



NOVA

NOVA SCHOOL OF
SCIENCE & TECHNOLOGY

DEPARTAMENTO DE
ENGENHARIA CIVIL

BEATRIZ RIBEIRO DE NORONHA

Licenciado em Engenharia Civil

A UTILIZAÇÃO DE PAREDES VERDES NA REABILITAÇÃO

MESTRADO EM ENGENHARIA CIVIL

Universidade NOVA de Lisboa

Fevereiro, 2022

A UTILIZAÇÃO DE PAREDES VERDES NA REABILITAÇÃO

BEATRIZ RIBEIRO DE NORONHA

Licenciado em Engenharia Civil

Orientadora: Ana Catarina Pinto de Sousa da Cruz Lopes,
Professora Auxiliar, Universidade NOVA de Lisboa, FCT-NOVA

Júri:

Presidente: Paulina Faria,
Professora Associada, FCT-NOVA

Arguentes: Rui Noel Alves Vera-Cruz,
Professor Auxiliar, FCT-NOVA

Orientador: Ana Cruz Lopes,
Professora Auxiliar, FCT-NOVA

INDICAÇÃO DE DIREITOS DE CÓPIA

“*Copyright*” Beatriz Ribeiro de Noronha, FCT/UNL e UNL

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

AGRADECIMENTOS

Chegada à reta final do meu percurso académico gostaria de agradecer a todos os que contribuíram de forma direta ou indireta para a realização desta dissertação.

Em primeiro lugar gostaria de agradecer à Professora Ana Cruz pela disponibilidade, orientação e pelo conhecimento transmitido ao longo da realização deste trabalho.

Ao Professor Daniel Aelinei, pela disponibilidade e ajuda facultadas na fase do tratamento dos resultados da simulação dos modelos.

Gostaria de agradecer a todos os meus colegas e amigos que me acompanharam durante este percurso e que tornaram esta uma experiência inesquecível.

A toda a minha família, em especial aos meus pais, irmã e avós, por todo o apoio incondicional e pelo papel fundamental que desempenharam na minha formação pessoal e académica.

A todos deixo aqui o meu sincero agradecimento.

RESUMO

Dada a degradação do parque urbano, torna-se cada vez mais evidente a necessidade de reabilitação dos edifícios existentes. Esta medida deve ser prioritária face à nova construção. No entanto, Portugal continua a ter das taxas de reabilitação mais baixas da União Europeia. A utilização de paredes verdes na reabilitação poderá ser uma mais valia para o tecido urbano, uma vez que este tipo de solução construtiva permite uma construção mais equilibrada e sustentável.

A implementação das paredes verdes em edifícios é usualmente associada a aspetos arquitetónicos e estéticos. Contudo, várias outras vantagens podem ser associadas a este tipo de solução construtiva, como por exemplo ao nível do efeito da Ilha de Calor Urbano ou ao nível de poluentes presentes na atmosfera. Também é relevante estudar de que forma este tipo de soluções afeta o comportamento térmico de um edifício.

Foi realizada uma simulação de um modelo, com recurso ao software ENVI-met, com vegetação integrada nas suas fachadas. Pretendeu-se retirar conclusões sobre as influências da orientação e de percentagem de cobertura da fachada, no clima português. Além disso, pretendeu-se verificar, se este tipo de solução construtiva, apresenta resultados semelhantes, noutros climas, e se faz sentido aplicar este conceito a edifícios, sob o clima português. Os resultados demonstraram um impacto significativo no comportamento térmico em função da presença da parede verde, tanto no período de verão como no período de inverno, havendo um maior impacto no período de verão.

Este trabalho pretende abrir horizontes a nível construtivo e reafirmar a necessidade de construir de forma controlada e com materiais mais sustentáveis.

Termos Chave: Reabilitação Urbana, Paredes Verdes, Paredes Vivas, ENVI-met

ABSTRACT

Given the degradation of the urban park, the need to rehabilitate existing buildings is becoming increasingly evident. This measure should be given priority over new construction. However, Portugal still has one of the lowest rates of rehabilitation in the European Union. The use of green walls in rehabilitation may be an added value for the urban fabric, since this type of construction solution allows a more balanced and sustainable construction.

The implementation of green walls in buildings is usually associated with architectural and aesthetic aspects. However, several other advantages can be associated with this type of constructive solution, such as the Urban Heat Island effect or the level of pollutants in the atmosphere. It is also relevant to study how this type of solution affects the thermal behavior of a building.

A simulation of a model, using ENVI-met software, with vegetation integrated in its facades was carried out. It was intended to draw conclusions about the influences of orientation and percentage of coverage of the facade, in the portuguese climate. Furthermore, it was intended to verify if this type of constructive solution presents similar results in other climates, and if it makes sense to apply this concept to buildings under the portuguese climate. The results showed a significant impact on the thermal behavior as a function of the presence of the green wall, both in the summer and winter periods, with a greater impact in the summer period.

This work intends to open horizons at the construction level and, step by step, reaffirm the need to build in a controlled manner and with more sustainable materials.

Keywords: Urban Rehabilitation, Green Walls, Living Walls, ENVI-met

ÍNDICE DE MATÉRIAS

RESUMO	IV
ABSTRACT	VI
ÍNDICE DE MATÉRIAS	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS	XI
ÍNDICE DE TABELAS	XVII
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	XIX
INTRODUÇÃO	1
1.1. Enquadramento do Tema	1
1.2. Motivação e Objetivos	1
1.3. Metodologia e Estrutura do Trabalho	2
2. REABILITAÇÃO URBANA	5
2.1. Conceito e Aplicação da Reabilitação Urbana	5
2.2. Princípios da Reabilitação Urbana	7
2.3. Objetivos da Reabilitação Urbana	8
2.4. Importância da Reabilitação	10
2.5. Reabilitação em Portugal	11
2.5.1. Caracterização do edificado	11
2.5.2. Caracterização do setor da reabilitação	13
2.6. A Sustentabilidade na Reabilitação Urbana	18
2.7. Síntese do Capítulo	20
3. PAREDES VERDES	21
3.1. Introdução às Paredes Verdes	21
3.2. Evolução Histórica	22
3.3. Caraterização dos Sistemas de Paredes Verdes	25
3.3.1. Fachadas Verdes	26
3.3.2. Paredes Vivas	29
3.4. Planeamento e Design	34
3.4.1. Temperatura e Humidade	34
3.4.2. Vento	35

3.4.3.	Orientação	36
3.4.4.	Carga de Peso	36
3.4.5.	Sistema de Irrigação	37
3.4.6.	Seleção das espécies de plantas	41
3.4.7.	Manutenção	45
3.4.8.	Custos associados e Vida útil	47
3.4.9.	Custos praticados nas empresas portuguesas	55
3.5.	Benefícios das Paredes Verdes	57
3.5.1.	Benefícios Ambientais	57
3.5.2.	Benefícios Económicos	66
3.5.3.	Benefícios Sociais	70
3.6.	Comportamento ao Fogo	72
3.7.	Políticas de Incentivos para as Paredes Verdes	74
3.8.	Síntese do Capítulo	76
4.	CASOS DE ESTUDO	79
4.1.	Caso de Estudo 1: Moradia da Travessa do Patrocínio	80
4.1.1.	Caracterização do Edifício	81
4.1.2.	Caracterização da Parede Verde	82
4.2.	Caso de Estudo 2: Bessa Hotel Liberdade	84
4.2.1.	Caracterização do Edifício	85
4.2.2.	Caracterização da Parede Verde	85
4.3.	Caso de Estudo 3: Edifício habitacional	89
4.3.1.	Caracterização do Edifício	90
4.3.2.	Caracterização da Parede Verde	91
4.4.	Caso de Estudo 4: “A Valenciana”	94
4.4.1.	Caracterização da Parede Verde	95
4.5.	Caso de Estudo 5: Atelier Sidney Quintela	101
4.5.1.	Caracterização da Parede Verde	102
4.6.	Caso de Estudo 6: Hotel Hotel	107
4.6.1.	Caracterização da Parede Verde	108

4.7.	Síntese do Capítulo	113
5.	SIMULAÇÃO: ENVI-MET	115
5.1.	Introdução do Software.....	115
5.2.	Configuração dos Modelos	117
5.3.	Avaliação do Desempenho dos Modelos.....	120
5.3.1.	Influência da Orientação	120
5.3.2.	Influência da Percentagem de Cobertura da Fachada	132
5.4.	Síntese do Capítulo	136
6.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	137
6.1.	Conclusões	137
6.2.	Desenvolvimentos Futuros	138
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	140
	ANEXOS I.....	151
	ANEXOS II.....	153

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 - Número de edifícios clássicos segundo a época de construção do edifício, 2011	12
Figura 2.2 - Número de edifícios clássicos segundo o estado de conservação, 2011	12
Figura 2.3 - Número de edifícios clássicos muito degradados ou com necessidades de grandes reparações, por NUTS III, 2011	13
Figura 2.4 - Edifícios concluídos para habitação familiar segundo o tipo de obra, Portugal, 1995-2019	14
Figura 2.5 - Taxa de variação anual do número de edifícios concluídos para a habitação familiar segundo o tipo de obra, 1996-2019.....	14
Figura 2.6 - Distribuição dos edifícios concluídos para habitação familiar segundo o tipo de obra, Portugal, 1995-2019	15
Figura 2.7 - Proporção de reabilitações no total de obras concluídas em edifícios para habitação familiar, Portugal e NUTS II, 2013-2015 e 2016-2018	16
Figura 2.8 - Proporção de reabilitações no total de obras concluídas em edifícios para habitação familiar, Portugal e municípios, 2013-2018	17
Figura 3.1 - Jardins Suspensos da Babilónia	22
Figura 3.2 - Jardins Suspensos da Babilónia	22
Figura 3.3 - Casa Scheu de Adolf Loos, Viena, 1912	23
Figura 3.4 - “Mur Végétal” de Patrick Blanc no Museu Quai Branly, Paris, 2005	24
Figura 3.5 - Tipologia de Paredes Verdes.....	25
Figura 3.6 - Esquema de implantação da fachada verde direta	27
Figura 3.7 - Moradia com sistema de fachada verde direta (S. Pedro do Estoril, Lisboa)	27
Figura 3.8 - Esquema de implantação da fachada verde indireta com sistema de treliça modula.....	28
Figura 3.9 - Esquema de implantação da fachada verde indireta com sistema de rede de cabos	28
Figura 3.10 - Exemplo real de fachada verde indireta com sistema de rede cabos.....	28
Figura 3.11 - Esquema de implantação da parede viva contínua	30
Figura 3.12 - Exemplo de parede viva contínua (Musée du Quai Branly, em Paris)	30
Figura 3.13 - Esquema de implantação da parede viva modular com tabuleiros	31
Figura 3.14 - Exemplo real da parede viva modular	31
Figura 3.15 - Esquema de implementação da parede viva modular com vasos	32
Figura 3.16 - Esquema de implementação da parede viva modular com revestimento	33
Figura 3.17 - Detalhe dos bolsos moldados na camada de feltro	33

Figura 3.18 – Exemplo da parede verde modular com sacos flexíveis	33
Figura 3.19 - Planta da criação de várias velocidades de vento ao redor do edifício	35
Figura 3.20 - A corrente de vento pode ter efeito dramático ao redor do edifício.....	35
Figura 3.21 - Sistema de irrigação por gotejamento em parede viva modular por vasos	38
Figura 3.22 - Detalhe do sistema de irrigação da parede viva modular	38
Figura 3.23 - Esquema de sistema de irrigação hidropónico.....	39
Figura 3.24 - Esquema do sistema de irrigação de uma parede viva modular	40
Figura 3.25 - Manutenção de uma parede viva através de dispositivo de elevação.....	45
Figura 3.26 - Manutenção de uma parede viva através de sistema de rapel.....	45
Figura 3.27 – Edifício com parede viva sem qualquer manutenção, levando a vegetação a morrer	47
Figura 3.28 – Resultados obtidos por vários autores do custo de instalação (€/m ²) das paredes verdes	49
Figura 3.29 – Resultados obtidos para os custos de manutenção (€/m ²) das paredes verdes	52
Figura 3.30 – Resultados obtidos para os custos de remoção (€/m ²) das paredes verdes	53
Figura 3.31 – Diferenças de temperatura entre as zonas urbana e rural devido ao efeito da Ilha de Calor Urbano	58
Figura 3.32 – Distribuição da radiação e do calor numa parede verde.....	59
Figura 3.33 – Fachada com aplicação de vegetação e seus resultados através de uma câmara de infravermelhos.....	60
Figura 3.34 – Eficácia da Infraestrutura Verde para a melhoria da qualidade do ar nos vales urbanos.....	63
Figura 3.35 – Diferença de cargas de arrefecimento entre uma parede convencional e uma parede verde	67
Figura 3.36 – Fachada verde em MFO Park Switzerland	70
Figura 3.37 – Parede viva em Westminster, Londres.....	70
Figura 3.38 – O valor médio dos subsídios financeiros oferecidos por metro quadrado de infraestruturas verdes construídas em diferentes países	74
Figura 4.1 – Localização dos casos de estudo	79
Figura 4.2 – Parede verde da moradia da Travessa do Patrocínio	80
Figura 4.3 – Parede verde, virada a Sudeste, da moradia da Travessa do Patrocínio	81
Figura 4.4 – Variedade de espécies de plantas na fachada Sudeste da moradia da Travessa do Patrocínio ..	82
Figura 4.5 – Variedade de espécies de plantas na fachada Nordeste da moradia da Travessa do Patrocínio ..	82
Figura 4.6 – Parede Verde do Bessa Hotel Liberdade.....	84
Figura 4.7 – Fachada principal do Bessa Hotel Liberdade	85
Figura 4.8 – Fachada posterior do Bessa Hotel Liberdade	85

Figura 4.9 – Modelo das bolsas TERRAWALLY, da empresa Terracell	86
Figura 4.10 – Fase de instalação dos sacos TERRAWALLY na parede do Bessa Hotel Liberdade.....	86
Figura 4.11 – Variedade de espécies de plantas na parede viva do Bessa Hotel Liberdade.....	87
Figura 4.12 – Operação de manutenção da parede viva do Bessa Hotel Liberdade	88
Figura 4.13 – Edifício da Rua Dr. António Cândido.....	89
Figura 4.14 – Parede verde do edifício habitacional da Rua Dr. António Cândido	90
Figura 4.15 – Parede viva contínua do edifício em estudo.....	91
Figura 4.16 – Variedade de espécies de plantas na parede viva do edifício habitacional da Rua Dr. António Cândido.....	92
Figura 4.17 – Parede verde do restaurante A Valenciana.....	94
Figura 4.18 – Fachada principal com parede viva em A Valenciana	95
Figura 4.19 – Estrutura metálica instalada como suporte para a parede viva do A Valenciana	96
Figura 4.20 – Sistema de bolsas TERRAWALLY utilizado na parede viva no A Valenciana	96
Figura 4.21 – Fase final da instalação da parede viva no A Valenciana	96
Figura 4.22 – Alçado da parede viva com divisão por espécies	97
Figura 4.23 – Pormenor da variedade das espécies utilizadas numa das extremidades da parede viva do A Valenciana.....	98
Figura 4.24 – Pormenor da variedade das espécies utilizadas na parede viva do A Valenciana	98
Figura 4.25 – Tubagem do sistema de ferti-irrigação da parede viva do A Valenciana.....	99
Figura 4.26 – Escorrimento na parede lateral, a oeste, na parede viva do A Valenciana	100
Figura 4.27 – Escorrimento na parede lateral, a este, na parede viva do A Valenciana	100
Figura 4.28 – Parede verde do Atelier Sidney Quintela	101
Figura 4.29 – Instalação da estrutura de fixação da parede viva do Atelier Sidney Quintela.....	102
Figura 4.30 – Pormenor da tela absorvente da parede viva do Atelier Sidney Quintela	102
Figura 4.31 – Esquema de plantação da parede viva do Atelier Sidney Quintela	103
Figura 4.32 – Esquema das linhas de rega da parede viva do Atelier Sidney Quintela	104
Figura 4.33 – Bolsas, da tela, absorvente, vazias na parede viva do Atelier Sidney Quintela	105
Figura 4.34 – Plantas mortas na parede viva do Atelier Sidney Quintela.....	105
Figura 4.35 – Parede viva do Atelier Sidney Quintela sem manutenção.....	105
Figura 4.36 – Parede viva do Atelier Sidney Quintela após recuperação	105
Figura 4.37 – Pormenor da parte direita da parede viva do Atelier Sidney Quintela, após recuperação.....	106

