, Volume 145, pp. 333-339.
- Sheweke, D. S. M. & Mohamed, A. N. M., 2012. Green Facades as a New Sustainable Approach Towards Climate Change. *Energy Procedia*, Volume 18, pp. 507-520.
- Silva, C. M., Gomes, M. G. & Silva, M., 2016. Green roofs energy performance in Mediterranean climate. *Energy and Buildings*, Volume 116, pp. 318-325.
- Silva, J. d. A. e. & Bazrafshan, H., 2013. User Satisfaction of Intermodal Transfer Facilities in Lisbon, Portugal. *Transportation Research Record Journal of the Transportation*, Volume 2350, pp. 102-110.
- Silva, J. R. R. d., 2012. *Coberturas e Fachadas Verdes*. Lisboa: s.n.
- Speak, A., Rothwell, J., Lindley, S. & Smith, C., 2013. Reduction of the urban cooling effects of an intensive green roof due to vegetation damage. *Urban Climate*, Volume 3, pp. 40-55.
- Speak, A., Rothwell, J., Lindley, S. J. & Smith, C. L., 2012. Urban particulate pollution reduction by four species of green roof vegetation in a UK city. *Atmospheric Environment*, Volume 61, pp. 283-293.
- Sproul, J., Wanb, M. P., Benjamin, H. M. & H. R, A., 2014. Economic comparison of white, green, and black flat roofs in the United States. *Energy and Buildings*, Volume 71, p. 20–27.
- Stovin, V., Vesuviano, G. & Kasmin, H., 2012. The hydrological performance of a green roof test bed under UK climatic conditions. *Journal of Hydrology*, Volume 414–415, p. 148–161.
- Transport for London, 2009. *Interchange Best Practice Guidelines 2009: Quick Reference Guide*. s.l.:Mayor of London.
- Unidade responsável pela avaliação DG Política Regional Comissão Europeia, DG PRCE, 2003. *Manual de análise de custos e benefícios dos projectos de investimento*. s.l.:s.n.
- Veisten, K. et al., 2012. Valuation of Green Walls and Green Roofs as Soundscape Measures: Including Monetised Amenity Values Together with Noise-attenuation Values in a Cost-benefit Analysis of a Green Wall Affecting Courtyards. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, Volume 9, pp. 3770-3788.
- Vesely, É.-T., 2007. Green for green: The perceived value of a quantitative change in the urban tree estate of New Zealand. *Ecological Economics*, Volume 63, p. Ecological Economics.
- Vieira, M. A., 2004. *Melhoria da Velocidade dos Transportes Públicos de Superfície em Lisboa por Regulação da Admissão de Trânsito*. Lisboa: s.n.
- Vijayaraghavan, K., 2016. Greenroofs: A critical review on the role of components, benefits, limitations and trends. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Volume 57, pp. 740-752.

- Vijayaraghavan, K. & Joshi, U. M., 2014. Can green roof act as a sink for contaminants? A methodological study to evaluate runoff quality from green roofs. *Environmental Pollution*, Volume 194, pp. 121-129.
- Villarreal, E. L. & Bengtsson, L., 2005. Response of a Sedum green-roof to individual rain events. *Ecological Engineering*, Volume 25, pp. 1-7.
- White, M. P., Alcock, I., Wheeler, B. W. & Depledge, M. H., 2013. Would You Be Happier Living in a Greener Urban Area? A Fixed-Effects Analysis of Panel Data. *Psychological Science*, Volume 24, pp. 920-928.
- William, R. et al., 2016. An environmental cost-benefit analysis of alternative green roofing strategies. *Ecological Engineering*, Volume 95, pp. 1-9.
- Wong, G. K. & Jim, C., 2016. Do vegetated rooftops attract more mosquitoes? Monitoring disease vector abundance on urban green roofs. *Science of the Total Environment*, Volume 573, pp. 222-232.
- Wong, N. H. et al., 2003. Life cycle cost analysis of rooftop gardens in Singapore. *Building and Environment*, Volume 38, pp. 499-509.
- Wong, N. H. et al., 2010. Acoustics evaluation of vertical greenery systems for building walls. *Building and Environment*, Volume 45, pp. 411-420.
- Yang, J., Yu, Q. & Gong, P., 2008. Quantifying air pollution removal by green roofs in Chicago. *Atmospheric Environment*, Volume 42, pp. 7266-7273.

PUBLICAÇÕES ESCRITAS – REGULAMENTAÇÃO:

- Decreto-Lei n.º 102/2010, Diário da República, 1.ª série – N.º 186 – 23 de setembro de 2010.
- Decreto-Lei n.º 43/2015 – Diário da República n.º 61/2015, Série I de 2015-03-27.
- Decreto-Lei n.º 146/2006 – Diário da República n.º 146/2006, Série I de 2006-07-31.
- Decreto-Lei n.º 278/2007, de 01 de agosto (Regulamento Geral do Ruído).
- Decreto-Lei n.º 25/2013, de 19 de fevereiro.
- Decreto-Lei n.º 3/2017 – Diário da República n.º 5/2017, Série I de 2017-01-06.
- Despacho (extrato) n.º 15793-F/2013 – Diário da República, 2.ª série – N.º 234 – 3 de dezembro de 2013.
- Regulamento Delegado (EU) N.º 480/2014 da Comissão de 3 de março de 2014.

PÁGINAS DA INTERNET:

- Agência Portuguesa do Ambiente, APA, 2017. *Ambiente Portugal Ambição para o Futuro*. [Online]
Disponível em: <https://www.apambiente.pt/index.php?ref=16>
[Acedido em 15 Março 2017].
- Arch Daily, 2013. *Arch Daily*. [Online]
Disponível em: <http://www.archdaily.com/342301/toronto-union-station-go-transit-roof-proposal-zeidler-partnership-architects>
[Acedido em 2 Outubro 2016].
- Bandeira, M., 2016. *O Jornal Económico*. [Online]
Disponível em: <http://www.jornaleconomico.sapo.pt/noticias/lisboa-pode-tornar-um-deserto-ate-2100-84640#.WBdlcS2LTIU>
[Acedido em 31 Outubro 2016].
- CE Delft; INFRAS; Fraunhofer ISI, 2011. *External Costs of Transport in Europe*. s.l.:s.n. centre, T. g. r., 2016. *The green roof centre*. [Online]
Disponível em: http://www.thegreenroofcentre.co.uk/green_roofs/faq
[Acedido em 15 Outubro 2016].
- EFB, 2016. *European Federation of Green Roof Associations*. [Online]
Disponível em: http://www.efb-greenroof.eu/verband/fachbei/fa01_english.html
[Acedido em 25 Outubro 2016].
- E-konomista, 2017. *E-konomista*. [Online]
Disponível em: <http://www.e-konomista.pt/artigo/o-que-e-o-premio-de-risco-e-como-o-calcular/>
[Acedido em 7 Abril 2017].
- Gerador de Preços, 2016. *Gerador de Preços*. [Online]
Disponível em:
http://www.geradordeprecos.info/obra_nova/Coberturas/Sistemas_de_coberturas_verdes.html
[Acedido em 15 Outubro 2016].
- Green over Grey, 2009. *Green Over Grey - Living Walls and Design Inc.*. [Online]
Disponível em: <http://www.greenovergrey.com/green-wall-benefits/health-wellness.php>
[Acedido em 27 Março 2017].
- Green Savers, 2012. *Green Savers*. [Online]
Disponível em: <http://greensavers.sapo.pt/>
[Acedido em 28 Fevereiro 2017].

- Greenroofs, 2016. *Greenroofs.com*. [Online]
Disponível em: <http://www.greenroofs.com/Greenroofs101/faqs.htm>
[Acedido em 24 Setembro 2016].
- GRHC, 2016. *Green Roofs for Healthy Cities*. [Online]
Disponível em: <http://greenroofs.org/index.php/about/greenroofbenefits>
[Acedido em 28 Setembro 2016].
- Idealista, 2017. *Idealista: A maneira certa de encontrar casa*. [Online]
Disponível em: https://www.idealista.pt/arrendar-lojas_ou_armazens/lisboa-distrito/
[Acedido em 25 Março 2017].
- IGRA, 2017. *International Green Roof Association*. [Online]
Disponível em: http://www.igra-world.com/types_of_green_roofs/index.php
[Acedido em 10 Março 2017].
- Infraestruturas de Portugal, 2016. *Infraestruturas de Portugal*. [Online]
Disponível em: <http://www.infraestruturasdeportugal.pt/negocios-e-servicos/horarios>
[Acedido em 23 Dezembro 2016].
- Inhabitat, 2014. *Inhabitat*. [Online]
Disponível em: <http://inhabitat.com/rooftop-farms-on-japanese-train-stations-serve-as-community-gardens/>
[Acedido em 27 Setembro 2016].
- Investing, 2017. *Investing.com*. [Online]
Disponível em: <https://www.investing.com/>
[Acedido em 7 Abril 2017].
- Jornal Oficial da União Europeia, 2014. *EUR-Lex, Access to European Union Law*. [Online]
Disponível em: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/?uri=CELEX%3A32014R0480>
[Acedido em 9 Abril 2017].
- Landlab, 2016. *Landlab*. [Online]
Disponível em: <http://www.landlab.pt/pt/faq>
[Acedido em 16 Outubro 2016].
- Neoturf, 2012. *Neoturf*. [Online]
Disponível em: <http://www.neoturf.pt/pt/coberturas-ajardinadas>
[Acedido em 21 Setembro 2016].
- Network Rail, 2011. *Guide to Station Planning and Design*. [Online]
Disponível em: <http://www.steerdaviesgleave.com/news-and-insights/guide-to-station-planning-and-design>
[Acedido em 4 Fevereiro 2017].