Figura 4.38 – Pormenor da parte superior da parede viva do Atelier Sidney Quintela, após recuperação	106
Figura 4.39 – Parede verde da unidade hoteleira Hotel Hotel	107
Figura 4.40 – Parte da fachada principal do Hotel Hotel.....	108
Figura 4.41 – Colocação das placas impermeáveis da parede viva no Hotel Hotel	109
Figura 4.42 – Fixação da manta geotêxtil da parede viva no Hotel Hotel	109
Figura 4.43 – Listagem das espécies utilizadas na parede viva no Hotel Hotel	110
Figura 4.44 – Alçado da parede viva com divisão por espécies do Hotel Hotel	110
Figura 4.45 – Variedade de espécies de plantas na parede viva do Hotel Hotel	111
Figura 4.46 – Visão geral da parede viva do Hotel Hotel	112
Figura 5.1 – Modelo de paredes normais.....	117
Figura 5.2 – Modelo de paredes verdes	117
Figura 5.3 – Modelo de parede verde com 25% de cobertura de vegetação.....	119
Figura 5.4 – Modelo de parede verde com 50% de cobertura de vegetação.....	119
Figura 5.5 – Modelo de parede verde com 75% de cobertura de vegetação.....	119
Figura 5.6 – Variação da temperatura Superficial Exterior, para as diferentes fachadas, no período de inverno.....	121
Figura 5.7 – Modelo 3D com variação da Temperatura Superficial Exterior para o período de inverno às 6h, nas fachadas: a) sul, b) oeste, c) norte, d) este	122
Figura 5.8 – Modelo 3D com variação da Temperatura Superficial Exterior para o período de inverno às 16h, nas fachadas: a) sul, b) oeste, c) norte, d) este	123
Figura 5.9 – Variação da Temperatura Superficial Exterior, para as diferentes fachadas, no período de verão.....	123
Figura 5.10 – Modelo 3D com variação da Temperatura Superficial Exterior para o período de verão às 6h, nas fachadas: a) sul, b) oeste, c) norte, d) este	124
Figura 5.11 – Modelo 3D com variação da Temperatura Superficial Exterior para o período de verão às 16h, nas fachadas: a) sul, b) oeste, c) norte, d) este	125
Figura 5.12 – Variação da Temperatura do Ar Exterior perto da Fachada, para as diferentes fachadas, no período de inverno	126
Figura 5.13 – Variação da Temperatura do Ar Exterior perto da Fachada, para as diferentes fachadas, no período de verão.....	127
Figura 5.14 – Variação da Temperatura Superficial Interior, para as diferentes fachadas, no período de inverno.....	129

Figura 5.15 – Variação da Temperatura Superficial Interior, para as diferentes fachadas, no período de verão.....	130
Figura 5.16 – Variação da Temperatura Interior, para os período de inverno e de verão	131
Figura 5.17 – Variação da Temperatura Superficial Exterior, para o período de inverno, às 16h de acordo com as % cobertura: a) 0% cobertura, b) 25% cobertura, c) 50% cobertura, d) 75% cobertura, e) 100% cobertura	132
Figura 5.18 – Variação da Temperatura Superficial Exterior, para o período de verão, às 16h de acordo com as % cobertura: a) 0% cobertura, b) 25% cobertura, c) 50% cobertura, d) 75% cobertura, e) 100% cobertura	133
Figura 5.19 – Variação da Temperatura Interior, para as diferentes % cobertura da fachada, no período de inverno.....	134
Figura 5.20 – Variação da Temperatura Interior, para as diferentes % cobertura da fachada, no período de verão.....	135

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 3.1 – Custos de instalação de Paredes Verdes	50
Tabela 3.2 – Custos de manutenção de Paredes Verdes	52
Tabela 3.3 – Custos de remoção de Paredes Verdes	54
Tabela 3.4 – Vida útil dos vários componentes das Paredes Verdes	55
Tabela 3.5 – Comparticipação e limite máximo de despesas suportadas pela iniciativa “Edifícios mais Sustentáveis”	76
Tabela 4.1 – Lista das espécies que compõem a parede verde do Bessa Hotel Liberdade	87
Tabela 4.2 – Lista das principais espécies que compõem a parede verde do edifício da Rua Dr. António Cândido.....	92
Tabela 4.3 – Lista das principais espécies que compõem a parede verde do A Valenciana	97
Tabela 4.4 – Lista das espécies que compõem a parede verde do Atelier Sidney Quintela	103
Tabela 4.5 – Síntese dos casos de estudo apresentados	113
Tabela 5.1 – Parâmetros de entrada chave no ENVI-met	118

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

A.C. – Antes de Cristo

AICCOPN – Associação dos Industriais da Construção Civil e Obras Públicas

COV – Compostos Orgânicos Voláteis

CO – Monóxido de Carbono

CO₂ – Dióxido de Carbono

D.C. – Depois de Cristo

DR – Diário da República

ELPRE – Estratégia de Longo Prazo para a Renovação dos Edifícios

EUA – Estados Unidos da América

HDPE - Polietileno de alta densidade

IAF – Índice de Área Foliar

ICU – Ilha de Calor Urbano

INE – Instituto Nacional de Estatística

IPBES – Plataforma Intergovernamental sobre Biodiversidade e Serviços Ecossistémicos

IPCC – Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas

LCC – Custos do Ciclo de Vida

LNEC – Laboratório Nacional de Engenharia Civil

MC – Teor de Humidade

NO₂ – Dióxido de Nitrogénio

NUTS – Nomenclatura Comum das Unidades Territoriais Estatísticas

OMS – Organização Mundial da Saúde

O₃ - Ozono

PEES – Programa de Estabilização Económica e Social

PM – Material Particulado

PM 10 – Material Particulado de 10 Micrómetros de Diâmetro

PNEC – Plano Nacional de Energia e Clima

PVC – Policloreto de vinila

RJRU – Regulamento Jurídico da Reabilitação Urbana

SO₂ – Dióxido de Enxofre

TCE – Tricloroetileno

Ta – Temperatura do Ar Exterior perto da Fachada

Ti – Temperatura Interior

Tse – Temperatura Superficial Exterior

Tse média – Temperatura Superficial Exterior Média

Tsi – Temperatura Superficial Interior

UNEP – Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente

ΔT_a – Diferença da Temperatura do Ar Exterior perto da Fachada

ΔT_i – Diferença da Temperatura Interior

ΔT_{se} – Diferença da Temperatura Superficial Exterior

ΔT_{si} – Diferença da Temperatura Superficial Interior

INTRODUÇÃO

1.1. Enquadramento do Tema

Ao longo dos últimos anos tem-se observado uma importante expansão dos centros urbanos. Esta tendência tem sido provocada pelo aumento da população mundial e da migração para as cidades, existindo atualmente mais pessoas a residir em centros urbanos do que em zonas rurais. Com a elevada densificação urbana das cidades, o número de espaços verdes torna-se cada vez menor (Manso et al., 2020; Hopkins et al., 2011).

De forma a inverter este problema, as paredes verdes podem ser uma forma de tornar as áreas construídas mais rentáveis, naturais e visualmente agradáveis, minimizando alguns problemas resultantes do aumento da construção nas cidades. A utilização de paredes verdes apresenta várias vantagens como a regulação da temperatura, que consequentemente contribui para a mitigação do efeito da Ilha de Calor Urbano e a sua consequente pegada de carbono, e para a redução do consumo energético dos edifícios na medida em que diminui as suas necessidades de aquecimento e arrefecimento dos ambientes interiores; a atenuação do ruído, através do aumento do isolamento sonoro; a melhor qualidade e gestão das águas pluviais, contribuindo para a retenção e atraso do seu escoamento; a valorização das propriedades, em particular devido à melhoria estética introduzida; o aumento da vida útil dos materiais de revestimentos e impermeabilização; o aumento do bem-estar e saúde das pessoas, a nível físico, social e psicológico; entre outros benefícios (ARUP, 2016; Hopkins et al., 2011; Muahram et al., 2019; Wood et al., 2014; Sheweka et al., 2011).

Apesar dos benefícios tem existido alguma resistência na adoção deste tipo de solução construtiva, principalmente devido aos custos de instalação associados serem superiores aos dos sistemas construtivos de fachadas tradicionais, mas também pelos benefícios só se verificarem a longo prazo (Calheiros e Mesquita, 2021).

Este é um tema ainda pouco explorado no nosso país, onde há pouca e incompleta informação, incertezas quanto à sua relação preço/qualidade, poucos incentivos, para além das escassas propostas de paredes verdes por parte dos arquitetos.

1.2. Motivação e Objetivos

A escolha deste tema surge do interesse da autora pelas questões de reabilitação e sustentabilidade do edificado, para as quais as paredes verdes podem ter um contributo significativo.

O presente trabalho prevê o estudo de fachadas verdes em Portugal. Desta forma, os principais objetivos consistem em:

- Analisar a possibilidade de adaptação das paredes verdes, em climas temperados, a projetos de reabilitação;
- Fazer o levantamento dos tipos de soluções de paredes verdes disponíveis no mercado, caracterizando-as e classificando-as em relação ao suporte, materiais, tipo de substrato, adequabilidade das espécies de plantas, irrigação, manutenção e custos associados;
- Analisar as vantagens da implementação de paredes verdes em edifícios;
- Comparar o comportamento térmico entre a parede verde e a parede de betão, verificando se os valores obtidos se encontram em conformidade com os estudos analisados.

1.3. Metodologia e Estrutura do Trabalho

O presente trabalho estruturou-se em diferentes etapas encadeadas, iniciando-se com uma intensa e aprofundada pesquisa bibliográfica e com a identificação de potenciais casos de estudo. Os casos de estudo foram escolhidos por se enquadrarem no tema desenvolvido, tentando haver algumas diferenças entre os mesmos. Numa fase mais avançada do trabalho foi efetuada uma simulação, com vários modelos, para compreender melhor o comportamento térmico deste tipo de solução construtiva.

O presente documento encontra-se dividido ao longo de 6 capítulos.

No primeiro capítulo apresenta-se uma contextualização do tema, em questão, enumera-se quais os objetivos deste trabalho e faz-se uma breve descrição da estrutura do documento.

No segundo capítulo, com base na pesquisa bibliográfica, procede-se a uma caracterização da reabilitação urbana, desde o seu conceito e aplicação, passando pelos seus princípios e objetivos, referindo, ainda, a importância da mesma. De seguida é feita uma caracterização da reabilitação em Portugal, caracterizando o edificado e o próprio setor da reabilitação. O capítulo fica concluído com uma breve indicação do papel da sustentabilidade na reabilitação urbana.

No terceiro capítulo, também com base na pesquisa bibliográfica, contextualiza-se o tema das paredes verdes. Inicia-se com uma referência à evolução histórica, continuando com a classificação e caracterização dos diferentes sistemas das mesmas. É abordado o planeamento e design, deste tipo de solução construtiva, onde se faz referência ao tipo de sistema de irrigação e à seleção de plantas usadas, à manutenção e aos custos associados. Seguidamente são apresentados os benefícios associados às paredes verdes, dividindo-se em benefícios ambientais, económicos e sociais. Faz-se ainda referência ao comportamento ao fogo, e às políticas e incentivos existentes para as mesmas.

No quarto capítulo, são apresentados 6 casos de estudo, todos eles na zona de Lisboa, e todos eles resultantes de reabilitações urbanas. É feita uma análise, para todos os casos, onde se aborda o tipo de sistema, as plantas selecionadas, o sistema de irrigação, a orientação da fachada onde foi implementada a parede verde, os trabalhos de manutenção efetuados e o custo de instalação.

No capítulo cinco, procede-se à análise da simulação efetuada, através do software ENVI-met, de dois modelos, sendo que um deles é caracterizado por ter as fachadas sem vegetação e o outro por todas as fachadas serem paredes verdes. Inicialmente é efetuada uma breve introdução ao software utilizado, seguindo-se uma configuração dos modelos simulados. O capítulo é concluído com a avaliação do desempenho dos mesmos, analisando a influência da orientação e da percentagem de cobertura da fachada, nos ambientes exteriores e interiores, relativamente ao comportamento térmico.

No sexto e último capítulo apresentam-se as conclusões deste trabalho e propõem-se desenvolvimentos futuros.

2. REABILITAÇÃO URBANA

2.1. Conceito e Aplicação da Reabilitação Urbana

A reabilitação de edifícios consiste na intervenção necessária para fornecer, aos mesmos, condições de habitabilidade, segurança e conforto que até então não tinham, ou tiveram e se foram perdendo com o tempo. Desta forma, há que ter a preocupação necessária para a realização dessas intervenções, de modo a respeitar a arquitetura, tipologia e respetivos sistemas construtivos em questão.

O Regulamento Jurídico da Reabilitação Urbana (RJRU 2009, Artigo 2º, alínea j) define reabilitação urbana como “a forma de intervenção integrada sobre o tecido urbano existente, em que o património urbanístico e imobiliário é mantido, no todo ou em parte substancial, e modernizado através da realização de obras de remodelação ou beneficiação dos sistemas de infraestruturas urbanas, dos equipamentos e dos espaços urbanos ou verdes de utilização coletiva e de obras de construção, reconstrução, ampliação, alteração, conservação ou demolição dos edifícios.”. Assumindo-se, assim, como “uma componente indispensável da política das cidades e da política de habitação, na medida em que nela convergem os objetivos de requalificação e revitalização das cidades, em particular das suas áreas mais degradadas, e de qualificação do parque habitacional, procurando-se um funcionamento globalmente mais harmonioso e sustentável das cidades e a garantia, para todos, de uma habitação condigna.”.

O processo de reabilitação urbana considera dois campos de ação distintos: a intervenção no espaço público e a intervenção no edificado.

A reabilitação ao nível do espaço público está relacionada com aspetos urbanos, podendo ser definida como um conjunto de “estratégias e ações destinadas a potenciar os valores socioeconómicos, ambientais e funcionais de determinadas áreas urbanas, para elevar a qualidade de vida das populações residentes, melhorando as condições físicas do parque edificado, os níveis de habitabilidade e equipamentos comunitários, infraestruturas, instalações e espaços livres” (Aguiar et al, 1998).

No que diz respeito à reabilitação de edifícios, existem dois tipos principais de edifícios a considerar: os edifícios históricos e os correntes. No primeiro caso, pode ser designado como uma sucessão de ações executadas, tendo em vista a beneficiação e reparação de um edifício, tornando-o habilitado para as exigências e funções dos dias de hoje e ao mesmo tempo, preservando as características e elementos que possuam algum tipo de valor cultural, arquitetónico e histórico. No segundo caso, este pode ser definido como sendo uma renovação e/ou reparação parcial ou total dos

vários elementos construtivos de um edifício, com o objetivo de o dotar com os mesmos requisitos de exigência e de satisfação atuais, requeridos a um edifício novo (Rodrigues, 2014).

Assim, na reabilitação de edifícios é imprescindível adaptar as necessidades do presente às construções antigas, de modo a que estes tenham as mínimas condições necessárias de habitabilidade, e estabelecer um compromisso entre a sua identidade original e a que resulta da própria reabilitação (Appleton, 2003). Desta forma, quando se trata de reabilitação do edificado tem de se ter atenção a certos pormenores técnicos que, aquando da sua construção, possivelmente não foram respeitados.

Quando nos referimos a um quadro de intervenções a nível urbano, existem vários conceitos que se interligam, mas com vários graus de intervenção diferentes, como é o caso da reabilitação urbana, renovação urbana, requalificação urbana e revitalização urbana. Estes conceitos estão interligados pois, todos eles, visam intervir na estrutura urbana de maneira a modernizá-la e adaptá-la a novas necessidades, mas distinguem-se pelo tipo de intervenção. Isto porque, uns intervêm mais a nível físico (edifícios, gestão do espaço urbano e serviços públicos), outros a nível funcional (revitalização de atividades e serviços), e outros apontam para uma alteração radical de áreas urbanas como é o caso da requalificação urbana (Vázquez, 2005).

Numa breve abordagem às várias formas de intervenções físicas a nível urbano para além da Reabilitação Urbana, são definidas, segundo Moura et al. (2006):

- Renovação Urbana, está diretamente ligada à ideia de demolição de uma ou várias frações, e conseqüentemente à substituição por construção nova, geralmente há uma alteração de morfologia urbana e tipologia da edificação;
- Requalificação Urbana, é vista sobretudo, como um melhoramento das condições de vida das populações, essencialmente promovendo a construção de infraestruturas e equipamentos e a valorização do espaço, com medidas de dinamização social e económica.
- Revitalização Urbana, pretende aumentar a qualidade de vida das populações através da implementação de um processo de planeamento estratégico, capaz de estabelecer diversos vínculos entre territórios, pessoas e atividades de modo a garantir a sustentabilidade entre vários aspetos independentes, possibilitando a sua interligação como, por exemplo, o desempenho financeiro e económico, a sustentabilidade física e ambiental e coesão social e cultural.

Nos dias de hoje, a reabilitação urbana assume um papel indispensável na política da habitação e das cidades, na medida em que nela convergem os objetivos da requalificação e revitalização das cidades, em particular nas zonas mais degradadas, e de qualificação do parque habitacional.

É neste âmbito que a necessidade de reabilitar tem vindo a assumir uma relevância cada vez maior, podendo ser uma solução para atenuar diversos problemas económicos e ambientais, decorrentes das especificidades da atividade do setor da construção.

2.2. Princípios da Reabilitação Urbana

Segundo o Regulamento Jurídico da Reabilitação Urbana (RJRU 2009, Artigo 4º) existem dez princípios a que a política de reabilitação urbana obedece.

- “Princípio da responsabilização dos proprietários e titulares de outros direitos, ónus e encargos sobre os edifícios, conferindo-se à sua iniciativa um papel preponderante na reabilitação do edificado e sendo-lhes, nessa medida, imputados os custos inerentes a esta atividade;
- Princípio da subsidiariedade da ação pública, garantindo que as ações de reabilitação urbana relativas a espaços privados são diretamente promovidas por entidades públicas apenas na medida em que os particulares, quer isoladamente quer em cooperação com aquelas, não as assegurem ou não possam assegurá-las;
- Princípio da solidariedade intergeracional, assegurando a transmissão às gerações futuras de espaços urbanos corretamente ordenados e conservados;
- Princípio da sustentabilidade, garantindo que a intervenção assente num modelo financeiramente sustentado e equilibrado e contribuindo para valorizar as áreas urbanas e os edifícios intervencionados através de soluções inovadoras e sustentáveis do ponto de vista sócio-cultural e ambiental;
- Princípio da integração, preferindo a intervenção em áreas cuja delimitação permita uma resposta adequada e articulada às componentes morfológica, económica, social, cultural e ambiental do desenvolvimento urbano;
- Princípio da coordenação, promovendo a convergência, a articulação, a compatibilização e a complementaridade entre as várias ações de iniciativa pública, entre si, e entre estas e as ações de iniciativa privada;

- Princípio da contratualização, incentivando modelos de execução e promoção de operações de reabilitação urbana e de operações urbanísticas tendentes à reabilitação urbana baseados na concertação entre a iniciativa pública e a iniciativa privada;
- Princípio da proteção do existente, permitindo a realização de intervenções no edificado que, embora não cumpram o disposto em todas as disposições legais e regulamentares, aplicáveis à data de intervenção, não agravam a desconformidade dos edifícios relativamente a estas disposições, ou têm como resultado a melhoria das condições de segurança e salubridade da edificação, ou delas resulta uma melhoria das condições de desempenho e segurança funcional, estrutural e construtiva da edificação e o sacrifício decorrente do cumprimento daquelas disposições seja desproporcionado em face da desconformidade criada ou agravada pela realização da intervenção;
- Princípio da justa ponderação, promovendo uma adequada ponderação de todos os interesses relevantes em face das operações de reabilitação urbana, designadamente os interesses dos proprietários ou de outros titulares de direitos sobre edifícios objeto de operações de reabilitação;
- Princípio da equidade, assegurando a justa repartição dos encargos e benefícios decorrentes da execução das operações de reabilitação urbana.”

2.3. Objetivos da Reabilitação Urbana

Segundo Duarte (2012), a reabilitação urbana tem como principais objetivos combater a degradação urbana, melhorar as condições de habitabilidade e funcionalidade, promover o património cultural e a recuperação de espaços urbanos, modernizar infraestruturas. Procura-se obter um funcionamento harmonioso e sustentável das cidades.

Entre os objetivos da reabilitação urbana, atualmente estabelecidos, encontram-se pontos como, o melhoramento do parque habitacional e dos espaços não edificados; a modernização das infraestruturas urbanas; a requalificação de espaços verdes, espaços urbanos e equipamentos de utilização coletiva; a promoção da melhoria geral da mobilidade, havendo uma melhor gestão da via pública e dos restantes espaços de circulação; entre outros. Contudo, tudo o que de forma direta ou indireta venha modificar, pela positiva, o tecido urbano, corresponde aos objetivos da reabilitação (Duarte, 2012).

De acordo com o RJRU (2009, Artigo 3º) os objetivos da reabilitação urbana são:

- a) “Assegurar a reabilitação dos edifícios que se encontram degradados ou funcionalmente inadequados;
- b) Reabilitar tecidos urbanos degradados ou em degradação;
- c) Melhorar as condições de habitabilidade e de funcionalidade do parque imobiliário urbano e dos espaços não edificados;
- d) Garantir a proteção e promover a valorização do património cultural;
- e) Afirmar os valores patrimoniais, materiais e simbólicos como fatores de identidade, diferenciação e competitividade urbana;
- f) Modernizar as infraestruturas urbanas;
- g) Promover a sustentabilidade ambiental, cultural, social e económica dos espaços urbanos;
- h) Fomentar a revitalização urbana, orientada por objetivos estratégicos de desenvolvimento urbano, em que as ações de natureza material são concebidas de forma integrada e ativamente combinadas na sua execução com intervenções de natureza social e económica;
- i) Assegurar a integração funcional e a diversidade económica e sócio-cultural nos tecidos urbanos existentes;
- j) Requalificar os espaços verdes, os espaços urbanos e os equipamentos de utilização coletiva;
- k) Qualificar e integrar as áreas urbanas especialmente vulneráveis, promovendo a inclusão social e a coesão territorial;
- l) Assegurar a igualdade de oportunidades dos cidadãos no acesso às infraestruturas, equipamentos, serviços e funções urbanas;
- m) Desenvolver novas soluções de acesso a uma habitação condigna;
- n) Recuperar espaços urbanos funcionalmente obsoletos, promovendo o seu potencial para atrair funções urbanas inovadoras e competitivas;
- o) Promover a melhoria geral da mobilidade, nomeadamente através de uma melhor gestão da via pública e dos demais espaços de circulação;
- p) Promover a criação e a melhoria das acessibilidades para cidadãos com mobilidade condicionada;
- q) Fomentar a adoção de critérios de eficiência energética em edifícios públicos e privados.”.

2.4. Importância da Reabilitação

O sucesso da reabilitação depende da capacidade de captar investimento – estimular, tornar os centros urbanos atrativos do ponto de vista dos utilizadores. Nunes (2010) defende que a intervenção no património deve responder a necessidades atuais, redefinindo o seu propósito, pois apenas se poderá dinamizar o investimento na manutenção e reabilitação do edificado enquanto este desempenhar uma função existencial.

A reabilitação é mais complexa que a construção de novos edifícios, dado ser necessário resolver os problemas existentes, de acordo com as características específicas de cada edifício e as necessárias exigências atuais. No entanto, trata-se de uma opção fundamental que contribui para a preservação dos valores ambientais, culturais e económicos.

A reabilitação de edifícios antigos é uma atividade de grande relevância pela preservação dos valores culturais. Os bairros e edifícios antigos são um suporte da relação entre o homem e o desenvolvimento das sociedades ao longo do tempo, representando movimentos estéticos, arquitetura e arte (Appleton, 2010).

Quanto às vantagens económicas e à proteção ambiental, decorrem da seguinte circunstância: o reabilitar edifícios antigos leva à preservação de grande parte dos elementos construídos; isto reduz a quantidade de demolições necessárias e as correspondentes construções, o que se traduz num menor dispêndio de recursos económicos e ambientais (Appleton, 2010).

Quanto à proteção ambiental, ao reabilitar, preserva-se grande parte das construções já existentes, o que reduz em parte a quantidade de material que será utilizado. Se compararmos com a reconstrução de edifícios, as quantidades de energia necessárias na produção e aplicação de produtos de construção diminuem, assim como, as emissões de dióxido de carbono. O desperdício de materiais pode, também, ser reaproveitado (Appleton, 2010).

Para Appleton (2010), a nível económico, preservar uma construção tem, pelo menos, as seguintes vantagens (em comparação com os gastos que existiriam se se optasse por demolir e depois construir):

- Redução dos custos de demolição;
- Redução dos custos com licenças e taxas;
- Aprovação mais fácil de projetos;
- Redução dos custos de estaleiro;
- Redução das perturbações do tráfego urbano;
- Colocação mais fácil de produtos de construção;
- Redução das quantidades de novos materiais.

Em conclusão, para Appleton, isto significa que, embora os preços unitários dos trabalhos de reabilitação sejam mais elevados do que os referentes para a construção nova, o custo total da reabilitação pode vir a ser menor do que o custo total de uma nova construção.

Segundo o Decreto-Lei n.º 53/2014 (DR 8 de abril de 2014),

“A promoção da reabilitação urbana constitui um objetivo estratégico e um desígnio nacional assumido no Programa do XIX Governo Constitucional. Com efeito, a política do ordenamento do território do Governo dá prioridade a uma aposta num paradigma de cidades com sistemas coerentes e bairros vividos. (...) A importância da reabilitação como fator de desenvolvimento das cidades e da economia aconselha a que se continue a trabalhar no sentido da sua máxima promoção, adotando medidas complementares às previstas no Decreto-Lei n.º 307/2009, de 23 de outubro, com a redação dada pela Lei n.º 32/2012, de 14 de agosto. (...) A reabilitação urbana deve assumir-se como uma realidade economicamente viável em todas as áreas consolidadas, garantindo-se a sua execução para todas as populações e para a habitação já existente, e não apenas para nichos de mercado. (...) Deste modo, ao invés de uma aposta em novas construções, a política do ordenamento do território desenvolvida pelo Governo privilegia a reabilitação através de operações urbanísticas de conservação, alteração, reconstrução e ampliação, enquanto soluções mais adequadas à atual realidade do país.”

2.5. Reabilitação em Portugal

2.5.1. Caracterização do edificado

Segundo os dados dos Censos 2011, realizado pelo INE, “a maioria dos edifícios do parque habitacional foi construído após 1970. As elevadas taxas de crescimento do parque habitacional português durante as últimas décadas fizeram com que, em 2011, uma parte significativa dos edifícios clássicos, os construídos a partir de 1971 constituíam 63,1% deste parque habitacional. Estes edifícios distribuíam-se de forma aproximadamente uniforme por cada uma das décadas, sendo, contudo, de assinalar uma tendência de ligeira redução do número de edifícios nas últimas décadas. Os edifícios construídos entre 1946 e 1970 representavam 22,5% do parque habitacional português e os edifícios com mais de 65 anos (i.e., anteriores a 1946) representavam os restantes 14,4%” (figura 2.1).

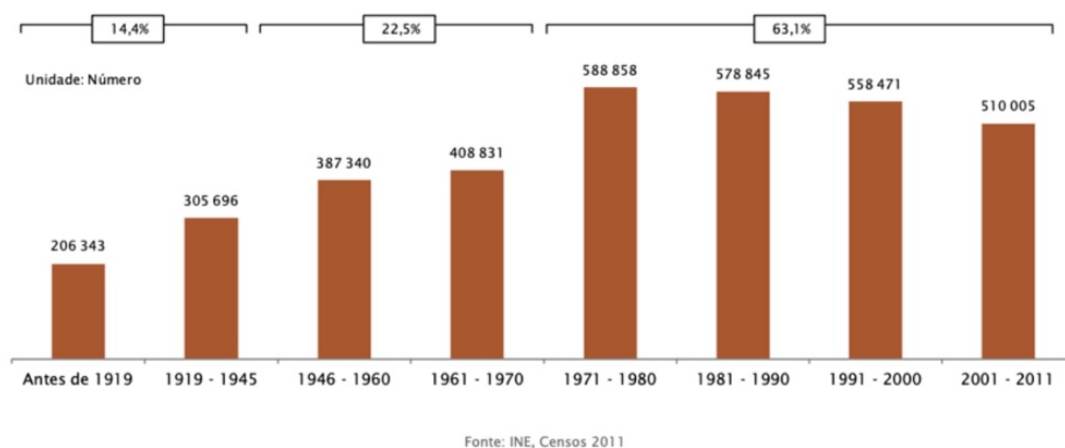


Figura 2.1 – Número de edifícios clássicos segundo a época de construção do edifício

Fonte: INE, LNEC (2013)

Os dados dos Censos de 2011 indicam que, na última década, se verificou uma melhoria generalizada do estado de conservação do edificado português. A larga maioria dos edifícios, cerca de 71%, não carecia de qualquer intervenção. No entanto, existiam cerca de um milhão de edifícios, em Portugal, com necessidades de reparação, sendo que a sua proporção diminui com o aumento do seu estado de degradação. Destes, cerca de 150 mil necessitavam de grandes reparações ou encontravam-se muito degradados, constituindo-se desta forma como objetos prioritários de intervenções de reabilitação urbana (Figura 2.2).

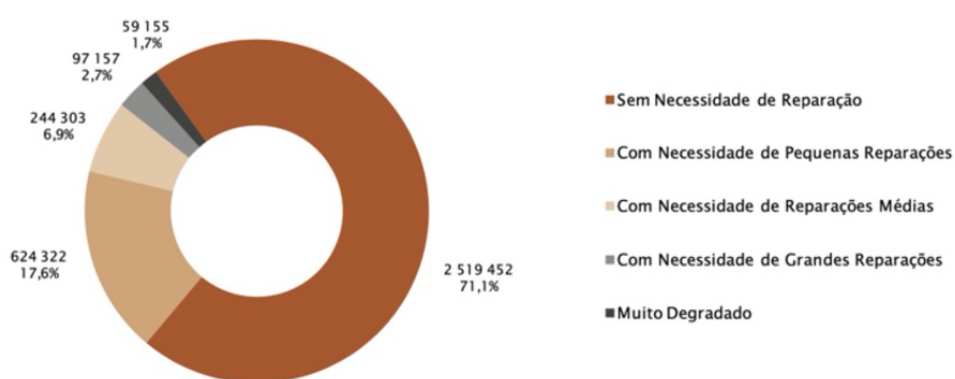
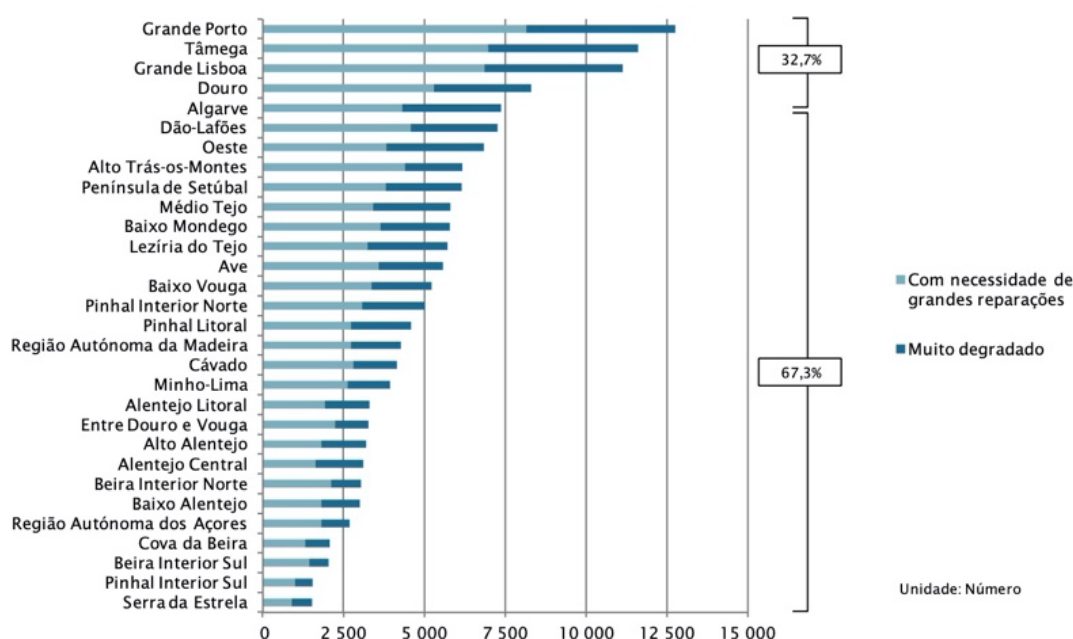


Figura 2.2 – Número de edifícios clássicos segundo o estado de conservação

Fonte: INE, LNEC (2013)

Em termos de distribuição regional, as cinco regiões em que existia um maior número de edifícios com necessidade de grandes reparações, ou muito degradados, eram o Grande Porto, o Tâmega, a Grande Lisboa, o Douro e o Algarve (Figura 2.3). Na realidade, cerca de um terço (32,7%) dos edifícios do país, com necessidade de grandes reparações ou muito degradados, estavam situados nestas cinco regiões (Decreto-Lei nº 53/2014, DR nº 69/2014).