- Northern Architecture, 2016. *Northern Architecture*. [Online]
Disponível em: <http://www.northernarchitecture.us/green-roofs/green-roofs.html>
[Acedido em 7 Novembro 2016].
- Pickering, M., 2013. *Houzz*. [Online]
Disponível em: <http://www.houzz.com/ideabooks/18654022/list/6-green-roof-myths-busted>
[Acedido em 29 Setembro 2016].
- PORDATA, 2017. *PORDATA - Base de Dados Portugal Contemporâneo*. [Online]
Disponível em: [http://www.pordata.pt/Portugal/PIB+\(base+2011\)-130](http://www.pordata.pt/Portugal/PIB+(base+2011)-130)
[Acedido em 29 Março 2017].
- Público, 2015. *Público*. [Online]
Disponível em: <https://www.publico.pt/local/noticia/em-cima-da-viaferrea-de-espinho-surgira-uma-pala-e-o-chao-lembrara-uma-rede-de-pesca-1716463>
[Acedido em 12 Outubro 2016].
- Transportes de Lisboa, 2014. *Carris*. [Online]
Disponível em: <http://www.carris.pt/pt/mapas-carris/>
[Acedido em 2017 Janeiro 14].
- Vegetal i.D., 2016. *Vegetal i.D. - Green innovation for smart cities*. [Online]
Disponível em: <http://www.vegetalid.us/green-roof-technical-resources/extensive-green-roof-design-guide/267-benefits-of-green-roofs.html>
[Acedido em 14 Outubro 2016].
- Viegas, J. M., 2012. *Instituto Superior Técnico, Transportes*. [Online]
Disponível em:
https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/downloadFile/3779573942248/introd_cad_transportes.pdf
[Acedido em 25 Setembro 2016].
- ZinCo, 2016. *Life on Roofs, ZinCo*. [Online]
Disponível em: http://www.zinco.pt/downloads/guias/Sistemas_coberturas%20ecologicas.pdf
[Acedido em 6 Outubro 2016].
- ZinCo, 2016. *Life on Roofs, ZinCo*. [Online]
Disponível em: http://www.zinco-greenroof.com/EN/greenroof_systems/index.php
[Acedido em 24 Setembro 2016].

ANEXOS

ANEXO I

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA DA QUANTIFICAÇÃO DE BENEFÍCIOS ASSOCIADOS À INSTALAÇÃO DE INFRAESTRUTURAS VERDES

ANEXO II

LOCALIZAÇÃO E IDENTIFICAÇÃO DE ACESSOS, ESTAÇÃO FERROVIÁRIA DE ENTRECAMPOS

ANEXO III

CONTAGEM DE PASSAGEIROS NO PERÍODO DE PONTA DA MANHÃ, ESTAÇÃO FERROVIÁRIA DE ENTRECAMPOS

ANEXO IV

ANÁLISES FINANCEIRA, ECONÓMICA E SOCIOAMBIENTAL

ANEXO V

ANÁLISE DE SENSIBILIDADE

ANEXO I

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA DA QUANTIFICAÇÃO DE BENEFÍCIOS ASSOCIADOS À INSTALAÇÃO DE INFRAESTRUTURAS VERDES

Tabela I.1 – Custos de demolição de coberturas e fachadas verdes.

	Tipologia	Sistema	Custo demolição (€/m ²)	Local	Referência	
Cobertura	Convencional		0			
			1,18	EUA	Sproul <i>et al.</i> (2014)	
	Extensiva		0,18 (só aterro)	Canadá	Bianchini & Hewage (2012)	
			38,40 48	Génova, Itália	Perini & Rosasco (2016)	
			0,10 (só aterro)	Canadá	Bianchini & Hewage (2012)	
Intensiva						
Fachada	Verde	Direto	31,10		Perini & Rosasco (2013)	
		Indireto	Polímero/aço	198,57*		
			Aço	50,04	Génova, Itália	Perini & Rosasco (2016)
		Indireto com outros suportes	204,40*		Perini & Rosasco (2013)	
			59,45		Perini & Rosasco (2016)	
	Viva	Modular	218,56*		Perini & Rosasco (2013)	

*inclui: custos de remoção de plantas e estruturas; transporte para aterro e taxas associadas; renovação do revestimento da fachada.

Tabela I.2 – Aumento do valor do imóvel com instalação de coberturas e fachadas verdes.

Caracterização			Parâmetros		Benefício (€/m ²)	Referência	
Tipologia	Localização	Estudo	Período (anos)	Taxa de atualização (%)			
Cobertura verde	Extensiva	Sem referência	Análise baseada em estudos anteriores	40 - 55	2 - 8	121 - 160 (2 - 5%)	Bianchini e Hewage (2012)
						166 - 593 (5 - 8%)	
	Intensiva	Kuala Lumpur, Malásia	Simulação Monte Carlo	50	8 - 15	20,6 - 82,4	Mahdiyari <i>et al.</i> (2016)
						41,1 - 164,7	
Cobertura + fachada verde	Indireto + extensiva	Génova, Itália	Avaliação de viabilidade económica	50	3,5	3,92 + 2,65 (anual)	Perini e Rosasco (2016)
						5,49 + 11,25 (anual)	
Fachada verde	Direto/ indireto	Génova, Itália	Análise custo-benefício	50	5	4,5 (8%) (anual)	Perini e Rosasco (2013)
						8,7 (20%) (anual)	
	Sem referência	Japão	Influência de paisagens urbanas em duas cidades	---	---	85 (1,7%); 25 (4,2%) (anual)	Gao e Asami (2007)
						Análise baseada em estudos anteriores	

Tabela 1.3 – Estudos de percepção de bem-estar em espaços verdes.

Local	Estudo	Medida de bem-estar		Referência
Itália	569 residentes de 4 cidades; bem-estar em função da existência de praças com elementos verdes; zonas urbanas (u) e periurbanas (p)	Benefícios e bem-estar (escala 0 – 4)	Pouca biodiversidade: 1,91 (u); 2,48 (p) Alta biodiversidade: 2,42 (u); 2,62 (p)	Carrus <i>et al.</i> (2015)
		Recuperação (stress) (escala 0 – 4)	Pouca biodiversidade: 1,91 (u); 2,34 (p) Alta biodiversidade: 2,34 (u); 2,47 (p)	
Holanda	4529 inquiridos; influência de espaços verdes (raio de 1 a 3 km) na saúde; resultados para episódios de stress nos últimos 3 meses	Nº problemas de saúde (últimas 2 semanas)	Pouco verde: 5,1 – 5,3 Muito verde: 4,7 – 5	Berg <i>et al.</i> (2010)
		Bem-estar psicológico (escala 1 bom – 4 mau)	Pouco verde: ≈ 1,9 Muito verde: 1,7 – 1,8	
		Percepção de saúde geral (1 excelente – 5 pobre)	Pouco verde: ≈ 2,88 Muito verde: 2,74 – 2,77	
Shangai, China	249 questionários de avaliação da satisfação; influência de amostras com cores, tamanho e cheiro distintos; escala de -3 (nada satisfeito) a 3 (muito satisfeito)	Campo de tulipas (50 m ²)	1,35	Qin <i>et al.</i> (2013)
		Relvado (500 m ²)	1,05	
		Campo de cerejeiras (1000 m ²)	1,25	
		Sem vegetação (500 m ²)	0,85	
Suécia	953 residentes de 6 cidades; identificação das dimensões mais valorizadas em ambientes naturais; escala de 8 pontos	Generalidade dos casos	Serenidade – 4,33 Espaço – 3,87 Natureza – 3,25	Grahm & Stigsdotter (2010)
		Inquiridos com episódios de stress	Refúgio – 7,17 Natureza – 6,03 Espécies – 2,96	

Tabela 1.4 – Variação da temperatura interior com a instalação de coberturas e fachadas verdes.

Localização	Clima	Aplicação	Estudo	Variação da T _{interior} (°C)	Referência
Catalunha, Espanha	Mediterrânico continental	Fachada verde, sistema indireto	Medições em espaço aberto, com fachadas na envolvente	+ 3,8 (Inverno); - 1,4 (Verão)	Pérez <i>et al.</i> (2011)
Grécia	Mediterrânico	Cobertura verde	Medições no Verão	- 4	Niachou <i>et al.</i> (2001) por Berardi <i>et al.</i> (2014)
Covilhã, Portugal		Fachada viva modular	Medições de setembro a dezembro	+ 7 (T _{sup, mín}); - 7 (T _{sup, máx}); - 11,3 (Δ máx)	Manso e Castro-Gomes (2016)

Tabela I.5 – Quantificação da melhoria da qualidade do ar em coberturas verdes.