Fonte: INE, Censos 2011

Figura 2.3 – Número de edifícios clássicos muito degradados ou com necessidades de grandes reparações, por NUTS III

Fonte: INE, LNEC (2013)

2.5.2. Caracterização do setor da reabilitação

Em Portugal, a evolução das obras concluídas em edifícios com destino à habitação familiar (construções novas e reabilitações do edificado) no período 1995 a 2019, aponta para três fases distintas. Até 2002, assistiu-se, em Portugal, a uma estabilidade do número de reabilitações do edificado e, simultaneamente, a um aumento acentuado das construções novas. No período seguinte, de 2003 a 2016, as obras concluídas sofreram uma redução ao nível das reabilitações físicas e, mais significativamente, ao nível das construções novas, atingindo em 2013, as menores taxas de variação anual (-22,6% e -33,9%, respetivamente), num período de crise económica e financeira (INE, 2019).

Desde 2016, as construções novas têm vindo progressivamente a aumentar, enquanto a recuperação da reabilitação do edificado se iniciou em 2017. Note-se que, em 2019, tanto o número de edifícios concluídos em construções novas como o número de edifícios reabilitados registaram os maiores crescimentos anuais na série temporal analisada (Figura 2.4 e Figura 2.5) (INE, 2019; INE & LNEC, 2013).

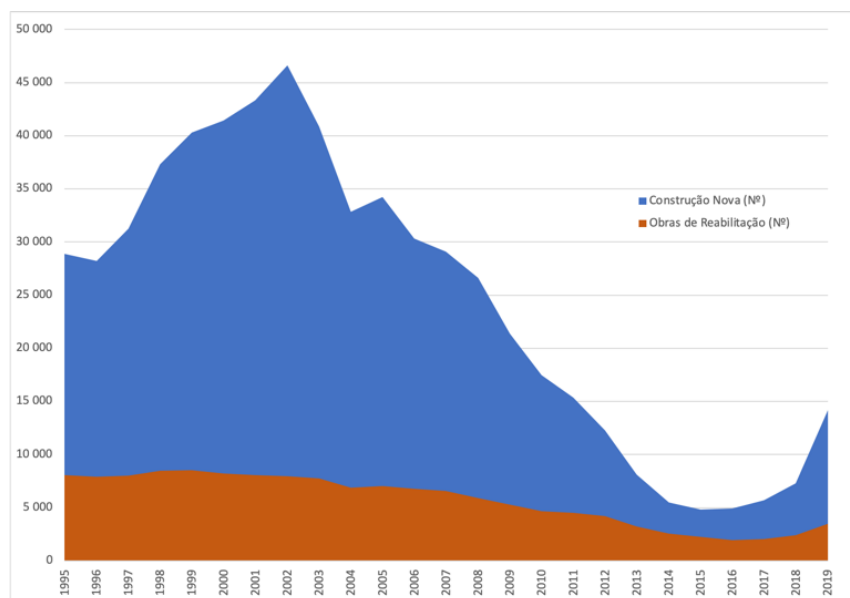


Figura 2.4 – Edifícios concluídos para habitação familiar segundo o tipo de obra, Portugal, 1995-2019
Fonte: INE (2019)

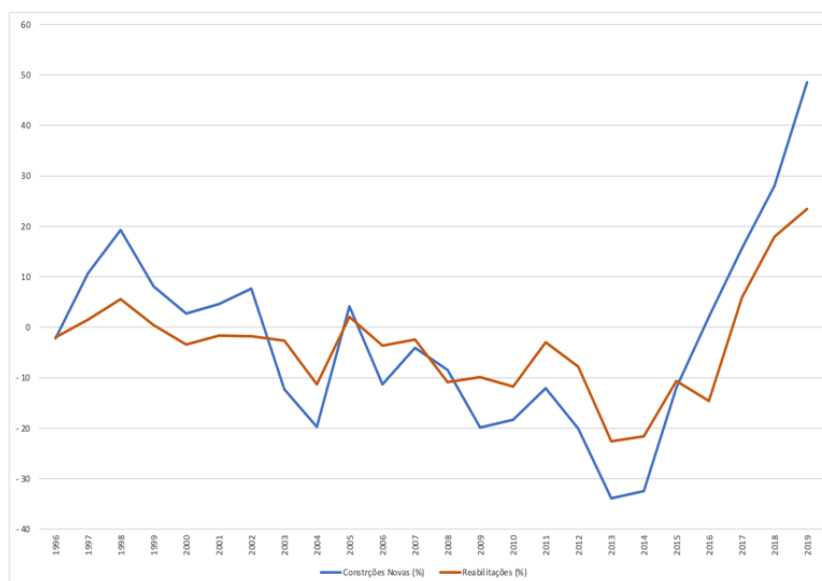


Figura 2.5 – Taxa de variação anual do número de edifícios concluídos para a habitação familiar segundo o tipo de obra, 1996-2019
Fonte: INE (2019); INE (2020)

A evolução verificada, na reabilitação, entre 1995 e 2019 traduziu-se, ao nível nacional, numa diminuição da importância das obras concluídas com destino à habitação familiar até 2002 – ano em que atingiu o menor peso relativo (15%). De 2003 até 2015, verificou-se uma inversão desta tendência, registando-se um aumento da importância relativa das reabilitações nas obras concluídas, atingindo uma expressão máxima em 2014 e 2015 (32%). Nos últimos anos, de 2015 a 2019, num contexto de aceleração da dinâmica de construção, verificou-se novamente um decréscimo da importância relativa das obras de reabilitação no total de obras concluídas (Figura 2.6) (INE, 2019; INE & LNEC, 2013).

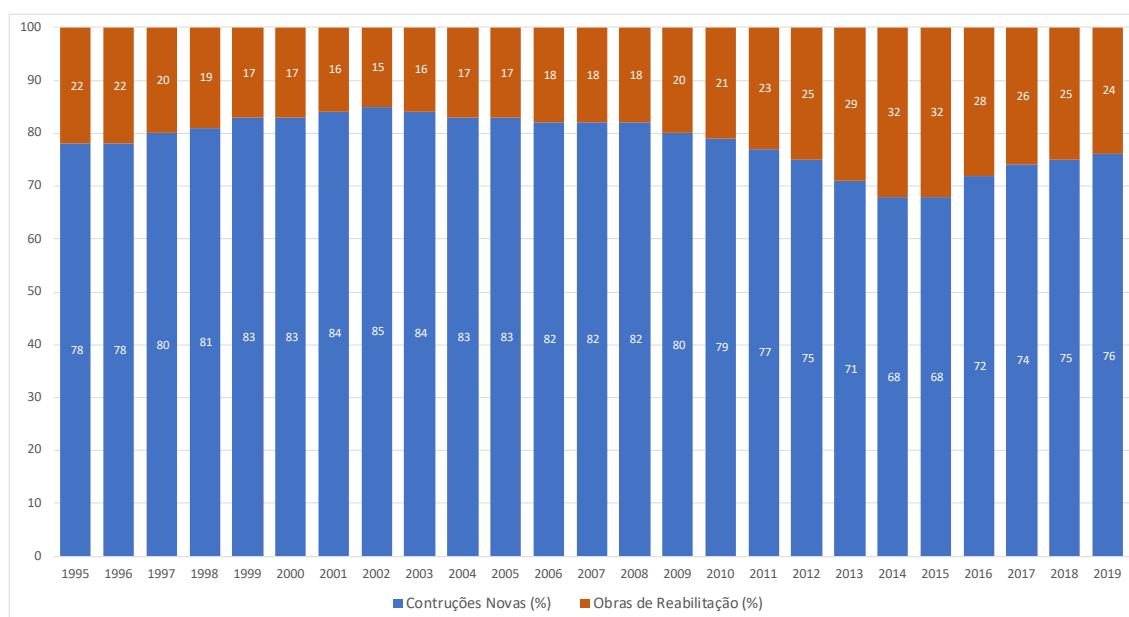


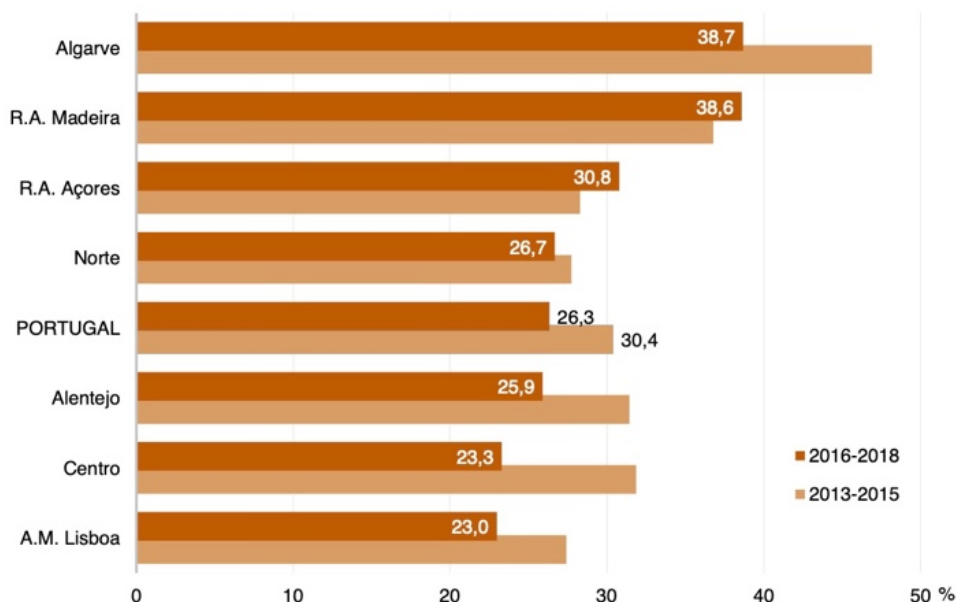
Figura 2.6 – Distribuição dos edifícios concluídos para habitação familiar segundo o tipo de obra, Portugal, 1995-2019

Fonte: INE (2019); INE (2020)

A análise da proporção de reabilitações no total de obras concluídas em edifícios com destino à habitação familiar entre os triénios 2013-2015 e 2016-2018, permite verificar, ao nível nacional, uma diminuição da importância das reabilitações no total das obras concluídas, tendo este indicador passado de 30,4% em 2013-2015 para 26,3% em 2016-2018 (INE, 2019).

Neste período, verificou-se igualmente uma diminuição da expressão das reabilitações em todas as regiões do Continente destacando-se o Centro com a maior diminuição (-8,6 pontos percentuais). Por outro lado, a importância das reabilitações no total de obras concluídas aumentou nas regiões autónomas dos Açores (+2,5 pontos percentuais) e da Madeira (+1,8 pontos percentuais) entre 2013-2015 e 2016-2018 (INE, 2019).

As obras de reabilitação representavam um maior peso, acima de 35%, na região do Algarve (38,7%) e na Região Autónoma da Madeira (38,6%). Seguiam-se, com proporções menores, mas acima da média nacional, a Região Autónoma dos Açores (30,8%) e o Norte (26,7%) (Figura 2.7) (INE, 2019).



Fonte: INE,I.P., Estatísticas das obras concluídas.

Figura 2.7 – Proporção de reabilitações no total de obras concluídas em edifícios para habitação familiar, Portugal e NUTS II, 2013-2015 e 2016-2018

Fonte: INE (2019)

Para a avaliação da expressão das reabilitações do edificado ao nível do município, considerou-se a análise do período alargado 2013-2018. Neste período, é possível identificar uma maior proporção de reabilitações no total de obras concluídas, em edifícios para habitação familiar, nos municípios localizados no Interior, nas regiões Centro e Alentejo, face aos municípios localizados no Litoral do Continente.

Neste quadro, importa referir a importância da reabilitação nos municípios de Lisboa (90,9%) e do Porto (75%). Nas regiões autónomas, destacavam-se, com proporções superiores a 50% os municípios do Corvo, Santa Cruz e Nordeste na Região Autónoma dos Açores e os municípios de Ponta do Sol e Funchal na Região Autónoma da Madeira.

No período 2013-2018, em 53 municípios, as obras de reabilitação correspondem a mais de metade das obras concluídas em edifícios para habitação familiar e, entre os triénios de 2013-2015 e 2016-2018, verificou-se um reforço da expressão das reabilitações em 96 municípios (Figura 2.8) (INE, 2019).

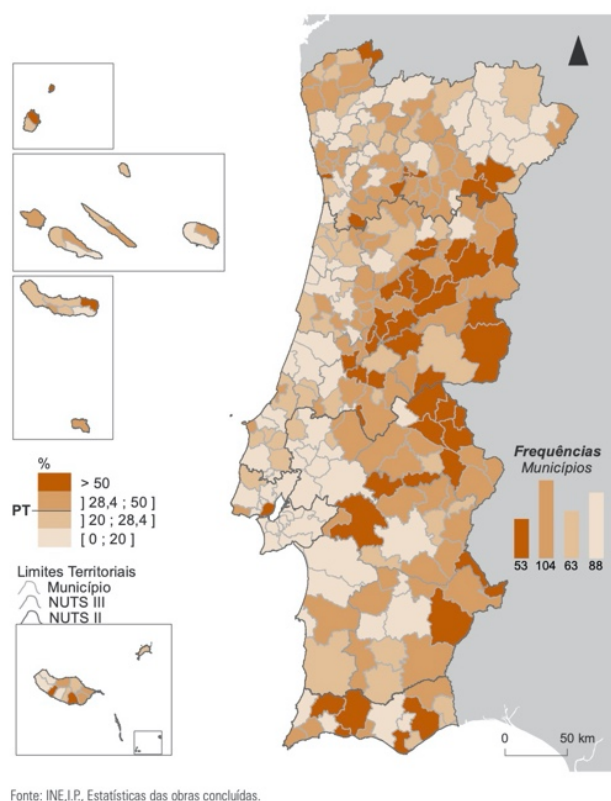


Figura 2.8 – Proporção de reabilitações no total de obras concluídas em edifícios para habitação familiar, Portugal e municípios, 2013-2018
Fonte: INE (2019)

Segundo Reis Campos, presidente da AICCOPN, a reabilitação urbana em Portugal registou, ao longo dos últimos anos, uma evolução “muito positiva e que é bem visível nos centros urbanos das principais cidades”. Afirma ainda que, “o índice que mede o nível de atividade, que integra o Barómetro AICCOPN da Reabilitação Urbana, apresentou um crescimento consistente desde o final do ano 2015, até ao primeiro trimestre de 2020, quando o país foi severamente afetado pela pandemia”. Em relação ao número de obras de reabilitação licenciadas em 2019, Reis Campos afirma que se situa “28% acima do verificado no ano 2015, números que demonstram que este segmento de mercado estava a atravessar um momento muito favorável” (Jornal de Negócios, 2021).

É essencial reabilitar os edifícios para que estes não atinjam estados de degradação tal que a solução mais viável se torne a demolição. É também fundamental que a reabilitação seja bem projetada e executada, a fim de tornar os edifícios mais duráveis e com menores custos de manutenção (mais sustentáveis). Contudo, a manutenção deve ser efetuada continuamente, para que os problemas que possam surgir sejam detetados, logo de início, garantindo o nível de eficiência do edifício (Lopes, 2010).

2.6. A Sustentabilidade na Reabilitação Urbana

O termo “sustentável” vem do latim *sustentare*, que significa cuidar, conservar, defender. Segundo Bachmann (2009), “A reabilitação de edifícios constitui uma via privilegiada para alcançar os objetivos de sustentabilidade, já que (...) aumenta a vida útil dos edifícios, rentabilizando os recursos já aplicados.”

Esta citação reflete a maneira como a reabilitação se encaixa no processo de Desenvolvimento Sustentável, permitindo aumentar a vida do edifício e, assim, preservar a identidade do espaço urbano.

A definição do conceito Desenvolvimento Sustentável tomou forma no relatório de Brundland, intitulado “O nosso futuro comum”, publicado pela Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento, em 1987. O termo é apresentado como: “o desenvolvimento que satisfaz as necessidades do presente, sem comprometer a capacidade de as gerações futuras satisfazerem as suas próprias necessidades” (United Nations, 1987).

Para Appleton (2010), a sustentabilidade engloba valores que não são, usualmente, considerados nas construções novas, como por exemplo, o caso da proteção ambiental, valorização patrimonial e consumos de energia. Segundo o autor, não se pode dizer que reabilitar é caro ou barato se se comparar apenas os custos de construção por m² que derivam das construções novas ou da reabilitação de edifícios, é necessário ter em conta os valores acima referidos.