Caracterização			Estudo	Parâmetros		Benefício (€/m ²)	Referência
Localização	Clima	Período (anos)		Taxa de atualização (%)			
Cobertura Extensiva/intensiva	Sem referência	Sem referência	Análise baseada em estudos anteriores	40-55	2 - 8	0,02-0,028; 1,5x10 ⁻⁴ (média anual, CO)	Bianchini e Hewage (2012)
Extensiva, c/ <i>Sedum</i>	Tanyard Branch, Atenas, EUA	Subtropical húmido	Comparação com cobertura tradicional; bacia hidrográfica	40	4	0,1	Carter e Keeler (2008)
Sem referência	Dilbeek, Flandres, Bélgica	Temperado oceânico	Projeto de investimento	50	9 (privada); 4 (social)	0,0124 (anual, NO _x); 0,369 (média anual NO ₂)	Claus e Rosseau (2012)
Fachada verde e viva	Génova, Bélgica	Mediterrânico	Análise de ciclo de vida	50	4,5 - 5,5	9,4 - 10,9 (x10 ⁻³) (anual, NO _x); 0,055 - 0,065 (x10 ⁻³) (anual, CO)	Perini e Rosasco (2013)

Tabela I.6 – Absorção sonora de coberturas e fachadas verdes.

Localização	Aplicação	Estudo	Absorção sonora (α)	Referência
Canadá	Cobert. verdes	Medições: variação da profundidade do solo (50 e 200 mm)	0,20 (20 mm); 0,63 (200 mm)	Connelly e Hodgson (2015)
		Medições: variação da gama de frequências	0,03 (250Hz); 0,89 (2000 Hz)	
Inglaterra	Fachadas verdes	Medições: câmara de reverberação; variação da espessura do substrato (50, 100, 150, 200 mm)	0,9 (50 mm; 1000 Hz); + 0,1 com profundidade; + 0,2 com vegetação (até 2000 Hz)	Yang et. al (2013) por Azkorra <i>et al.</i> (2015)
Islão		Simulação: instalação de fachadas verdes em zonas densamente urbanizadas	0,54 - 0,99	Ismail (2013) por Azkorra <i>et al.</i> (2015)
Sem referência		Medições: câmara de reverberação; fachada verde modular (60x40x8 cm)	Betão 0,25 - 0,44 Tijolo 0,03 - 0,05 Vidro 0,04 - 0,35 Madeira 0,09 - 0,28 Fibras de vidro 0,06 - 0,98 Fachada verde 0,35-0,51	Azkorra, <i>et al.</i> (2015)

Tabela 1.7 – Quantificação da atenuação do ruído em coberturas verdes.

Caracterização				Parâmetros		Benefício (€/m ²)	Referência	
Localização	Clima	Estudo	Período (anos)	Taxa de atualização (%)				
Cobertura verde	Extensiva	Dilbeek, Flandres, Bélgica	Temperado marítimo	Projeto de investimento	50	9 (privada); 4 (social)	14,40 (0,28 anual)	Claus e Rosseau (2012)
	Sem referência	Kuala Lumpur, Malásia	Equatorial	Simulação de Monte Carlo	50	8-15	10,06 - 17,38	Mahdiyar <i>et al.</i> (2016)
		Helsínquia, Filândia	Continental temperado	Estudo comparativo	40	3	20	Nurmi <i>et al.</i> (2013)
Fachada verde	Modular	Europa	---	Medições em duas fachadas	40	3	1,93 (58 m ²); 1,76 (369 m ²)	Vestein <i>et al.</i> (2012)

Tabela 1.8 – Redução da temperatura ambiente na envolvente de coberturas e fachadas verdes.

Localização	Clima	Aplicação	Estudo	Redução de temperatura (°C)	Referência	
Manchester	Marítimo temperado	Coberturas verdes	Intensiva	Medições: a 30 cm de cobertura intensiva	Média 1,06; Noite 1,58	Speak <i>et al.</i> (2013)
Atenas	Mediterrâneo		Intensiva	Medições: parque, no Verão	1 - 2 (pico de calor)	Santamouris (2014)
Madrid			Extensivas	Simulação: edifícios de 20 m; Medições: caso real, 15 m (com e sem vegetação na envolvente dos edifícios)	0,1 - 2 (simulação); 3 - 5 (medição a 1 m)	Alcazar <i>et al.</i> (2016)
Chicago			Continental húmido	Extensivas	Simulação: nível urbano, 50 000 m ² de coberturas	2 - 3 (19h - 23h)
Génova	Mediterrânico	Fachadas verdes		Medições: sistemas direto, indireto e vivo	1,2; 2,7; 5 (respetivamente)	Perini <i>et al.</i> (2011)
Reino Unido	Temperado			Medições: sistema direto	6 (céu limpo); 4 (nublado)	Cuce <i>et al.</i> (2016)
Norte de Itália	Mediterrâneo temperado			Medições: a 80 mm das fachadas e a 40 cm do solo	3 (11h - 18h, período quente)	Cameron <i>et al.</i> (2014)
				Medições: diferenças de temperatura entre fachada comum e fachada viva	12 - 20 (céu limpo); 1 - 2 (nublado)	Mazzali <i>et al.</i> (2013)

Tabela I.9 – Redução da concentração de poluentes presente em escoamentos por coberturas verdes.

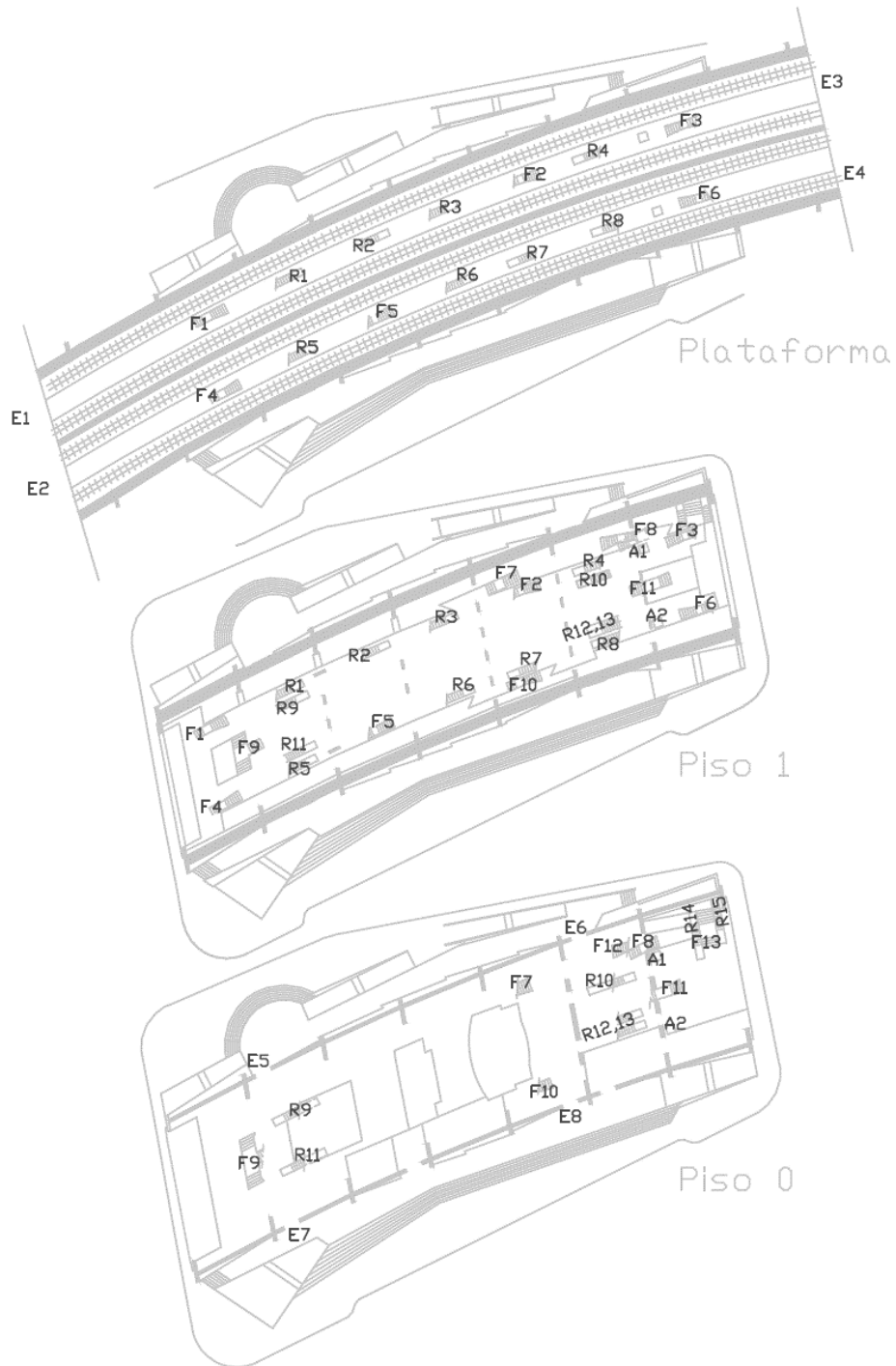
Localização	Estudo	Redução de poluentes	Referência
Karlsruhe, Alemanha	Retenção de metais pesados por coberturas verdes extensivas	97% Cu, 96% Zn, 92% Cd e 99% Pb no Verão; 34% Cu, 72% Zn, 62% Cd e 91% Pb no Inverno	Steusloff (1998) por Rowe (2011)
Berlim, Alemanha	Retenção de nutrientes e metais pesados	24% (ano 1) e 80% (ano 4) de PO ₄ ; 95% Pb, 88% Cd, 80% NO ₃ , 67% PO ₄ (média ao fim de 3 anos)	Köhler <i>et al.</i> (2002) por Rowe (2011)
Pensilvânia, EUA	Estudo comparativo entre coberturas tradicionais e coberturas verdes intensivas	Fatores de redução: 1,5 (Zn); 2,5 (Cd); 3 (Cu)	Kosareo e Ries (2007)
Chennai, Índia	Medições ao fim de 70 mm de chuvada artificial (água da torneira)	66,6 Al; 68,1 Fe; 15,1 Cr; 15,0 Cu; 13,0 Ni; 8,8 Pb; 16,4 Zn; 7,7 Cd (valores em mg)	Vijayaraghavan e Joshi (2014)

Tabela I.10 – Quantificação da retenção e do atraso do escoamento das águas pluviais em coberturas verdes.

	Caracterização		Estudo	Parâmetros		Benefício (€/m ²)		Referência	
	Localização	Clima		Período (anos)	Taxa de atualização (%)	Retenção	Drenagem		
Coberturas verdes	Extensiva/ Intensiva	Sem referência	Análise baseada em estudos anteriores	40-55	2-8	Até 0,35	(Sistema) 36-92	Bianchini e Hewage (2012)	
							92-297		
	Extensiva, com <i>Sedum</i>	Tanyard Branch, Atenas, EUA	Subtropical húmido	Comparação com cobertura tradicional numa bacia hidrográfica	40	4	0,04	Carter e Keeler (2008)	
Coberturas verdes	Sem referência	Dilbeek, Flandres, Bélgica	Temperado oceânico	Projeto de investimento	50	9 (privada); 4 (social)	0,303	0,10	Claus e Rosseau (2012)
		Helsínquia, Filândia	Continental temperado	Coberturas sem alterações estruturais nos edifícios	40	3	0,15	1,9-3,4	Nurmi <i>et al.</i> (2013)
		Washington DC, EUA	Temperado	Instalação de coberturas na cidade (≈ 2 km ²)	40	6	0,11 - 0,16 (anual)	167	Niu <i>et al.</i> (2010)

ANEXO II

LOCALIZAÇÃO E IDENTIFICAÇÃO DE ACESSOS, ESTAÇÃO FERROVIÁRIA DE ENTRECAMPOS



Legenda:
E-entrada
F-escada fixa
R-escada rolante
A-ascensor

ANEXO III

CONTAGEM DE PASSAGEIROS NO PERÍODO DE PONTA DA MANHÃ, ESTAÇÃO FERROVIÁRIA DE ENTRECAMPOS

Tabela III.1 – Resultados das contagens nos acessos da estação ferroviária de Entrecampos.

Acesso	Contagem (pessoas/minutos)	Acesso	Contagem (pessoas/minutos)	Acesso	Contagem (pessoas/minutos)
A1	0	F1	40/2	R1	---
A2	0	F2	120/2	R2	60/2
E1	30/2	F3	124/2	R3	74/2
E2	20/2	F4	28/2	R4	---
E3	84/3	F5	34/2	R5	30/2
E4	38/2	F6	74/2	R6	38/2
E5	60/3	F7	34/2	R7	---
E6	34/2	F8	48/1,5	R8	20/1
E7	63/2,5	F9	102/3	R9	---
E8	120/3	F10	34/1	R10	---
		F11	200/2,5	R11	12/1
		F12	22/1,5	R12	---
		F13	237/3	R13	15/1
				R14	---
				R15	96/3

Tabela III.2 – Número de passageiros por minuto nos acessos da estação ferroviária de Entrecampos.

Acesso	Pessoas/minuto	Acesso	Pessoas/minuto	Acesso	Pessoas/minuto
A1	0	F1	20	R1	---
A2	0	F2	60	R2	30
E1	15	F3	62	R3	37
E2	10	F4	14	R4	---
E3	28	F5	17	R5	15
E4	19	F6	37	R6	18
E5	20	F7	17	R7	---
E6	17	F8	32	R8	20
E7	25	F9	34	R9	---
E8	40	F10	34	R10	---
		F11	80	R11	12
		F12	15	R12	---
		F13	79	R13	15
				R14	---
				R15	32

Legenda:

--- Acessos com sentido ascendente (sem relevância na hora de ponta da manhã, 8h-9h30)

■ Acessos críticos, com maior fluxo de utilizadores (> 60 pessoas/minuto)

E - entrada; F - escada fixa; R - escada rolante; A - ascensor

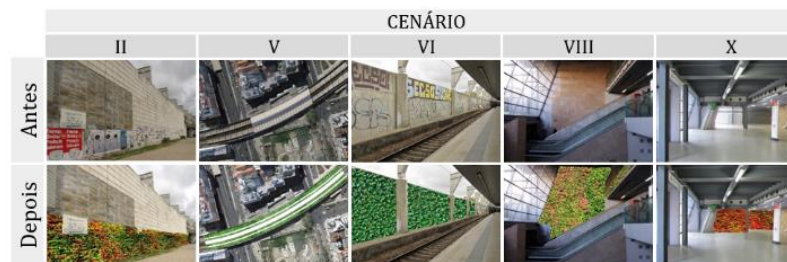
Observações:

As contagens foram realizadas em dias úteis, de 13 a 17 de fevereiro de 2017, das 8h às 9h30.

A localização dos acessos, com as respetivas designações, está representada em Anexo II.

Tabela IV.1 – Análises financeira, económica e socioambiental do cenário II, t (fachada verde).

ANÁLISE		Ano	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50			
Socio-ambiental	Económica	Financeira	Instalação	-17 100,00 €												
			Manutenção		-587,31 €	-605,14 €	-623,51 €	-642,44 €	-661,95 €	-682,05 €	-702,76 €	-724,09 €	-746,08 €	-768,73 €		
			Substituição												-128 121,68 €	
			Demolição													
			Painéis fotovoltaicos													
			CF	-17 100,00 €	-587,31 €	-605,14 €	-623,51 €	-642,44 €	-661,95 €	-682,05 €	-702,76 €	-724,09 €	-746,08 €	-768,73 €	-128 890,41 €	
			CFA	-17 100,00 €	-497,94 €	-435,00 €	-380,01 €	-331,97 €	-290,00 €	-253,34 €	-221,32 €	-193,34 €	-168,90 €	-148,90 €	-24 738,61 €	
			CFA acumulado	-17 100,00 €	-19 729,94 €	-22 027,41 €	-24 034,45 €	-25 787,77 €	-27 319,45 €	-28 657,50 €	-29 826,40 €	-30 847,53 €	-31 739,58 €	-32 519,92 €	-57 109,92 € VAL	
			Aluguer de espaços													
	Socio-ambiental	Económica	Socio-ambiental	Melhoria estética		52 239,67 €	53 825,78 €	55 460,05 €	57 143,94 €	58 878,95 €	60 666,64 €	62 508,61 €	64 406,51 €	66 362,03 €	68 376,92 €	
				Satisfação/conforto												
				CF	-17 100,00 €	51 652,36 €	53 220,64 €	54 836,54 €	56 501,49 €	58 217,00 €	59 984,59 €	61 805,86 €	63 682,42 €	65 615,95 €	-60 513,49 €	
				CFA	-17 100,00 €	43 793,10 €	38 257,01 €	33 420,77 €	29 195,89 €	25 505,11 €	22 280,89 €	19 464,26 €	17 003,69 €	14 854,18 €	-11 614,67 €	
				CFA acumulado	-17 100,00 €	214 197,41 €	416 255,46 €	592 770,41 €	746 971,30 €	881 678,94 €	999 357,56 €	1 102 159,89 €	1 191 966,51 €	1 270 420,25 €	1 314 365,24 € VAL	
				Empregabilidade		528,58 €	544,62 €	561,16 €	578,20 €	595,75 €	613,84 €	632,48 €	651,68 €	671,47 €	691,86 €	
				Qualidade do ar		14,00 €	14,42 €	14,86 €	15,31 €	15,78 €	16,26 €	16,75 €	17,26 €	17,78 €	18,32 €	
				Ruído												
				Escoamento de águas pluviais												
Socio-ambiental	Económica	Socio-ambiental	CF	-17 100,00 €	52 194,94 €	53 779,69 €	55 412,56 €	57 095,00 €	58 828,53 €	60 614,69 €	62 455,09 €	64 351,36 €	66 305,20 €	-59 803,31 €		
			CFA	-17 100,00 €	44 253,11 €	38 658,87 €	33 771,83 €	29 502,58 €	25 773,02 €	22 514,93 €	19 668,72 €	17 182,30 €	15 010,21 €	-11 478,36 €		
			CFA acumulado	-17 100,00 €	216 627,04 €	420 807,56 €	599 176,69 €	754 997,35 €	891 120,00 €	1 010 034,77 €	1 113 916,97 €	1 204 666,94 €	1 283 944,79 €	1 328 609,70 € VAL		



ANÁLISES FINANCEIRA, ECONÓMICA E SOCIOAMBIENTAL

ANEXO IV

Tabela IV.2 – Análises financeira, económica e socioambiental do cenário II (fachada viva).