Nos últimos anos, resultados de inúmeras conferências, relatórios, cartas e acordos, o conceito de sustentabilidade tornou-se uma prioridade, e atualmente encontra-se assente em três dimensões fundamentais e indissociáveis: ambiental, social e económica. Neste contexto, as sociedades atuais reconhecem cada vez mais a necessidade de equilibrar e ajustar estas dimensões, com vista à criação de comunidades ecologicamente corretas, socialmente justas, culturalmente diversas e economicamente viáveis (Lopes, 2010).

Contudo, o aumento da população nas cidades suscita maiores necessidades a nível de recursos naturais, da habitação e das infraestruturas, originando fortes impactos ambientais, degradação das condições de vida e desequilíbrios económicos (Lopes, 2010).

De facto, a construção e manutenção dos edifícios está intimamente relacionada com o meio ambiente, consumindo grandes quantidades de energia, água e solo, e produzindo inúmeros resíduos nocivos à saúde e bem-estar das comunidades (Lopes, 2010).

A sustentabilidade da reabilitação de edifícios está necessariamente ligada à preservação de grande parte dos elementos construtivos, reduzindo a quantidade de demolições e consequentes

reconstruções. Apenas assim, se consomem menores quantidades de energia na produção e aplicação de produtos de construção, se diminuem as emissões de CO₂ e se reduzem as quantidades de produtos de demolição. Além de que, tanto quanto possível, se deverá dar prioridade à utilização de materiais tradicionais e naturais (madeira, pedra, areia, cal, etc.), por oposição aos industriais e artificiais como o cimento, aço, alumínio, PVC, plásticos e outros materiais sintéticos (Appleton, 2009).

Associando a qualidade ambiental e a qualidade arquitetónica, a reabilitação de forma sustentável passa assim não só pela otimização dos consumos de energia e água (utilização de fontes renováveis e recurso a tecnologias passivas, recuperando sistemas construtivos tradicionais) mas também pela gestão dos resíduos decorrentes do uso quotidiano e da utilização de materiais ecológicos (Mourão, 2004).

Consequentemente, de forma a potenciar a aplicação de práticas sustentáveis é necessário analisá-las tendo em consideração os seus benefícios em termos de sustentabilidade e os seus custos. No entanto, este tipo de análise deve envolver os profissionais do setor da construção, de forma a facilitar a transmissão de conhecimento entre o meio académico e o setor industrial, de forma a garantir que as práticas sustentáveis estão de acordo com os interesses dos profissionais (Araújo et al., 2015).

A implementação destas práticas sustentáveis ao nível das operações de reabilitação e construção é uma necessidade, tendo em conta o objetivo de minimizar os impactos ambientais do sector da construção.

Segundo Araújo et al. (2015), apesar da importância da implementação de práticas sustentáveis estar devidamente comprovada e ser compreendida por grande parte da população, a ampla aplicação e implementação dos conceitos de construção sustentável ainda não é uma realidade. Diversos estudos têm sido realizados com o objetivo de compreender o porquê desta fraca aplicação tendo sido concluído que um dos principais fatores é o facto de as práticas sustentáveis serem consideradas dispendiosas. Vários estudos provaram que muitas das medidas de sustentabilidade possuem custos inferiores às tradicionais numa perspetiva de ciclo de vida. Contudo, os profissionais do sector ainda não estão consciencializados para este facto e, por isso, não implementam tais práticas.

A reabilitação passa, assim, por aliar técnicas de reabilitação tradicional a novas técnicas de reabilitação sustentável e usar conceitos bioclimáticos e energéticos, com introdução de arquitetura sustentável à reabilitação do edificado construído.

Na procura de soluções inteligentes para a sociedade, que integrem o Homem no meio ambiente, arquitetos e engenheiros têm-se esforçado por aplicar eficazmente os sistemas construtivos atuais e têm desenvolvido tecnologias para aprimorar o uso de recursos naturais. As tendências arquitetónicas atuais preocupam-se muito com essa questão, visando quer a integração com o meio

ambiente e a diminuição da poluição, quer a economia e o melhor aproveitamento dos recursos naturais durante a construção e em toda a vida útil do imóvel (Vieira, 2018)

2.7. Síntese do Capítulo

A reabilitação urbana assume-se, atualmente, como uma componente indispensável da política das cidades e da política da habitação, na medida em que nela convergem os objetivos de requalificação e revitalização das cidades, em particular das suas áreas mais degradadas, e de qualificação do parque habitacional.

Desta forma pretende-se com ações de reabilitação, prolongar a vida útil dos edifícios intervencionados, aumentando os seus padrões de qualidade e durabilidade exigentes nos dias de hoje, nomeadamente promovendo a escolha criteriosa de materiais mais sustentáveis.

Em Portugal, é importante que a reabilitação seja desenvolvida e incentivada, uma vez que o parque habitacional existente necessita imprescindivelmente deste tipo de intervenção. É fundamental tornar o parque habitacional existente mais sustentável. Assim como é importante que a taxa de reabilitação aumente, fazendo baixar a taxa de construções novas.

3. PAREDES VERDES

3.1. Introdução às Paredes Verdes

Com o crescimento populacional exponencial, a nível mundial, que ocasiona um adensamento demográfico nos grandes centros urbanos, e consequente necessidade de aumentar a densidade de construções, para atender à necessidade mundial, originam-se diversos impactos negativos nas condições ambientais e sociais urbanas. De acordo com as Nações Unidas, mais de metade da população mundial vive em cidades e, as projeções mostram que, a população urbana pode aumentar 60% até 2030. Ainda que, atualmente, as cidades ocupem apenas 3% do território do planeta Terra, são habitadas por 60-80% da população global. O seu consumo de energia é responsável por 75% das emissões globais de carbono e mais de 60% do uso de recursos, sendo que mais de 30% desse consumo pode ser atribuído ao consumo de energia do edificado para manter as condições de conforto interno. A densificação urbana tem impacto nas mudanças climáticas globais, que se reflete no efeito da Ilha de Calor Urbano (UHI), e afeta o ruído urbano, a poluição do ar e a gestão da água, interferindo na saúde e no bem-estar dos cidadãos (Manso et al., 2020).

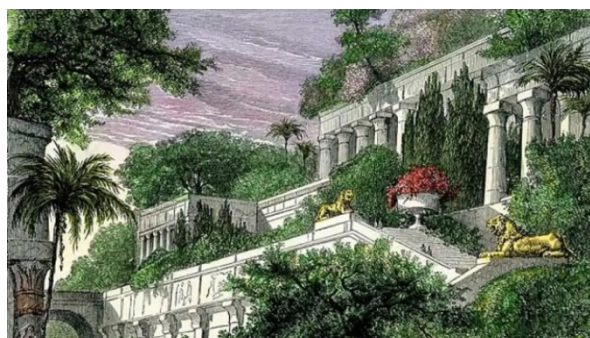
A inovação e desenvolvimento das paredes verdes prende-se, essencialmente, com o facto de ser, cada vez mais, necessário os edifícios inserirem-se num meio urbano sem prejudicar tanto o ambiente e quem nele vive. Interessa construir edifícios que sejam mais eficientes e, numa sociedade em que as cidades estão cada vez mais densas, é importante incluir espaços verdes. As paredes verdes nascem como uma ideia de tirar proveito de uma área, tradicionalmente não utilizada, e trazer os benefícios dos espaços verdes para a cidade, assim como, tornar as cidades mais sustentáveis (Kmiec, 2014). Além do aspeto estético, os jardins verticais podem também diminuir as trocas de calor com o meio envolvente e reduzir o efeito da ilha de calor. Na verdade, estas soluções ecológicas têm vários benefícios ambientais, sociais e económicos que ajudam a melhorar o desempenho dos edifícios e o ambiente urbano circundante (Manso et al., 2020).

Estudos sobre a aplicação e comportamento, dos diferentes sistemas de paredes verdes, têm sido desenvolvidos com maior frequência nos últimos trinta anos, em países europeus como Alemanha, Espanha, Grécia, Holanda e Itália; em países asiáticos como Japão e China; além de pesquisas desenvolvidas na América do Norte e Sul (Cameron et al., 2013; Susorova et al., 2013; ARUP, 2016). São várias as teorias que levam a crer que as paredes verdes têm um papel importante na filtração do ar poluído, bem como nas melhorias térmicas dos edifícios, na redução do efeito da ilha de calor e na redução dos níveis de ruído nos locais onde são aplicados (Cortês et al., 2018). Apesar dos benefícios, tem existido alguma resistência na adoção deste tipo de sistemas na construção, principalmente devido aos custos de instalação associados serem superiores aos sistemas tradicionais e pelos benefícios só se verificarem a longo prazo (Teotónio et al., 2020).

O recurso a este tipo de solução construtiva ainda é escasso em Portugal, onde não há legislação para a sua estruturação, insuficiente investigação acerca da qualidade/preço, reduzido número de empresas que o realizam e pouca informação disponível sobre o sistema construtivo e comportamento real desta solução (Calheiros e Mesquita, 2021).

3.2. Evolução Histórica

Durante séculos, as paredes verdes foram usadas na construção de edifícios para proteger as paredes e átrios dos edifícios do vento e para cultivar espécies agrícolas. O conceito original de vegetação vertical, incluindo o uso inteligente de paredes verdes, pode ser encontrado nos Jardins Suspensos da Babilónia, uma das sete maravilhas do mundo antigo, datando de 600 a 800 A.C. Estes jardins foram mandados contruir por Nebuchadnezzar II, como um presente para a sua esposa. Os jardins foram construídos sobre o palácio, a cerca de 20 metros de altura, e conformavam-se através de inúmeros terraços arborizados com plantas importadas de várias regiões, regadas por um sistema de rega simples, os vasos comunicantes, que levavam água até aos patamares superiores (Virtudes, 2016) (Figura 3.1 e 3.2).



Figuras 3.1 e 3.2 – Jardins Suspensos da Babilónia
Fonte: Google Images, obtido a 3 de maio 2021

Posteriormente, na zona do Mediterrâneo, entre o século III A.C. e o século XVII D.C., verificou-se que a cultura romana construiu estruturas verticais em treliça para sustentar as vinhas, e mais tarde na Idade Média era utilizada vegetação de tipo trepadeira nas paredes dos castelos, de modo a reduzir as amplitudes térmicas no edificado. Alguns séculos depois, os britânicos promoveram a integração de jardins nos edifícios habitacionais, nas cidades, através de estruturas de treliças, com pégulas e através de sistemas de vegetação trepadeira (Roofs, 2008).

A partir do final do século XIX e inícios do século XX começaram a surgir as preocupações ambientais e as primeiras teorias ecológicas e, a partir daí, os Jardins Verticais passaram a ser vistos como uma possibilidade para ajudar a amenizar problemas ambientais melhorando a vida urbana nos

grandes centros onde o desenvolvimento tecnológico e o crescimento populacional acarretam danos à natureza (Perini et al., 2011).

A utilização deste tipo de vegetação foi acolhida pelas cidades europeias e americanas não pelos benefícios que proporcionava ao edifício, mas pelo seu aspeto estético. Na Europa, na década de 80, do século XX, devido a questões ambientais surgiu a necessidade de trazer a natureza para as cidades, como no caso da maior parte das cidades alemãs, em que se criaram programas de incentivo à plantação e manutenção de trepadeiras nos quintais e fachadas. A introdução de vegetação nas fachadas proporcionou diversas investigações sobre as vantagens das plantas, como isolamento do edifício, a habilidade para mitigar o pó e o arrefecimento proporcionado pelas plantas (Köhler, 2008).

Dentro desta perspetiva, um dos exemplos de referência do século XX, é a Casa de Scheu de Adolf Loos que, além de ter sido o projeto pioneiro a pôr em prática o princípio da cobertura em terraço, também foi pioneiro no uso de Jardins Verticais. Loos procurava a sensação de liberdade (Sarnitz, 2009) (Figura 3.3).



Figura 3.3 – Casa Scheu de Adolf Loos, Viena, 1912

Fonte: <http://www.arthistory.upenn.edu/spr01/282/w3c3i16.htm> obtido a 3 de maio 2021

No entanto, embora tenha sido uma prática comum por muitos séculos, para fazer crescer plantas escalando o exterior de paredes de construções, estas raramente alcançavam mais do que dois andares de altura. Assim, revestir com vegetação edifícios mais altos tornava-se uma prática inviável (Vialard, 2010).

Até há cerca de 30 anos atrás, associava-se as plantas trepadeiras aos jardins verticais. O “mur végétal” concebido por Patrick Blanc veio revolucionar o conceito dos jardins verticais. Plantar no solo deixou de ser a única opção e passou a existir a opção de “plantar sobre a parede”. A solução proposta, por Patrick Blanc, compõe-se por um painel de nutrientes e uma percentagem de água que permita que

as plantas vivam e cresçam sem necessidade de solo. Este conceito evoluiu de tal forma que, hoje, se podem admirar as suas fascinantes realizações por todo o mundo (Vialard, 2010) (Figura 3.4).



Figura 3.4 – “Mur Végétal” de Patrick Blanc no Museu Quai Branly, Paris, 2005

Fonte: Google Images, obtido a 3 maio 2021

Assim, ao longo do século XX até aos dias de hoje, a tecnologia na área dos Jardins Verticais desenvolveu-se e vem-se disseminando por vários países, variando de acordo com o clima, cultura e política de incentivos (Vialard, 2010).

Atualmente, o conhecimento ao nível de novos materiais e técnicas de construção permitem a diversificação e eficácia destas instalações. No entanto, sem determinados conhecimentos de botânica, os sistemas poderão, futuramente, não ser bem sucedidos, devido ao uso indevido de certas espécies de plantas, em alguns sistemas de paredes verdes (Vialard, 2010).

Hoje em dia, já existem em todo o mundo diversos espaços onde foram integradas as designadas paredes verdes. No sentido de aproveitar as suas potencialidades, começam a surgir, e cada vez de forma mais entusiasta, soluções em que a pele do edificado é verde, ou seja, onde a vegetação preenche toda a fachada funcionando como acabamento do edificado, como um elemento importante do ambiente urbano construído – deixando de ser apenas ‘decoração arquitetónica’, mas um elemento essencial e urgentemente necessário para melhorar o funcionamento sustentável dos edifícios (ARUP, 2016).

3.3. Caraterização dos Sistemas de Paredes Verdes

Uma 'Parede Verde', é um termo descritivo usado para referir formas de vegetalizar na totalidade ou parcialmente fachadas de edifícios. É também o termo para referir um sistema de anexação de plantas a estruturas de engenharia civil e paredes de edifícios verdejantes (Mir, 2011).

Nas Paredes Verdes são consideradas duas tipologias distintas: as Fachadas Verdes e as Paredes Vivas, também designadas por Jardins Verticais. Nas fachadas verdes as plantas poderão crescer ao longo da fachada, utilizando-se habitualmente plantas trepadeiras. O sistema pode ser direto ou indireto, conforme o local de apoio, sendo direto nos casos em que as plantas se desenvolvem diretamente sob a fachada; ou indireto, nos casos em que as plantas se desenvolvem através de uma estrutura de suporte fixa previamente. As paredes vivas por sua vez classificam-se como contínuas ou modulares, sendo que as contínuas surgem em situações onde se instalam mantas permeáveis para inserir as plantas (à posteriori); e as modulares advêm da utilização de módulos pré-fabricados que já incluem solo e sistema de irrigação por gotejamento (com reservatórios inferiores) ou, em alternativa, são do tipo hidropónico, onde não se utiliza solo e a água com os nutrientes circula mais uniformemente ao longo de toda a superfície (Manso et al., 2015) (Figura 3.5).