ANÁLISE		Ano	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50			
Socio-ambiental	Económica	Financeira	Instalação	-114 000,00 €												
			Manutenção		-9 396,90 €	-9 682,21 €	-9 976,19 €	-10 279,08 €	-10 591,18 €	-10 912,75 €	-11 244,09 €	-11 585,48 €	-11 937,24 €	-12 299,68 €		
			Substituição												-128 121,68 €	
			Demolição													
			Painéis fotovoltaicos													
		CF	-114 000,00 €	-9 396,90 €	-9 682,21 €	-9 976,19 €	-10 279,08 €	-10 591,18 €	-10 912,75 €	-11 244,09 €	-11 585,48 €	-11 937,24 €	-12 299,68 €	-140 421,37 €		
		CFA	-114 000,00 €	-7 967,10 €	-6 959,94 €	-6 080,10 €	-5 311,49 €	-4 640,04 €	-4 053,47 €	-3 541,05 €	-3 093,41 €	-2 702,36 €	-2 351,80 €	-2 029,80 €		
		CFA acumulado	-114 000,00 €	-156 078,99 €	-192 838,58 €	-224 951,22 €	-253 004,36 €	-277 511,17 €	-298 919,96 €	-317 622,36 €	-333 960,51 €	-348 233,28 €	-362 421,37 €	-385 292,82 € VAL		
		Socio-ambiental	Económica	Aluguer de espaços	Melhoria estética		74 628,10 €	76 893,97 €	79 228,64 €	81 634,19 €	84 112,78 €	86 666,63 €	89 298,02 €	92 009,30 €	94 802,90 €	97 681,32 €
	Satisfação/conforto															
	CF				-114 000,00 €	65 231,20 €	67 211,76 €	69 252,45 €	71 355,11 €	73 521,60 €	75 753,88 €	78 053,93 €	80 423,82 €	82 865,66 €	-42 740,05 €	
	CFA			-114 000,00 €	55 305,82 €	48 314,35 €	42 206,71 €	36 871,17 €	32 210,11 €	28 138,29 €	24 581,20 €	21 473,77 €	18 759,17 €	-8 203,32 €		
	CFA acumulado			-114 000,00 €	178 102,94 €	433 279,80 €	656 198,58 €	850 937,17 €	1 021 057,95 €	1 169 672,99 €	1 299 500,91 €	1 412 916,69 €	1 511 995,05 €	1 573 957,41 € VAL		
	Empregabilidade				528,58 €	544,62 €	561,16 €	578,20 €	595,75 €	613,84 €	632,48 €	651,68 €	671,47 €	691,86 €		
	Qualidade do ar				14,00 €	14,42 €	14,86 €	15,31 €	15,78 €	16,26 €	16,75 €	17,26 €	17,78 €	18,32 €		
	Ruído															
	Escoamento de águas pluviais															
	Económica	Económica	CF	-114 000,00 €	65 773,77 €	67 770,81 €	69 828,47 €	71 948,62 €	74 133,13 €	76 383,98 €	78 703,16 €	81 092,76 €	83 554,91 €	-42 029,87 €		
CFA			-114 000,00 €	55 765,83 €	48 716,22 €	42 557,78 €	37 177,85 €	32 478,03 €	28 372,33 €	24 785,65 €	21 652,39 €	18 915,21 €	-8 067,01 €			
CFA acumulado			-114 000,00 €	180 532,56 €	437 831,91 €	662 604,86 €	858 963,22 €	1 030 499,02 €	1 180 350,19 €	1 311 257,98 €	1 425 617,12 €	1 525 519,59 €	1 588 201,86 € VAL			

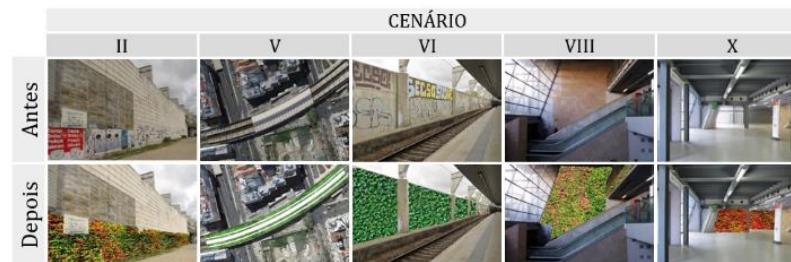


Tabela IV.3 – Análises financeira, económica e socioambiental do cenário V (cobertura verde extensiva).

ANÁLISE		Ano	0	5	10	15	20	25	30	35	40	
Económica	Financeira	Instalação	-440 000,00 €									
		Manutenção		-20 607,24 €	-21 232,92 €	-21 877,60 €	-22 541,85 €	-23 226,27 €	-23 931,47 €	-24 658,08 €	-25 406,76 €	
		Substituição										-508 135,13 €
		Demolição										
		Painéis fotovoltaicos		730,50 €	752,68 €	775,53 €	799,07 €	823,34 €	848,33 €	874,09 €	900,63 €	
		CF	-440 000,00 €	-19 876,75 €	-20 480,25 €	-21 102,07 €	-21 742,78 €	-22 402,94 €	-23 083,14 €	-23 783,99 €	-532 641,25 €	
	CFA	-440 000,00 €	-16 852,36 €	-14 721,98 €	-12 860,90 €	-11 235,10 €	-9 814,82 €	-8 574,08 €	-7 490,19 €	-142 219,28 €		
	CFA acumulado	-440 000,00 €	-529 007,35 €	-606 762,88 €	-674 688,97 €	-734 028,21 €	-785 866,10 €	-831 150,93 €	-870 711,09 €	-1 040 946,23 € VAL		
	Socio-ambiental	Aluguer de espaços										
		Melhoria estética										
		Satisfação/conforto		477 016,47 €	491 499,72 €							
		CF	-440 000,00 €	457 139,72 €	471 019,47 €	-21 102,07 €	-21 742,78 €	-22 402,94 €	-23 083,14 €	-23 783,99 €	-532 641,25 €	
CFA		-440 000,00 €	387 582,73 €	338 586,61 €	-12 860,90 €	-11 235,10 €	-9 814,82 €	-8 574,08 €	-7 490,19 €	-142 219,28 €		
CFA acumulado		-440 000,00 €	1 607 055,08 €	3 395 332,50 €	3 327 406,41 €	3 268 067,17 €	3 216 229,28 €	3 170 944,45 €	3 131 384,29 €	2 961 149,15 € VAL		
Socio-ambiental	Empregabilidade		22 255,82 €	22 931,56 €	23 627,81 €	24 345,20 €	25 084,37 €	25 845,99 €	26 630,73 €	27 439,30 €		
	Qualidade do ar		906,72 €	934,25 €	962,61 €	991,84 €	1 021,96 €	1 052,98 €	1 084,96 €	1 117,90 €		
	Ruído exterior	11 153,00 €										
	Escoamento de águas pluviais		845,29 €	870,95 €	897,40 €	924,64 €	952,72 €	981,65 €	1 011,45 €	1 042,16 €		
	CF	-428 847,00 €	481 147,55 €	495 756,23 €	4 385,75 €	4 518,91 €	4 656,11 €	4 797,48 €	4 943,14 €	-503 041,90 €		
	CFA	-428 847,00 €	407 937,60 €	356 368,33 €	2 672,95 €	2 335,05 €	2 039,86 €	1 781,99 €	1 556,72 €	-134 316,03 €		
CFA acumulado	-428 847,00 €	1 725 714,28 €	3 607 907,53 €	3 622 024,95 €	3 634 357,72 €	3 645 131,44 €	3 654 543,21 €	3 662 765,19 €	3 534 271,84 € VAL			

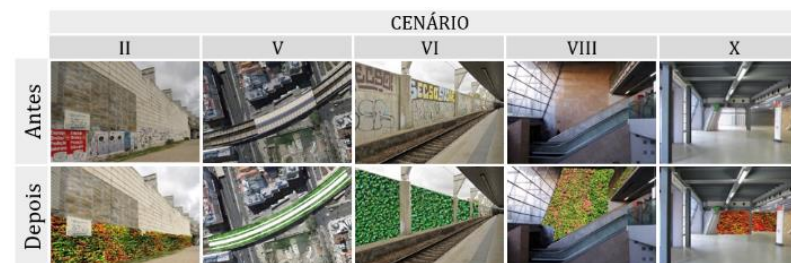


Tabela IV.4 – Análises financeira, económica e socioambiental do cenário VI,t (fachada verde).

ANÁLISE		Ano	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	
Socio-ambiental	Económica	Instalação	-34 200,00 €											
		Manutenção		-1 174,61 €	-1 210,28 €	-1 247,02 €	-1 284,89 €	-1 323,90 €	-1 364,09 €	-1 405,51 €	-1 448,19 €	-1 492,16 €	-1 537,46 €	
		Substituição												-256 243,37 €
		Demolição												
		Painéis fotovoltaicos												
		CF	-34 200,00 €	-1 174,61 €	-1 210,28 €	-1 247,02 €	-1 284,89 €	-1 323,90 €	-1 364,09 €	-1 405,51 €	-1 448,19 €	-1 492,16 €	-1 537,46 €	-257 780,83 €
		CFA	-34 200,00 €	-995,89 €	-869,99 €	-760,01 €	-663,94 €	-580,00 €	-506,68 €	-442,63 €	-386,68 €	-337,79 €	-337,79 €	-49 477,21 €
		CFA acumulado	-34 200,00 €	-39 459,87 €	-44 054,82 €	-48 068,90 €	-51 575,54 €	-54 638,90 €	-57 314,99 €	-59 652,80 €	-61 695,06 €	-63 479,16 €	-63 479,16 €	-114 219,84 € VAL
	Socio-ambiental	Aluguer de espaços												
		Melhoria estética		222 215,32 €	228 962,26 €	235 914,05 €	243 076,91 €	250 457,26 €	258 061,68 €	265 896,99 €	273 970,20 €	282 288,53 €	290 859,42 €	
		Satisfação/conforto		15 900,55 €	16 383,32 €									
		CF	-34 200,00 €	236 941,26 €	244 135,31 €	234 667,03 €	241 792,03 €	249 133,36 €	256 697,59 €	264 491,48 €	272 522,02 €	280 796,37 €	33 078,59 €	
		CFA	-34 200,00 €	200 889,00 €	175 493,69 €	143 020,55 €	124 940,67 €	109 146,34 €	95 348,65 €	83 295,19 €	72 765,46 €	63 566,84 €	6 348,95 €	
		CFA acumulado	-34 200,00 €	1 026 814,36 €	1 953 701,01 €	2 709 077,68 €	3 368 963,70 €	3 945 430,49 €	4 449 023,45 €	4 888 954,91 €	5 273 272,61 €	5 609 006,93 €	5 853 117,42 € VAL	
		Empregabilidade		1 057,15 €	1 089,25 €	1 122,32 €	1 156,40 €	1 191,51 €	1 227,68 €	1 264,96 €	1 303,37 €	1 342,94 €	1 383,71 €	
		Qualidade do ar		27,99 €	28,84 €	29,72 €	30,62 €	31,55 €	32,51 €	33,50 €	34,52 €	35,56 €	36,64 €	
	Ruído exterior	1 115,00 €												
	Escoamento de águas pluviais													
	CF	-33 085,00 €	238 026,41 €	245 253,40 €	235 819,07 €	242 979,05 €	250 356,42 €	257 957,78 €	265 789,94 €	273 859,90 €	282 174,88 €	34 498,95 €		
	CFA	-33 085,00 €	201 809,03 €	176 297,42 €	143 722,68 €	125 554,03 €	109 682,17 €	95 816,74 €	83 704,10 €	73 122,68 €	63 878,91 €	6 621,56 €		
CFA acumulado	-33 085,00 €	1 032 788,61 €	1 963 920,23 €	2 723 005,23 €	3 386 130,81 €	3 965 427,62 €	4 471 492,86 €	4 913 584,05 €	5 299 788,47 €	5 637 171,00 €	5 882 721,33 € VAL			

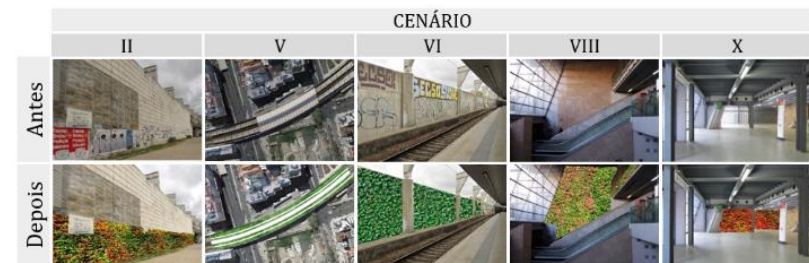


Tabela IV.5 – Análises financeira, económica e socioambiental do cenário VI (fachada viva).

ANÁLISE		Ano	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	
Socio-ambiental	Económica	Instalação	-228 000,00 €											
		Manutenção		-18 793,81 €	-19 364,43 €	-19 952,37 €	-20 558,17 €	-21 182,36 €	-21 825,50 €	-22 488,17 €	-23 170,96 €	-23 874,48 €	-24 599,36 €	
		Substituição												-256 243,37 €
		Demolição												
		Painéis fotovoltaicos												
		CF	-228 000,00 €	-18 793,81 €	-19 364,43 €	-19 952,37 €	-20 558,17 €	-21 182,36 €	-21 825,50 €	-22 488,17 €	-23 170,96 €	-23 874,48 €	-24 599,36 €	-280 842,73 €
		CFA	-228 000,00 €	-15 934,20 €	-13 919,88 €	-12 160,21 €	-10 622,98 €	-9 280,08 €	-8 106,94 €	-7 082,11 €	-6 186,82 €	-5 404,72 €	-4 726,00 €	-53 903,60 €
		CFA acumulado	-228 000,00 €	-312 157,98 €	-385 677,16 €	-449 902,45 €	-506 008,72 €	-555 022,34 €	-597 839,92 €	-635 244,73 €	-667 921,03 €	-696 466,57 €	-720 000,00 €	-770 585,65 € VAL
		Aluguer de espaços												
	Melhoria estética		317 450,46 €	327 088,95 €	337 020,07 €	347 252,73 €	357 796,08 €	368 659,54 €	379 852,85 €	391 386,00 €	403 269,33 €	415 513,46 €		
	Satisfação/conforto		15 900,55 €	16 383,32 €										
	CF	-228 000,00 €	314 557,21 €	324 107,84 €	317 067,70 €	326 694,56 €	336 613,72 €	346 834,04 €	357 364,67 €	368 215,04 €	379 394,85 €	390 808,21 €	134 670,73 €	
	CFA	-228 000,00 €	266 695,14 €	232 980,98 €	193 240,60 €	168 812,17 €	147 471,84 €	128 829,25 €	112 543,35 €	98 316,23 €	85 887,62 €	75 200,00 €	25 848,05 €	
	CFA acumulado	-228 000,00 €	1 180 575,75 €	2 411 086,95 €	3 431 705,59 €	4 323 303,13 €	5 102 189,71 €	5 782 613,65 €	6 377 022,06 €	6 896 288,57 €	7 349 912,21 €	7 726 612,99 € VAL		
	Empregabilidade		1 057,15 €	1 089,25 €	1 122,32 €	1 156,40 €	1 191,51 €	1 227,68 €	1 264,96 €	1 303,37 €	1 342,94 €	1 383,71 €		
	Qualidade do ar		27,99 €	28,84 €	29,72 €	30,62 €	31,55 €	32,51 €	33,50 €	34,52 €	35,56 €	36,64 €		
	Ruído exterior		1 115,00 €											
	Escoamento de águas pluviais													
	CF	-226 885,00 €	315 642,35 €	325 225,94 €	318 219,74 €	327 881,58 €	337 836,78 €	348 094,24 €	358 663,13 €	369 552,92 €	380 773,35 €	392 324,00 €	136 091,08 €	
CFA	-226 885,00 €	267 615,17 €	233 784,70 €	193 942,73 €	169 425,53 €	148 007,67 €	129 297,34 €	112 952,27 €	98 673,45 €	86 199,69 €	75 200,00 €	26 120,67 €		
CFA acumulado	-226 885,00 €	1 186 550,00 €	2 421 306,17 €	3 445 633,15 €	4 340 470,23 €	5 122 186,84 €	5 805 083,05 €	6 401 651,20 €	6 922 804,43 €	7 378 076,27 €	7 726 612,99 € VAL			

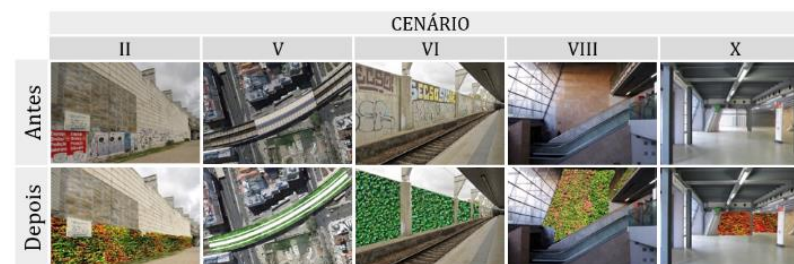


Tabela IV.6 – Análises financeira, económica e socioambiental do cenário VIII,t (fachada verde).

ANÁLISE		Ano	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50		
Socio-ambiental	Económica	Financeira													
		Instalação	-900,00 €												
		Manutenção		-30,91 €	-31,85 €	-32,82 €	-33,81 €	-34,84 €	-35,90 €	-36,99 €	-38,11 €	-39,27 €	-40,46 €		
		Substituição												-6 743,25 €	
		Demolição													
		Painéis fotovoltaicos													
		CF	-900,00 €	-30,91 €	-31,85 €	-32,82 €	-33,81 €	-34,84 €	-35,90 €	-36,99 €	-38,11 €	-39,27 €	-40,46 €	-6 783,71 €	
	CFA	-900,00 €	-26,21 €	-22,89 €	-20,00 €	-17,47 €	-15,26 €	-13,33 €	-11,65 €	-10,18 €	-8,89 €	-7,70 €	-6 700,00 €		
	CFA acumulado	-900,00 €	-1 038,42 €	-1 159,34 €	-1 264,97 €	-1 357,25 €	-1 437,87 €	-1 508,29 €	-1 569,81 €	-1 623,55 €	-1 670,50 €	-1 710,00 €	-3 005,79 € VAL		
	Socio-ambiental	Económica	Aluguer de espaços												
			Melhoria estética		13 077,77 €	13 474,84 €	13 883,96 €	14 305,51 €	14 739,86 €	15 187,39 €	15 648,51 €	16 123,64 €	16 613,18 €	17 117,60 €	
			Satisfação/conforto		3 816,46 €	3 932,34 €									
			CF	-900,00 €	16 863,32 €	17 375,33 €	13 851,15 €	14 271,70 €	14 705,02 €	15 151,49 €	15 611,53 €	16 085,53 €	16 573,92 €	10 333,89 €	
			CFA	-900,00 €	14 297,45 €	12 490,04 €	8 441,74 €	7 374,58 €	6 442,33 €	5 627,92 €	4 916,47 €	4 294,96 €	3 752,01 €	1 983,44 €	
			CFA acumulado	-900,00 €	74 613,33 €	140 580,68 €	185 166,54 €	224 116,11 €	258 141,88 €	287 866,29 €	313 833,11 €	336 517,34 €	356 333,95 €	372 351,19 € VAL	
			Empregabilidade		27,82 €	28,66 €	29,53 €	30,43 €	31,36 €	32,31 €	33,29 €	34,30 €	35,34 €	36,41 €	
	Qualidade do ar		0,74 €	0,76 €	0,78 €	0,81 €	0,83 €	0,86 €	0,88 €	0,91 €	0,94 €	0,96 €			
	Ruído interior		13 766,67 €	14 184,65 €	14 615,33 €	15 059,08 €	15 516,31 €	15 987,42 €	16 472,83 €	16 972,98 €	17 488,32 €	18 019,30 €			
	Socio-ambiental	Económica	Escoamento de águas pluviais												
CF			-900,00 €	30 658,54 €	31 589,40 €	28 496,80 €	29 362,02 €	30 253,51 €	31 172,08 €	32 118,53 €	33 093,72 €	34 098,51 €	28 390,57 €		
CFA			-900,00 €	25 993,63 €	22 707,66 €	17 367,70 €	15 172,17 €	13 254,19 €	11 578,67 €	10 114,95 €	8 836,27 €	7 719,24 €	5 449,15 €		
CFA acumulado			-900,00 €	136 387,85 €	256 320,51 €	348 049,69 €	428 182,97 €	498 186,22 €	559 340,04 €	612 763,13 €	659 432,76 €	700 202,66 €	734 524,39 € VAL		