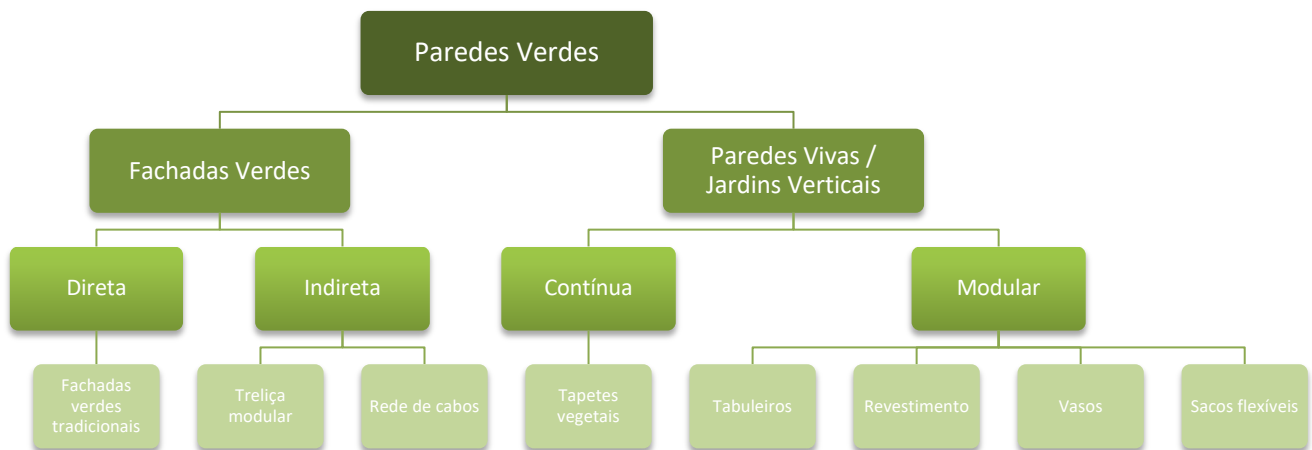


Figura 3.5 – Tipologia de Paredes Verdes

Fonte: Adaptado de Manso et al. (2015)

3.3.1. Fachadas Verdes

As fachadas verdes são baseadas em plantas trepadeiras ou que permitam desenvolver uma forma de cascata. Plantadas na base da fachada, no topo desta ou em locais intermédios da fachada, estas plantas podem demorar entre 3 a 5 anos, tipicamente, para cobrir por completo uma fachada, dependendo do tamanho da parede e da quantidade da espécie plantada (Othman et al., 2016).

É importante que as plantas sejam encaminhadas para cobrir total ou parcialmente as paredes do edifício e que tenham um apoio que permita o seu desenvolvimento completo ao longo da fachada. Este apoio pode ser natural, ou seja, plantas que por si só se conseguem fixar às fachadas ou pode ser um apoio proporcionado por mão humana, tal como treliças modulares, cabos e malhas (Mir, 2011).

Fachadas verdes diretas, ou tradicionais, são sistemas que utilizam unicamente as propriedades naturais das plantas trepadeiras, quer sejam caducas ou persistentes, para permitir o recobrimento total ou parcial de uma fachada, estando em contato direto com esta e com o solo. (Perini et al. (a), 2011).

Este recobrimento pode ser parcial, pois este tipo de plantas trepadeiras pode crescer entre 5 a 25 metros, dependendo da espécie. Além disso, pode demorar alguns anos para cobrir por completo uma fachada, sendo que sem manutenção, a vegetação pode-se tornar pesada e o risco de cair aumenta (Perini et al (a), 2011).

As plantas de auto apego possuem uma forte tendência para crescer verticalmente em direção à luz, fenómeno denominado por fototropismo. Estas plantas trepadeiras possuem raízes aéreas ou ventosas que lhe permitem aderir diretamente à parede, sem necessidade de um sistema de suporte adicional (Ottelé, 2011) (Figuras 3.6 e 3.7).

A superfície da fachada deve ser preferencialmente rugosa, superfícies lisas como metal, vidro ou plástico não são favoráveis para este sistema (Ottelé, 2011).

A sua maior desvantagem prende-se com o facto de estas poderem causar danos à superfície da parede devido às suas fortes e densas raízes e a um eventual défice de manutenção (Mir, 2011).

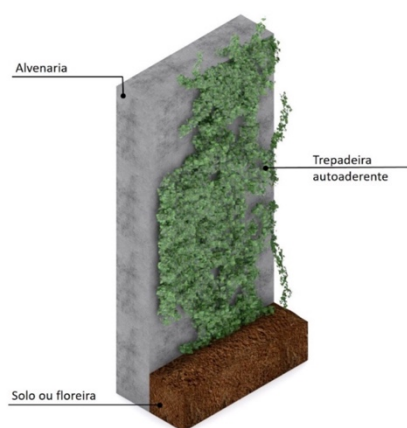


Figura 3.6 – Esquema de implantação da fachada verde direta
Fonte: Scherer et al. (2018)



Figura 3.7 – Moradia com sistema de fachada verde direta (S. Pedro do Estoril, Lisboa)

As fachadas verdes indiretas são sistemas onde a vegetação trepadeira cresce auxiliada por suportes. Estes são fixados, afastados das paredes, e podem ainda estar em frente às aberturas ou regiões envidraçadas dos edifícios, atuando como elemento de controle solar. A vegetação pode ser plantada diretamente no solo ou em floreiras. Neste último caso, são necessários mais cuidados com a nutrição e a irrigação das espécies. A manutenção com poda é importante para controlar e direcionar o crescimento (Scherer et al., 2018).

Os sistemas de apoio ao crescimento da vegetação estão fixados de uma forma mais sólida à fachada, logo conseguem suportar o peso da vegetação e aumentar a resistência mecânica de todo o sistema. Além disso, também têm uma função de impedir o contacto direto das plantas com a fachada, sendo que é criado um espaço de ar entre a fachada e a vegetação (Manso et al., 2015).

Os suportes para o crescimento e fixação das plantas trepadeiras podem ser de formatos e materiais variados, distinguindo-se os sistemas de treliças modulares e de redes de cabos (Scherer et al., 2018).

O sistema de treliças modulares é composto por módulos rígidos, tridimensionais, feitos de arame de aço galvanizado revestido e soldado que suporta a vegetação. O efeito tridimensional é introduzido por um painel superficial e em profundidade, assim como com as formas que os painéis podem tomar quando são empilhados. Estes painéis são leves e, dado o seu design, permitem uma melhor manutenção e conservação da fachada do edifício, pois não permitem o contacto direto da vegetação com a mesma (Kontoleon et al., 2010) (Figura 3.8).

O sistema de redes de cabos, como o próprio nome indica, utilizam cabos de aço. Este sistema é utilizado nas fachadas desenhadas para suportar plantas trepadeiras de rápido crescimento e com folhagem densa. Os cabos têm particularidades próprias de baixo peso e diâmetro, de forma a tornarem-se praticamente invisíveis, dando maior destaque às plantas. Os mesmos têm alta flexibilidade, permitindo uma rápida e simples instalação, para além de possuírem alta aderência para as plantas. Este sistema permite cobrir os vãos do edifício, devido ao seu relativo afastamento, sendo uma forma oportuna para impedir a entrada dos raios solares em períodos quentes (Sekaran, 2015) (Figura 3.9).

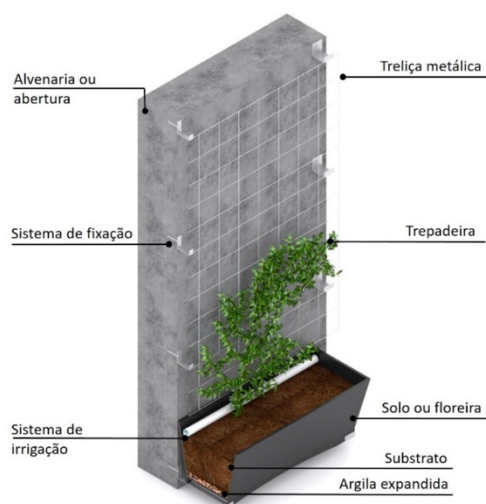


Figura 3.8 – Esquema de implantação da fachada verde indireta com sistema de treliça modular
Fonte: Scherer et al. (2018)

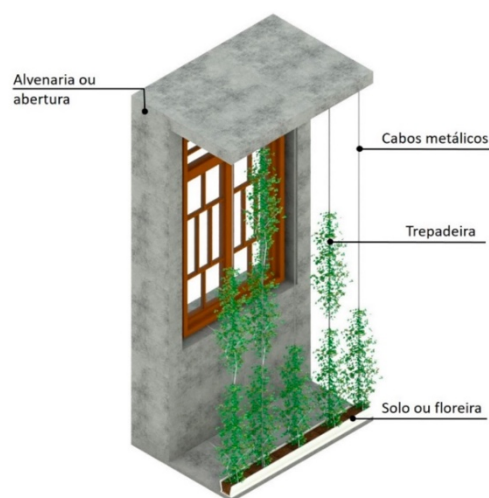


Figura 3.9 – Esquema de implantação da fachada verde indireta com sistema de rede de cabos
Fonte: Scherer et al. (2018)



Figura 3.10 – Exemplo real de fachada verde indireta com sistema de rede de cabos
Fonte: Google Images, obtido a 21 junho 2021

3.3.2. Paredes Vivas

Comparativamente às Fachadas Verdes, estes sistemas são mais complexos na sua construção, requerem mais manutenção, assim como uma rega mais exaustiva (Mir, 2011).

As paredes vivas podem ser constituídas por painéis modulares previamente plantados com vegetação ou não, ou por tapetes vegetais. De qualquer forma, são sistemas instalados verticalmente na fachada ou num suporte e que não dependem de espaço ao nível do chão para as plantas se enraizarem, pois já têm o próprio substrato, quer este seja solo ou outro meio de crescimento artificial baseado na cultura hidropónica (Köhler, 2008).

A cultura hidropónica utiliza soluções nutritivas equilibradas para permitir o crescimento das plantas (Perini et al., 2011). Estas plantas, normalmente de pequeno porte, são variadas e por vezes não são apropriadas ao crescimento em superfícies verticais (Kontoleon et al., 2010).

Os tapetes vegetais são construídos no local, à base de mantas de feltro ou outro material. Já os painéis modulares, são pré-fabricados apresentando grande variedade de materiais. Ambos permitem um recobrimento rápido e versátil. O sistema base construtivo para ambos é composto por uma estrutura metálica, uma camada de policloreto de vinila (PVC) e uma caixa de ar (Manso et al., 2015).

Na escolha das espécies vegetais deve haver especial atenção em selecionar plantas com um rápido crescimento, reduzidas dimensões, e sobretudo devem-se combinar biologicamente entre si de modo complementar. Na medida do possível é vivamente recomendável a utilização de espécies nativas, assim como espécies da alta capacidade de adaptação ao tipo de ambiente (Groult, 2008).

Os Tapetes Vegetais, são um tipo de parede viva referente à tecnologia desenvolvida por Patrick Blanc, composta por três partes: a estrutura metálica de suporte, placa de PVC e duas camadas de feltro ou tecido geotêxtil. A vegetação é plantada no feltro, através de cortes na primeira camada e são moldados bolsos onde a planta é encaixada, manualmente. As plantas são colocadas em pequenos sacos produzidos na camada externa de feltro, e podem espalhar-se por toda a extensão, já que não encontram barreiras físicas, daí o termo parede verde contínua (Barbosa et al, 2016; Cortês et al., 2018).

As camadas de feltro são presas a uma placa impermeável de PVC, que confere rigidez e suporte ao conjunto, além de evitar danos à parede causados pela humidade da irrigação. Por fim, o sistema é fixado em suportes metálicos verticais, que podem ser fixos à parede ou serem independentes, cobrindo a área desejada e formando um tapete uniforme de vegetação. A estrutura metálica, presa à parede, permite um afastamento entre o sistema e a construção, forma um espaço de ar e transforma o conjunto num eficiente sistema de isolamento térmico e acústico, além de manter a integridade do edifício (Barbosa et al., 2016) (Figuras 3.11 e 3.12).

Geralmente, estes tipos de sistemas, operam como sistemas hidropónicos à base de água, porque nenhum meio de cultivo é usado, e os nutrientes são fornecidos às raízes das plantas através

da água distribuída pelos tubos de irrigação atrás das camadas de tecido (Wood et al, 2014; Cortês et al., 2018).

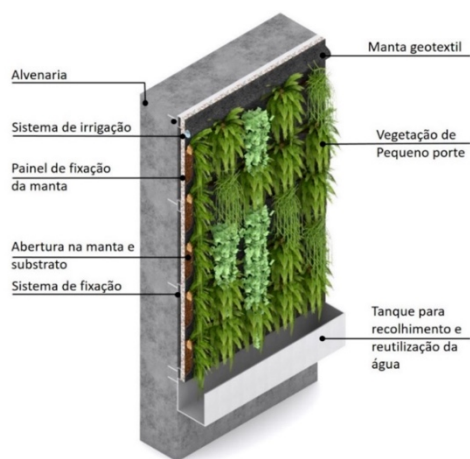


Figura 3.11 – Esquema de implantação de parede viva contínua
Fonte: Scherer et al. (2018)



Figura 3.12 – Exemplo de parede viva contínua (Musée du Quai Branly, em Paris)

As paredes vivas modulares são constituídas por módulos, com a forma quadrangular ou retangular, que sustentam o solo de cultivo para apoiar o material vegetal. Os módulos são peças com dimensões específicas, feitos de materiais diversos, e podem ser justapostos formando painéis, que podem ser fixados numa estrutura de suporte ou diretamente na parede. Manso et al., classificam estes módulos em: tabuleiros, vasos, revestimento de plantio e sacos flexíveis (Barbosa et al, 2016; Manso et al., 2015).

O substrato usado é habitualmente constituído por compostos orgânicos, não orgânicos ou inclui uma camada de substrato inorgânico, usualmente espuma, para reduzir o peso do sistema. Além disso, material granular é adicionado para permitir uma boa capacidade de retenção de água (Manso et al., 2015). A composição do meio de cultivo pode ser adaptada à combinação única de plantas selecionadas e a outros objetivos do projeto. A maioria dos requisitos de nutrientes para as plantas podem ser encontrados nos meios de cultivo dentro dos módulos. A irrigação é fornecida com esses sistemas em diferentes níveis ao longo da parede, usando a gravidade para mover a água através do meio de cultivo. Os sistemas modulares costumam ser pré-fabricados, proporcionando um efeito verde “instantâneo” após a conclusão da instalação (Sekaran, 2015).

- **Tabuleiros**

Os tabuleiros normalmente são recipientes rígidos feitos de materiais leves como plástico, alumínio, aço inox ou aço galvanizado. Como são parte de um sistema modular, estes são ligados entre si, de forma a existir continuidade entre os tabuleiros todos (Manso et al., 2015).

Uma armação é fixada à fachada, na qual os tabuleiros vão ser montados. A armação pode conter ganchos ou suportes de montagem, onde os tabuleiros são instalados e suportados. Além disso, o sistema de tabuleiros pode ainda ter uma cobertura frontal de maneira a evitar a queda da vegetação (Manso et al., 2015) (Figuras 3.13 e 3.14).

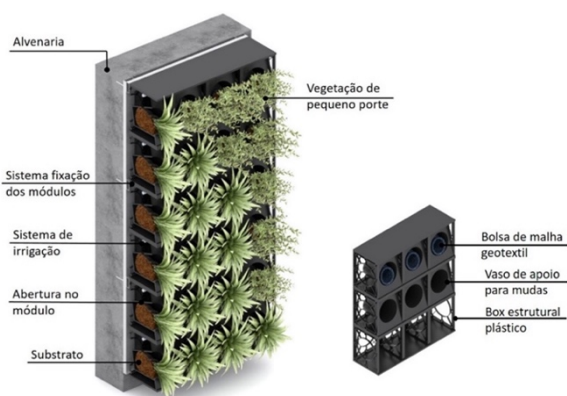


Figura 3.13 – Esquema de implantação de parede viva modular com tabuleiros

Fonte: Scherer et al. (2018)



Figura 3.14 – Exemplo real de parede viva modular

- **Vasos**

Este tipo de sistema não requer uma qualificação técnica por parte da pessoa que o instala, sendo que é bastante fácil de executar permitindo várias abordagens. Devido às diferentes abordagens, não existe um método próprio a seguir. Desde que se garanta o funcionamento correto de todo o sistema, desde a parte estrutural até ao sistema de rega, este pode ser executado livremente pelo autor da construção (Santos, 2017).

Tal como os tabuleiros, os vasos também são suportados por uma estrutura vertical e/ou horizontal instalada na fachada. Tal estrutura também pode conter ganchos ou suportes de montagem onde os vasos serão instalados (Manso et al., 2015) (Figura 3.15).

Os vasos, de várias dimensões, são geralmente de plástico, mas podem ser de outros materiais como fibra de coco (Barbosa et al, 2016).