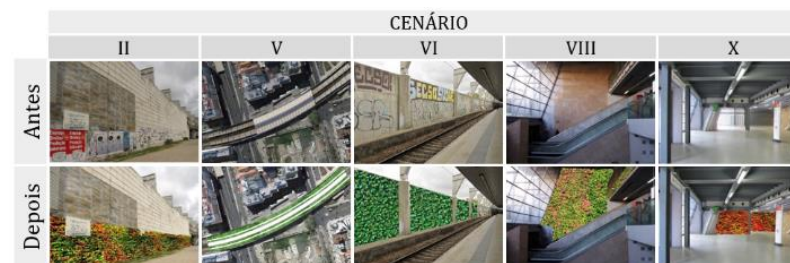


Tabela IV.7 – Análises financeira, económica e socioambiental do cenário VIII (fachada viva).

ANÁLISE		Ano	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	
Socio-ambiental	Económica	Instalação	-6 000,00 €											
		Manutenção		-494,57 €	-509,59 €	-525,06 €	-541,00 €	-557,43 €	-574,36 €	-591,79 €	-609,76 €	-628,28 €	-647,35 €	
		Substituição												-6 743,25 €
		Demolição												
		Painéis fotovoltaicos												
		CF	-6 000,00 €	-494,57 €	-509,59 €	-525,06 €	-541,00 €	-557,43 €	-574,36 €	-591,79 €	-609,76 €	-628,28 €	-647,35 €	-7 390,60 €
		CFA	-6 000,00 €	-419,32 €	-366,31 €	-320,01 €	-279,55 €	-244,21 €	-213,34 €	-186,37 €	-162,81 €	-142,23 €	-127,50 €	-110,00 €
		CFA acumulado	-6 000,00 €	-8 214,68 €	-10 149,40 €	-11 839,54 €	-13 316,02 €	-14 605,85 €	-15 732,63 €	-16 716,97 €	-17 576,87 €	-18 328,07 €	-18 990,32 €	-20 278,57 €
		Aluguer de espaços												
	Melhoria estética		18 682,53 €	19 249,77 €	19 834,23 €	20 436,44 €	21 056,94 €	21 696,27 €	22 355,02 €	23 033,77 €	23 733,12 €	24 453,71 €		
	Satisfação/conforto		3 816,46 €	3 932,34 €										
	CF	-6 000,00 €	22 004,41 €	22 672,52 €	19 309,17 €	19 895,44 €	20 499,51 €	21 121,92 €	21 763,22 €	22 424,00 €	23 104,84 €	23 816,46 €	24 558,57 €	17 063,11 €
	CFA	-6 000,00 €	18 656,29 €	16 297,86 €	11 768,20 €	10 280,53 €	8 980,92 €	7 845,60 €	6 853,80 €	5 987,38 €	5 230,49 €	4 578,21 €	4 022,22 €	3 275,01 €
	CFA acumulado	-6 000,00 €	92 534,97 €	178 613,68 €	240 768,54 €	295 066,12 €	342 499,70 €	383 936,98 €	420 135,98 €	451 758,89 €	479 384,21 €	502 223,02 €	521 223,02 €	502 223,02 €
	Empregabilidade		27,82 €	28,66 €	29,53 €	30,43 €	31,36 €	32,31 €	33,29 €	34,30 €	35,34 €	36,41 €		
	Qualidade do ar		0,74 €	0,76 €	0,78 €	0,81 €	0,83 €	0,86 €	0,88 €	0,91 €	0,94 €			
	Ruído interior		34 355,37 €	35 398,47 €	36 473,24 €	37 580,65 €	38 721,68 €	39 897,35 €	41 108,72 €	42 356,87 €	43 642,92 €	44 968,01 €		
	Escoamento de águas pluviais													
CF	-6 000,00 €	56 388,34 €	58 100,41 €	55 812,73 €	57 507,33 €	59 253,37 €	61 052,43 €	62 906,12 €	64 816,08 €	66 784,04 €	68 804,04 €	70 878,04 €	62 068,50 €	
CFA	-6 000,00 €	47 808,46 €	41 764,77 €	34 015,72 €	29 715,64 €	25 959,14 €	22 677,53 €	19 810,76 €	17 306,39 €	15 118,61 €	13 198,61 €	11 513,13 €		
CFA acumulado	-6 000,00 €	246 504,93 €	467 089,54 €	646 746,80 €	803 692,75 €	940 798,45 €	1 060 571,98 €	1 165 204,39 €	1 256 609,73 €	1 336 460,10 €	1 404 921,95 €	1 474 843,85 €	1 404 921,95 €	

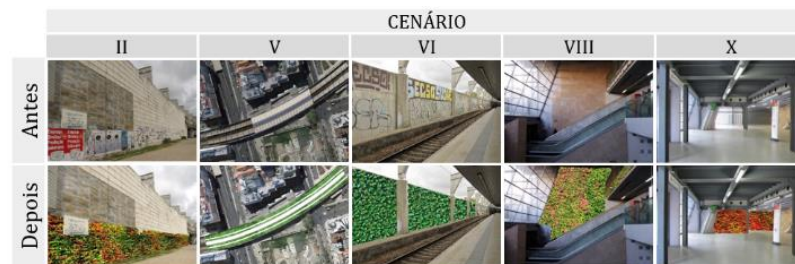


Tabela IV.8 – Análises financeira, económica e socioambiental do cenário X,t (fachada verde).

ANÁLISE		Ano	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	
Socio-ambiental	Económica	Financeira	Instalação	-8 820,00 €										
		Manutenção			-302,93 €	-312,12 €	-321,60 €	-331,37 €	-341,43 €	-351,79 €	-362,47 €	-373,48 €	-384,82 €	-396,50 €
		Substituição												-66 083,82 €
		Demolição												
		Painéis fotovoltaicos												
		CF	-8 820,00 €	-302,93 €	-312,12 €	-321,60 €	-331,37 €	-341,43 €	-351,79 €	-362,47 €	-373,48 €	-384,82 €	-396,50 €	-66 480,32 €
		CFA	-8 820,00 €	-256,83 €	-224,37 €	-196,00 €	-171,23 €	-149,58 €	-130,67 €	-114,15 €	-99,72 €	-87,12 €	-87,12 €	-12 759,91 €
		CFA acumulado	-8 820,00 €	-10 176,49 €	-11 361,51 €	-12 396,72 €	-13 301,06 €	-14 091,08 €	-14 781,24 €	-15 384,14 €	-15 910,83 €	-16 370,94 €	-16 370,94 €	-29 456,70 € VAL
		Socio-ambiental	Aluguer de espaços		53 280,44 €	54 898,15 €	56 564,98 €	58 282,41 €	60 051,99 €	61 875,30 €	63 753,97 €	65 689,68 €	67 684,16 €	69 739,20 €
		Melhoria estética		3 151,16 €	3 246,83 €	3 345,41 €	3 446,99 €	3 551,65 €	3 659,48 €	3 770,59 €	3 885,07 €	4 003,03 €	4 124,57 €	
	Satisfação/conforto		1 908,23 €	1 966,17 €										
	CF	-8 820,00 €	58 036,90 €	59 799,03 €	59 588,79 €	61 398,03 €	63 262,21 €	65 182,99 €	67 162,09 €	69 201,27 €	71 302,37 €	73 466,94 €		
	CFA	-8 820,00 €	49 206,18 €	42 985,80 €	36 317,08 €	31 726,07 €	27 715,43 €	24 211,80 €	21 151,07 €	18 477,27 €	16 141,47 €	14 117,14 €		
	CFA acumulado	-8 820,00 €	251 067,14 €	478 100,74 €	669 912,86 €	837 477,13 €	983 858,82 €	1 111 735,74 €	1 223 447,14 €	1 321 036,59 €	1 406 289,30 €	1 468 081,02 € VAL		
	Empregabilidade		272,63 €	280,91 €	289,44 €	298,23 €	307,28 €	316,61 €	326,23 €	336,13 €	346,34 €	356,85 €		
	Qualidade do ar		7,22 €	7,44 €	7,66 €	7,90 €	8,14 €	8,38 €	8,64 €	8,90 €	9,17 €	9,45 €		
	Ruído interior		4 236,85 €	4 365,49 €	4 498,03 €	4 634,60 €	4 775,32 €	4 920,31 €	5 069,70 €	5 223,63 €	5 382,23 €	5 545,65 €		
	Escoamento de águas pluviais													
	CF	-8 820,00 €	62 553,60 €	64 452,87 €	64 383,93 €	66 338,76 €	68 352,95 €	70 428,30 €	72 566,65 €	74 769,93 €	77 040,11 €	79 379,24 €		
	CFA	-8 820,00 €	53 035,64 €	46 331,16 €	39 239,54 €	34 279,08 €	29 945,71 €	26 160,13 €	22 853,11 €	19 964,14 €	17 440,38 €	15 251,85 €		
CFA acumulado	-8 820,00 €	271 292,77 €	515 995,19 €	723 242,53 €	904 290,78 €	1 062 451,88 €	1 200 619,12 €	1 321 319,99 €	1 426 762,51 €	1 518 875,56 €	1 586 660,36 € VAL			

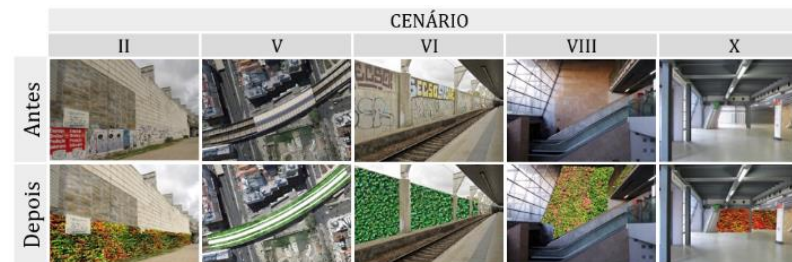
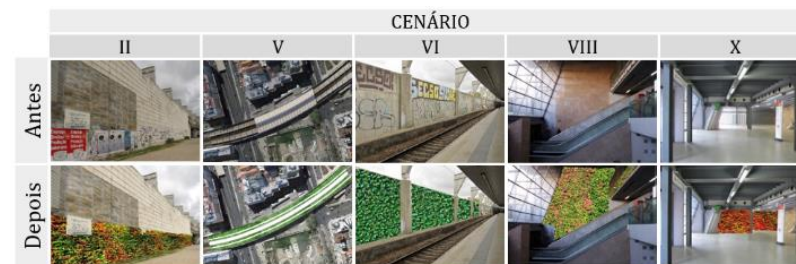


Tabela IV.9 – Análises financeira, económica e socioambiental do cenário X (fachada viva).

ANÁLISE		Ano	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	
Socio-ambiental	Económica	Instalação	-58 800,00 €											
		Manutenção		-4 846,82 €	-4 993,98 €	-5 145,61 €	-5 301,84 €	-5 462,82 €	-5 628,68 €	-5 799,58 €	-5 975,67 €	-6 157,10 €	-6 344,05 €	
		Substituição												-66 083,82 €
		Demolição												
		Painéis fotovoltaicos												
		CF	-58 800,00 €	-4 846,82 €	-4 993,98 €	-5 145,61 €	-5 301,84 €	-5 462,82 €	-5 628,68 €	-5 799,58 €	-5 975,67 €	-6 157,10 €	-6 344,05 €	-72 427,86 €
		CFA	-58 800,00 €	-4 109,35 €	-3 589,86 €	-3 136,05 €	-2 739,61 €	-2 393,28 €	-2 090,74 €	-1 826,44 €	-1 595,55 €	-1 393,85 €	-1 393,85 €	-13 901,46 €
		CFA acumulado	-58 800,00 €	-80 503,90 €	-99 464,11 €	-116 027,47 €	-130 496,99 €	-143 137,34 €	-154 179,77 €	-163 826,27 €	-172 253,32 €	-179 615,06 €	-198 729,98 €	VAL
		Aluguer de espaços		53 280,44 €	54 898,15 €	56 564,98 €	58 282,41 €	60 051,99 €	61 875,30 €	63 753,97 €	65 689,68 €	67 684,16 €	69 739,20 €	
		Melhoria estética		4 501,65 €	4 638,33 €	4 779,16 €	4 924,27 €	5 073,78 €	5 227,83 €	5 386,56 €	5 550,11 €	5 718,62 €	5 892,25 €	
	Satisfação/conforto		1 908,23 €	1 966,17 €										
	CF	-58 800,00 €	54 843,50 €	56 508,67 €	56 198,53 €	57 904,84 €	59 662,95 €	61 474,45 €	63 340,95 €	65 264,11 €	67 245,67 €	3 203,58 €		
	CFA	-58 800,00 €	46 498,68 €	40 620,57 €	34 250,85 €	29 921,04 €	26 138,58 €	22 834,28 €	19 947,70 €	17 426,02 €	15 223,11 €	614,88 €		
	CFA acumulado	-58 800,00 €	186 787,20 €	401 328,59 €	582 227,69 €	740 258,51 €	878 311,92 €	998 913,36 €	1 104 269,02 €	1 196 306,19 €	1 276 708,51 €	1 334 263,00 €	VAL	
	Empregabilidade		272,63 €	280,91 €	289,44 €	298,23 €	307,28 €	316,61 €	326,23 €	336,13 €	346,34 €	356,85 €		
	Qualidade do ar		7,22 €	7,44 €	7,66 €	7,90 €	8,14 €	8,38 €	8,64 €	8,90 €	9,17 €	9,45 €		
	Ruído interior		10 571,52 €	10 892,49 €	11 223,21 €	11 563,97 €	11 915,08 €	12 276,85 €	12 649,60 €	13 033,67 €	13 429,40 €	13 837,14 €		
	Escoamento de águas pluviais													
	CF	-58 800,00 €	65 694,87 €	67 689,51 €	67 718,84 €	69 774,93 €	71 893,45 €	74 076,29 €	76 325,41 €	78 642,81 €	81 030,58 €	17 407,03 €		
CFA	-58 800,00 €	55 698,94 €	48 657,78 €	41 272,04 €	36 054,65 €	31 496,81 €	27 515,16 €	24 036,84 €	20 998,23 €	18 343,75 €	3 341,02 €			
CFA acumulado	-58 800,00 €	235 379,24 €	492 369,92 €	710 352,11 €	900 778,17 €	1 067 131,59 €	1 212 455,51 €	1 339 408,36 €	1 450 312,52 €	1 547 196,77 €	1 619 149,62 €	VAL		



ANEXO V

ANÁLISE DE SENSIBILIDADE

Tabela V.1 – Influência da variação individual de cada parâmetro (10%) no valor do VAL de cada cenário.

CENÁRIO	ΔVAL								
	Δ10%	II	V	VI	VIII	X			
TA	-6,113%	-6,505%	-1,594%	-5,885%	-6,114%	-5,992%	-6,112%	-6,115%	-6,308%
Inflação	1,187%	1,310%	0,385%	1,372%	1,363%	1,170%	1,191%	1,213%	1,250%
Custo de instal.	-0,129%	-0,718%	-1,245%	0,112%	-0,165%	-0,012%	-0,043%	-0,056%	-0,363%
Outros custos	-0,116%	-1,553%	-1,365%	0,118%	-0,509%	-0,011%	-0,092%	-0,050%	-0,786%
PFV	---	---	0,048%	---	---	---	---	---	---
Estética	10,323%	12,336%	---	10,088%	10,916%	4,674%	3,491%	0,521%	0,730%
Conforto	0,000%	0,000%	11,324%	0,397%	0,303%	0,436%	0,228%	0,101%	0,099%
Emprego	0,104%	0,087%	1,474%	0,218%	0,166%	0,010%	0,005%	0,045%	0,044%
Ruído	---	---	0%	0,002%	0,001%	---	---	---	---
Ruído interior	---	---	---	---	---	4,921%	6,420%	0,701%	1,714%
Qualid. ar	0,003%	0,002%	0,092%	0,191%	0,145%	0%	0,000%	0,001%	0,001%
Gestão águas	---	---	0,056%	---	---	---	---	---	---
Aluguer	---	---	---	---	---	---	---	8,816%	8,639%

Tabela V.2 – Variação média do VAL devido à variação individual de cada parâmetro (10%).

Δ10%	ΔVAL média	
TA	-5,637%	5,637%
Inflação	1,160%	-1,160%
Custo de inst.	-0,291%	0,291%
Outros custos	-0,485%	0,485%
PFV	0,048%	-0,048%
Estética	6,635%	-6,635%
Conforto	1,432%	-1,432%
Emprego	0,239%	-0,239%
Ruído	0,001%	-0,001%
Ruído interior	3,439%	-3,439%
Qualid. ar	0,048%	-0,048%
Gestão águas	0,056%	-0,056%
Aluguer	8,728%	-8,728%

Tabela V.3 – VAL do cenário base em comparação com o VAL dos cenários otimista/mais provável e pessimista.

CENÁRIO	VAL final		
	Otimista	Pessimista	Base
II	1 838 981,24 €	1 500 234,82 €	1 588 201,86 €
II,t	1 512 425,85 €	1 259 384,63 €	1 328 609,70 €
V	3 887 889,92 €	3 485 376,51 €	3 534 271,84 €
VI	8 852 614,38 €	7 326 664,76 €	7 726 612,99 €
VI,t	6 694 103,64 €	5 589 901,30 €	5 882 721,33 €
VIII	1 525 378,88 €	1 332 051,51 €	1 404 921,95 €
VIII,t	804 731,99 €	697 167,09 €	734 524,39 €
X	1 834 880,15 €	1 532 333,09 €	1 619 149,62 €
X,t	1 794 869,38 €	1 504 179,51 €	1 586 660,36 €