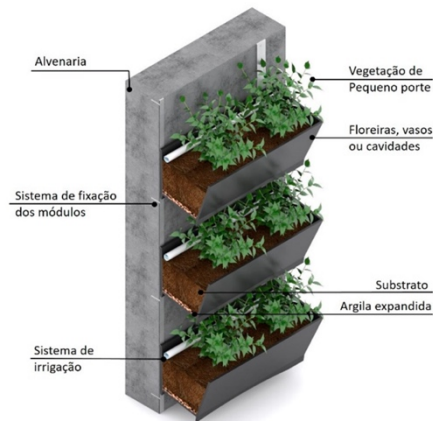


Figura 3.15 – Esquema de implantação de parede viva modular com vasos

Fonte: Scherer et al. (2018)

- Revestimento

Este é um sistema modular feito de elementos cerâmicos que albergam a vegetação. Este sistema ressalta a função modular, pois tem um aspeto visual forte. Além de funcionarem como um Sistema Vertical Verde, também podem funcionar como um revestimento cerâmico para a fachada (Manso et al., 2015) (Figura 3.16).

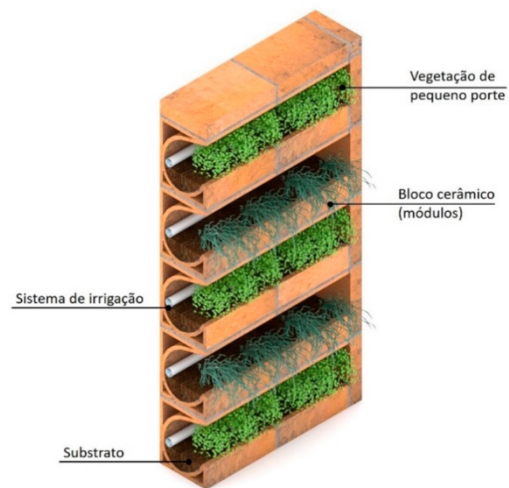


Figura 3.16 – Esquema de implantação de parede viva modular com revestimento
Fonte: Scherer et al. (2018)

- Sacos Flexíveis

Este tipo de sistema consiste em sacos produzidos em material leve, como feltro, o que permite a sua instalação em superfícies curvas, inclinadas ou com formas peculiares (Manso et al., 2015) (Figura 3.17 e 3.18).



Figura 3.17 – Detalhe dos bolsos flexíveis na camada de feltro



Figura 3.18 – Exemplo de parede verde modular com sacos flexíveis

Fonte: WorkinGarden, Product Guide 2020

3.4. Planeamento e Design

As paredes verdes podem ser instaladas em edifícios existentes ou em construções novas. A seleção deste tipo de sistema verde depende de vários fatores como a função do edifício (comercial, hotel ou residencial), dimensão da construção e materiais da envolvente. Uma consideração especial deve ser dada à escala da parede verde. A escala da parede verde pode variar em tamanho, desde pequenas a instalações de larga escala, que cobrem fachadas inteiras dos edifícios (Wood et al, 2014).

O tamanho e peso da vegetação madura devem, também, ser considerados durante as fases preliminares do projeto para fornecer amplo espaço para o crescimento das espécies a utilizar (Wood et al., 2014).

Uma vez que a equipa de design define os objetivos da parede verde, esta deve realizar uma análise do local e determinar o tipo apropriado de sistema de parede verde para o local específico (Wood et al, 2014). De seguida apresentam-se algumas das características físicas que afetam o planeamento e design da parede verde.

3.4.1. Temperatura e Humidade

Ao projetar uma parede verde, é importante entender o clima local e as características específicas que o clima apresenta. Em ambientes urbanos as temperaturas tendem a aumentar com a elevação, devido ao aumento da massa térmica das estruturas construídas e ao ganho de calor proporcional. Avaliar a provável variação de temperatura num local é crucial, no projeto de plantação, particularmente em eventos de temperatura extrema (Growing Green Guide, 2014).

Verificar apenas a temperatura média mensal e a humidade relativa ao longo dos vários anos não demonstra uma realidade das condições extremas, ao passo que a análise dos números numa base individual mensal ou mesmo diária fornecerá informações que são mais úteis para os projetistas (Hopkins et al, 2011).

O clima não afeta, somente, diretamente o desempenho térmico da construção, mas também aspetos específicos relacionados com as plantas, como o seu crescimento (densidade da folhagem, altura das plantas, etc.) e as suas respostas fisiológicas (transpiração, posição das folhas, etc.), e consequentemente o comportamento térmico de todo o sistema. A região climática e as estações do ano, também, influenciam na escolha da planta com folha caduca, semi-caduca ou perene como elemento de vegetação. Nesse sentido, os parâmetros climáticos mais influentes serão a radiação solar, as temperaturas e humidade, a precipitação e, finalmente, o vento (Pérez et al., 2018; Widiastuti et al., 2020).

3.4.2. Vento

Uma consideração importante é a velocidade média do vento no local da implementação da parede verde e a exposição, da mesma, ao vento. As velocidades médias do vento são maiores em altura do que no nível do solo. Quando o vento é desviado ao redor do edifício, as velocidades mudam conforme o ar comprimido, sendo que a velocidade do vento aumenta ao redor das bordas dos edifícios. (Figura 3.19). É necessário compreender a provável carga de vento a que uma parede verde estará sujeita, para que possa ser construída de maneira a suportar essas forças. O vento em altitudes elevadas também influencia a temperatura, e tem, também, um efeito desidratante direto na vegetação, influenciando, portanto, a seleção de espécies e os requisitos de irrigação (Growing Green Guide, 2014; Sekaran, 2014).

As fachadas, de edifícios com uma certa altura, expostas ao vento, apresentam correntes de vento localizadas e velocidade aumentada, o que causa correntes descendentes ao nível do solo e correntes ascendentes ao topo do edifício. Essas correntes de vento são de particular interesse ao projetar sistemas de paredes vivas, porque o aumento da velocidade do vento tem um impacto sobre as condições de crescimento das plantas, a capacidade estrutural das plantas e a capacidade estrutural do sistema e como este é fixado à fachada (Hopkins et al., 2011) (Figura 3.20).

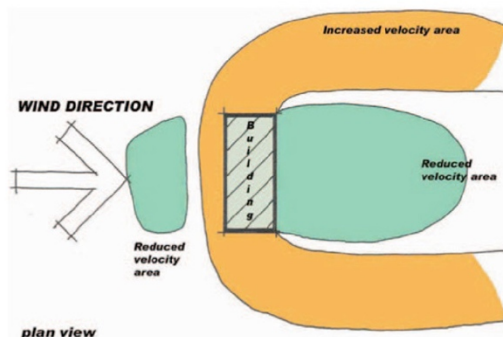


Figura 3.19 – Planta da criação de várias velocidades de vento ao redor do edifício
Fonte: Hopkins et al. (2011)

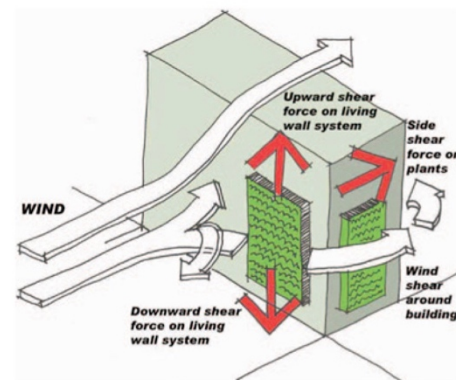


Figura 3.20 – A corrente de vento pode ter um efeito dramático ao redor do edifício
Fonte: Hopkins et al. (2011)

3.4.3. Orientação

A orientação de uma parede verde inclui não apenas as quatro direções da bússola, mas também a sua posição na fachada do edifício, se se localiza mais perto do nível do solo e possivelmente sombreada por outros edifícios, ou se encontra numa posição mais elevada na fachada, onde recebe a exposição total do sol (Hopkins et al., 2011).

A orientação de um edifício em relação ao percurso do sol e as condições de vento pode ser o maior fator para determinar a aplicabilidade e a localização de uma parede verde numa determinada fachada. A fachada com maior exposição solar pelo período mais longo (oeste e sul, no hemisfério norte) apoiará a mais ampla gama de plantas e beneficiará mais a partir da presença de vegetação, em termos de sombreamento e potencial de arrefecimento (Wood, 2014).

Da mesma forma, o padrão de vento dominante deve ser tido em consideração, especialmente para vento quente e seco durante o verão ou o vento forte carregado de chuva durante o inverno ou outono. Os detalhes variam de cidade para cidade, dependendo sempre da zona climática onde estão inseridos, mas o princípio geral pode ser aplicado a cada situação individual (Hopkins et al., 2011).

3.4.4. Carga de Peso

A capacidade de carga de um edifício deve ser conhecida antes de planear uma parede verde. O conselho de um engenheiro estrutural é essencial para garantir o desenvolvimento do projeto abrangente, com base na construção do edifício, condição e capacidade de carga de peso (Growing Green Guide, 2014).

Para fins de instalação, é importante estabelecer um entendimento prévio se, a instalação da parede verde, atenderá a capacidade estrutural existente do edifício, ou se esta deve ser modificada para suportar a instalação do sistema de parede verde (Sekaran, 2014).

É importante considerar não apenas o peso das plantas quando plantadas, mas o seu peso na maturidade, especialmente quando arbustos são propostos, pois estes são significativamente mais pesados com o tempo. O peso das plantas saturadas e do substrato também deve ser incluído na avaliação de carga (Sekaran, 2014; Growing Green Guide, 2014).

Para uma parede verde, as cargas que a estrutura do edifício deve suportar incluem:

- carga morta: o peso final construído de todos os elementos construídos e todos os componentes associados à parede, incluindo plantas, substrato e qualquer água retida no sistema;

- carga viva: o peso de qualquer equipamento móvel que poderá ser usado periodicamente no local, por exemplo, manutenção;
- carga translúcida: cargas móveis, rolantes ou de curto prazo, incluindo vento e atividade sísmica (Growing Green Guide, 2014).

3.4.5. Sistema de Irrigação

As espécies vegetais requerem rega regular e fertilização durante a estação de crescimento. Na natureza, as plantas extraem a água e os nutrientes necessários do solo, mas quando colocados em superfícies verticais, estas devem ser irrigadas manualmente ou automaticamente (Hopkins et al, 2011).

Torna-se impossível precisar a quantidade de água necessária para uma parede verde. As suas necessidades de rega variam consoante determinados fatores como a exposição solar, o clima da região, as plantas e o tipo de solo utilizados, para além do sistema de parede verde aplicado. Para tais fatores existem diferentes sistemas capazes de responder da melhor forma possível às exigências do bom desempenho das plantas (Pérez-Urrestarazu et al., 2013).

Sistema de irrigação para Fachadas Verdes

O sistema de rega aplicado nas fachadas verdes, é bastante diferente do das paredes vivas, uma vez que nas fachadas verdes, a presença de água deve ser feita ao nível do solo ou num local pontual onde se encontram as raízes. Ao longo da fachada, o sistema é bastante simples, pois passa por estender um tubo ao longo dos pés das plantas trepadeiras e criar um orifício em cada pé, para que regue cada planta individualmente (Vialard, 2010). É usado um sistema de gotejamento de baixo volume e baixa pressão ou um sistema de gotejamento no subsolo para as plantas trepadeiras crescidas no solo. O sistema é semelhante aos sistemas de irrigação de canteiros comuns (Hopkins et al, 2011).

O sistema de gotejamento, pode ser acoplado a outro tipo de tecnologia, como temporizadores de rega e sensores de humidade, tornando-o mais eficiente, salientando a multiplicação deste sistema por cada local de enraizamento ao longo da fachada (Wood et al, 2014).

Sistema de irrigação para Paredes Vivas

O sistema de irrigação mais usado para paredes vivas é a irrigação localizada usando emissores de baixo fluxo (gotejadores) colocados em tubos a diferentes alturas da parede viva. Devido à ação da gravidade, a água distribui-se por toda a superfície da parede viva (Kaltsidi et al, 2020).



Figura 3.21 – Sistema de irrigação por gotejamento em parede viva modular por vasos

Fonte: Scherer et al. (2018)



Figura 3.22 – Detalhe do sistema de irrigação da parede viva modular

As paredes vivas apresentam um sistema de irrigação mais completo e dispendioso, comparativamente ao sistema usado nas fachadas verdes. Este sistema é composto por alguma maquinaria, com a função de bombear a água para cotas mais elevadas. No caso do sistema hidropônico, existe o circuito de rega é embutido entre as duas camadas de substrato de feltro, a rega dá-se pelo encharcamento dessas camadas, onde se localizam as raízes das plantas. Como neste caso não existe solo, deve a rega conter todos os nutrientes necessários, ao bom crescimento das plantas, esses nutrientes são colocados no circuito da água e elevados até aos pontos de rega (Figura 3.23). No sistema modular, a rega é feita através de tubagem colocada na horizontal entre os vários módulos, com a ligação ao substrato por módulo, criando assim, uma rega mais controlada por cada “linha” de módulos (Wood et al, 2014; Hopkins et al, 2011; Sekaran, 2015) (Figura 3.21 e 3.22).

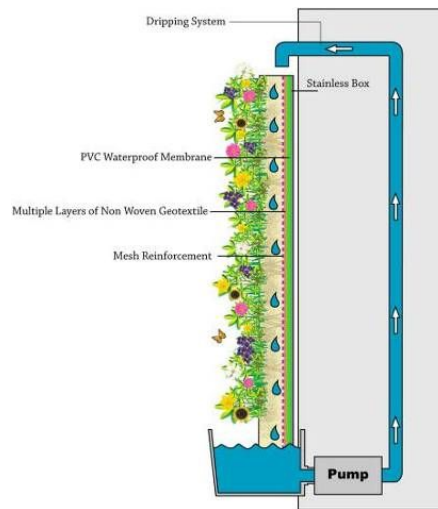


Figura 3.23 – Esquema de sistema de irrigação hidropônico

Fonte: Pinterest, obtido a 11 junho 2021

Os sistemas de rega exigem um controlador de irrigação que fornece uma entrega de água precisa quando necessário, e uma válvula de retenção dupla (também conhecida como prevenção de backflow) para evitar a contaminação de água potável. Uma bandeja de gotejamento deve ser incorporada na parte inferior do módulo da parede viva para recolher o excesso de água e de nutrientes do sistema. Esse excesso de água e nutrientes pode ser reciclado de volta para o sistema de alimentação. Se este sistema reciclado for usado, deve-se notar que haverá um aumento do nível de nutrientes e um ajuste deve ser feito dentro do sistema, para que as plantas não fiquem excessivamente fertilizadas, o que pode ser prejudicial (Wood et al, 2014; Hopkins et al, 2011) (Figura 3.24).

Podem ser colocados sensores de água, dentro de uma parede verde, para monitorizar o nível de humidade e ativar e desativar automaticamente o sistema de irrigação, conforme necessário (os sensores devem ser colocados na zona da raiz da planta para fornecer uma leitura mais precisa) (Hopkins et al, 2011).



Figura 3.24 – Esquema do sistema de irrigação de uma parede viva modular
 Fonte: Pinterest, obtido a 9 junho 2021

As paredes vivas suportadas pela fachada podem ser irrigadas com água potável, água da chuva ou água de um sistema integrado de reciclagem de águas cinzentas. Se a recolha de águas pluviais no local for implementada, a água pode ser armazenada numa cisterna subterrânea ou num tanque de armazenamento acima do nível ativado por bombas (Wood et al, 2014). Quanto à água da chuva, é possível a sua utilização, apesar de as plantas preferirem um suplemento filtrado, mas a chuva nem sempre é confiável e os períodos de chuva forte muitas vezes não coincidem com os picos de necessidade de água da parede viva (Sekaran, 2015).

Os sistemas de irrigação na parede viva são complexos e exigem planeamento detalhado para cada aplicação individual. A seleção de um sistema de irrigação depende do tipo de parede verde, altura do sistema, taxa de rega e frequência, fonte de irrigação, armazenamento de água e reciclagem potencial, e exigência de espaço para equipamentos. A taxa de irrigação precisa de ser certa para manter as plantas saudáveis, a sobrega ou sub-rega deve ser evitada (Wood et al, 2014).

A provável necessidade de água da vegetação da parede pode ser estimada através do desenvolvimento de um orçamento de água com base em várias características da parede verde, incluindo: cálculo das necessidades totais de água com base nas espécies de plantas; dados de evaporação; precipitação efetiva; e a capacidade do substrato em armazenar água (Sekaran, 2015).

O sistema de irrigação deve ser submetido a inspeção frequente para garantir o funcionamento adequado do sistema e incluir as seguintes tarefas:

- ativação do sistema de irrigação nos meses de primavera e desativação no outono (em zonas de clima frio);
- limpar os detritos nos bicos de irrigação;
- inspecionar os controladores de irrigação, sensores, válvulas e injetores de fertilizantes;

- assegurar a integração adequada da irrigação e fertilização para o crescimento ideal da planta;
- substituir as baterias eletrônicas do dispositivo, se necessário (Wood et al, 2014).

O regime de irrigação tem grande influência no excesso de desperdício de água. Em termos gerais, sendo o volume diário de água aplicado, o mesmo, se a frequência (número de irrigações por dia) for elevada, o volume de drenagem também é ligeiramente superior, mas o pico de fluxo de drenagem é consideravelmente reduzido. Portanto, a fim de otimizar a eficiência da aplicação da água, recomenda-se uma alta frequência, desde que a duração dos tempos de irrigação seja reduzida. Consequentemente, o pico de fluxo de drenagem seria reduzido nos primeiros estágios de irrigação, mas o volume total de água drenado não seria muito alto. Isso é consistente com os resultados obtidos por Pérez-Urrestaraz et al., que ofereceu recomendações semelhantes (Kaltsidi et al., 2020).

Segundo o estudo de Gunawardena et al, os sistemas de irrigação baseados no solo, ou seja, sistema utilizados nas fachadas verdes, têm maior capacidade de retenção de água que se traduz em frequências reduzidas, tendo uma frequência de 1 a 2 vezes por dia. Quanto aos sistemas utilizados nas paredes vivas, os autores recomendam frequências entre 3 e 5 vezes ao dia (Gunawardena et al., 2020).

3.4.6. Seleção das espécies de plantas

A seleção das espécies de plantas é o aspeto mais importante na instalação de uma parede verde. Se essa escolha não for bem realizada o sucesso da parede verde poderá estar comprometido. É da maior importância conhecer bem as plantas e o seu comportamento (Calheiros, C., Mesquita, A., 2021).

Para garantir uma instalação e funcionamento bem-sucedidos de uma parede verde, os seguintes fatores devem ser considerados durante a seleção de plantas (Wood et al., 2014).

- Robustez da planta considerando a zona climática do projeto

Recomenda-se selecionar plantas nativas do local do projeto pois são naturalmente tolerantes às condições climáticas locais e são mais resistentes a pragas e doenças. As plantas nativas, de uma zona de clima frio, geralmente requerem menos manutenção numa parede verde do que plantas exóticas de climas tropicais. Como regra geral, as espécies invasivas devem ser evitadas. Uma grande variedade de plantas pode ser usada em paredes verdes dependendo das condições do local: perenes e anuais, caducas e perenes, com maior necessidade de sol e ou de sombra, e tropicais e desérticas (Wood et al., 2014).

- Condições climáticas do local (temperatura, humidade e exposição ao vento)

As plantas de fachada normalmente experimentam flutuações de temperatura mais altas e exposição mais severa ao sol e ao vento do que as suas contrapartes no solo (Wood et al., 2014). As temperaturas poderão ser grandes inimigas das plantas, por um lado o frio poderá congelar todo o sistema vegetal, em oposição o calor poderá ser responsável pela sua seca. Para os casos de baixas temperaturas dever-se-á optar por plantas rústicas, as quais sobrevivam mesmo com as suas raízes congeladas. Por outro lado, quando se está perante climas demasiado quentes, dever-se-á optar por espécies resistentes às temperaturas elevadas e de baixo consumo de água e nutrientes (Groult, 2008).

A necessidade de manter um nível de humidade adequado no solo é particularmente crítico com substratos de solo relativamente rasos. Se o substrato ou meio de cultivo secar, a temperatura na zona da raiz pode subir a um nível em que as plantas interrompem os seus processos de transpiração para conservar a energia. Depois de o sistema radicular se fechar em resposta ao calor excessivo, como durante uma onda de calor, as raízes são incapazes de absorver suficiente água, mesmo que ela seja fornecida novamente (Hopkins et al., 2011).

À medida que a velocidade do vento aumenta com a altura, as fachadas mais expostas ao vento experimentam uma maior velocidade do vento e turbulência. Algumas espécies adaptam-se perfeitamente a ventos fortes, outras necessitam apenas de uma leve e agradável brisa, de modo a não danificar as folhas e caules. A exposição extrema ao vento pode ser muito prejudicial para as plantas porque o movimento do ar inibe a capacidade da planta de absorver a humidade do ar (Hopkins et al., 2011).

No caso dos locais expostos aos ventos, a vegetação fica desde logo prejudicada pela consequência da secagem do substrato e por forças impostas por correntes de ar que poderão partir algumas folhagens ou mesmo arrancar as plantas. Para tais condições e para combater a primeira consequência, dever-se-á optar por plantas resistentes à seca do seu substrato e para combater a segunda e mais direta consequência, optar por plantas de pequenas e resistentes folhagens, a fim de menor implicância das correntes de ar (Groult, 2008).

- Disponibilidade de luz e exposição solar (orientação da fachada e elementos de sombreamento)

A orientação do edifício e a disponibilidade de luz solar é outro fator que afeta a seleção de plantas. A orientação de uma fachada do edifício destinada a uma instalação de parede verde e a presença de objetos de projeção de sombra irão influenciar a seleção de plantas. Muitas espécies de plantas ornamentais podem ser plantadas de acordo com as suas características de exposição solar: sol pleno, a meia sombra e sombra (Wood et al., 2014). Segundo Groult (2008), a forte exposição solar provocará nas plantas uma forte evaporação da água e consequente seca do substrato. As plantas para estas circunstâncias deverão ser resistentes à seca e possuir pouca dependência de rega. Contrariamente, a baixa exposição solar, deverá ser combatida com a aplicação de plantas capazes de sobreviver em ambientes pouco iluminados. Para estas condições, as plantas hidropónicas serão

de fácil adaptação (Groult, 2008). Ignorar as necessidades de exposição solar das plantas pode ter implicações negativas no seu desenvolvimento (Wood et al., 2014).

Em termos da orientação das fachadas, na fachada sul de um edifício, as plantas caducas são as mais adequadas; no verão, a sua folhagem densa protege o edifício da luz solar e a evapotranspiração cria um efeito de arrefecimento. No inverno, as folhas caem, permitindo que a luz solar atinja a superfície da parede, ajudando a aquecer o interior do edifício. (Jonhston et al., 2004).

Numa parede orientada a poente, é aconselhável usar plantas perenes para proteger o edifício da chuva e fornecer uma almofada de ar para ajudar no isolamento do mesmo. Nas partes mais secas do país, que desfrutam do sol a oeste, as sugestões para uma parede verde na fachada sul do edifício, podem ser mais adequadas. Em ambos os casos, seria benéfico, se as plantas pudessem ser colocadas longe da parede com uma estrutura de suporte separada. (Jonhston et al., 2004).

As paredes verdes implementadas numa fachada virada a nascente, podem inserir-se em qualquer uma das categorias. Como regra geral, se a parede recebe uma boa quantidade de sol, deve ser tratada como parede sul – caso contrário, a melhor solução será utilizar plantas perenes (Jonhston et al., 2004).

As espécies perenes, especialmente a hera, são certamente as espécies trepadeiras mais adequadas para paredes voltadas a norte, que recebem pouca luz solar direta e, portanto, são as que mais beneficiam do efeito de isolamento das plantas. Mais uma vez, o crescimento espesso, formando como que uma estrutura posicionada longe da parede, oferece um isolamento valioso ao edifício. As paredes voltadas a norte são melhores para sustentar ervas nativas e uma variedade maior de plantas. Isso deve-se ao maior regime de humidade - algo que vale a pena considerar se for necessária uma aparência mais natural (Jonhston et al., 2004).

- Crescimento das espécies e tipo de desenho

A escolha das plantas, tem também a ver com o tipo de desenho que se pretende para a fachada, as cores, texturas e tipos de crescimento. Em relação ao crescimento, tem de se ter cuidado quando se utilizam várias espécies, pois cada uma tem velocidades próprias de crescimento, podendo desequilibrar a fachada, encontrando plantas mais crescidas que outras. Ao utilizar vegetação nas fachadas, pode-se também jogar com as cores das plantas, podendo o edifício mudar de cor com a mudança de estação, ou utilização de plantas de folha caduca e existir uma mudança total do carácter visual do edifício (Sekaran, 2015; Calheiros, C., Mesquita, A., 2021).

Plantas maiores podem crescer para sombrear outras, pelo que tal deve, igualmente, ser considerado na colocação de espécies. O crescimento vigoroso aumenta os requisitos de manutenção e por isso, plantas de crescimento lento são frequentemente preferidas (Growing Green Guide, 2014).

- Seleção de plantas para fachadas verdes

A seleção das plantas para este tipo de sistemas, requer uma análise cuidadosa quanto aos fatores já conhecidos, como a exposição solar e ao vento, assim como à temperatura. Mas aqui, há que ter em conta, exclusivamente o tipo e quantidade de solo disponível, assim como características de caducidade ou permanência das folhagens ou efeitos visuais (Growing Green Guide, 2014).

O caso de fachadas verdes implica necessidades e características próprias. A seleção de plantas para fachadas verdes é fortemente influenciada pelo modo ou método de fixação da planta trepadeira. A maioria das trepadeiras prendem-se a uma superfície ou estrutura, por auto-apego nas paredes ou por apego nos sistemas de cabos ou redes metálicas. As plantas têm de possuir raízes aéreas e características de rápido crescimento (Growing Green Guide, 2014).

As plantas, para este tipo de sistema, geralmente aclimatizam-se às condições durante o primeiro ano após a instalação e podem atingir a sua altura máxima em 3 a 5 anos (Hopkins et al., 2011).

- Seleção de plantas para paredes vivas

Tratando-se de sistemas em que o substrato das plantas é reduzido ao máximo ou mesmo inexistente em alguns casos, é necessário ter especial atenção na escolha das plantas, a fim da sua sobrevivência e melhor desempenho (Sekaran, 2015).

Os sistemas de paredes vivas permitem o desenvolvimento de novos conceitos estéticos, baseados na criação de soluções artísticas com espécies vegetais, explorando a utilização de padrões, variações de cor, textura, formas e densidade da folhagem, vitalidade e crescimento (Manso et al., 2015).

Os sistemas hidropónicos possibilitam o crescimento de uma maior variedade de plantas, em diferentes estados de desenvolvimento: plantas cultivadas, estacas ou sementes. Nestes casos, a vegetação é selecionada de acordo com o efeito estético desejado, necessitando de irrigação e nutrientes adequados para o desenvolvimento adequado da planta. Portanto, é importante analisar o desenvolvimento das plantas, cor, floração, folhagem e a composição global da planta, de acordo com as intenções artísticas para um determinado edifício (Manso et al., 2015).

As plantas para as paredes vivas são pré-cultivadas em viveiros e frequentemente amadurecem no momento da instalação, mas podem levar de 12 a 18 meses para se ajustarem ao ambiente externo (Hopkins et al., 2011).

No entanto, a fim de cumprir as metas de sustentabilidade, a vegetação deve ter baixa necessidade de irrigação (por exemplo, uso de plantas nativas), ser adaptada às condições locais de exposição (sol, semi-sombra ou sombra) e às condições meteorológicas (vento, chuva, seca e geada) (Manso et al., 2015).

3.4.7. Manutenção

Todos os projetos de paredes verdes, tanto os de fachadas verdes como os de paredes vivas, requerem algum tipo de manutenção, uma vez que se trata de sistemas vivos. Esta manutenção deverá ser feita periodicamente, quer se trate de podas, adubações, limpeza de plantas invasoras ou mesmo substituição causada pela morte de algumas plantas. A periodicidade de manutenção dependerá, sempre, do tipo de parede verde instalada e do tipo de vegetação nela utilizada (Mir, 2011).

Logo na fase inicial do projeto, deve ser elaborado um plano de manutenção das paredes verdes, que irá garantir o sucesso do mesmo a longo prazo. Este plano deve prever inspeções de manutenção periódicas, nos seguintes aspetos: integridade estrutural da envolvente construtiva, desempenho do sistema de irrigação e saúde das plantas. Dependendo da altura das paredes verdes, pode haver necessidade de recorrer a dispositivos de elevação e a funcionários especializados neste tipo de manutenção (Wood et al., 2014; Hopkins et al., 2011).

O plano de manutenção deve complementar o acesso adequado da equipa de manutenção e o espaço suficiente para o funcionamento dos equipamentos de elevação, em frente à parede verde. Os equipamentos de acesso podem assumir a forma de plataformas de trabalho elevatórias, andaimes, sistema de rapel (Figuras 3.25 e 3.24). É, também, necessário garantir que a área de pavimentação é estável na base da parede, o que permitirá executar a manutenção em segurança, e que os acessos para os veículos efetuarem a carga e descarga destes equipamentos (Hopkins et al., 2011).



Figura 3.25 – Manutenção de uma parede viva através de dispositivo de elevação

Fonte: <https://www.biotope.uk.com/build-and-maintain/aftercare/>, obtido a 21 junho 2021

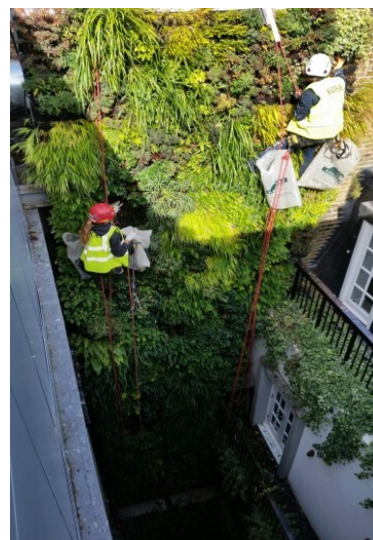


Figura 3.26 – Manutenção de uma parede viva através de sistema de rapel

Fonte: <https://www.scotscape.co.uk/services/living-walls#Installation-Process>, obtido a 21 junho 2021

O custo total da manutenção varia, em função do tamanho da parede verde, da altura e das espécies de plantas nelas utilizadas. É, por isso, fundamental que, se tenha em conta a manutenção, logo desde a elaboração do projeto e do respetivo orçamento (Wood et al., 2014).

Como já se referiu anteriormente, deve ser efetuada uma inspeção de manutenção periódica às plantas. Logo após a instalação, as inspeções às plantas devem ser realizadas semanalmente, passando depois para uma periodicidade mensal. Se as plantas utilizadas no projeto forem maduras, as inspeções podem ser realizadas bimensais ou mesmo trimensais. Durante a inspeção, a equipa de manutenção deve:

- verificar a presença de doenças nas plantas, o crescimento das ervas daninhas e se há infestação de pragas;
- verificar se os atilhos da poda estão a crescer na direção errada ou se estão a penetrar na camada de revestimento ou dos materiais da cobertura;
- verificar se existe um crescimento excessivo ou emaranhado;
- remover as plantas danificadas ou doentes, nos módulos da parede viva, substituindo-as por outras;
- realizar um teste ao solo, para garantir que os níveis adequados de nutrientes são adequados (Wood et al., 2014).

É também importante programar inspeções de manutenção regulares aos sistemas de água e fertilizantes, assim como, instalar um dispositivo à prova de falhas, com comunicações eletrónicas que permita à equipa de manutenção reparar de forma rápida quaisquer falhas do sistema (Hopkins et al., 2011).

Na realidade, a manutenção de uma parede verde obedece às mesmas regras de manutenção de um jardim convencional. As diferenças são mínimas, uma vez que, em qualquer das situações, se não lhes dermos a importância devida, se não fizermos uma boa manutenção, tornam-se desagradáveis e “morrem” (Calheiros, C., Mesquita, A., 2021) (Figura 3.27).



Figura 3.27 – Edifício com parede viva sem qualquer manutenção, levando a vegetação a morrer

Fonte: <https://www.architectsjournal.co.uk/archive/amazing-pictures-londons-first-living-wall-dies> , obtido a 21

junho 2021

3.4.8. Custos associados e Vida útil

O custo de cada parede verde irá variar significativamente dependendo da localização, do sistema de parede verde utilizado, mas, também, da escolha dos diferentes materiais de construção (Sekaran, 2015).

Os custos do ciclo de vida (LCC) são normalmente divididos em custos de instalação, custo de operação e manutenção e custo de remoção. Os custos de instalação e manutenção de paredes verdes são geralmente mais altos do que a maioria dos sistemas de revestimento convencionais. Em sistemas de parede verde, alguns estudos demonstram que as fachadas verdes são mais económicas, pois as paredes vivas têm custos iniciais mais elevados quando comparadas a outros sistemas de revestimento convencionais (Ottelé et al, 2011). Além disso, os custos de manutenção a longo prazo geralmente impossibilitam o investimento destas soluções (Rosasco et al, 2018; Perini et al., 2013).

O tempo de vida de fachadas verdes e paredes vivas varia de acordo com a longevidade das espécies de plantas, mas normalmente é de aproximadamente 15 anos. No entanto, é difícil garantir o desempenho dos sistemas de parede verde com certeza absoluta, pois os seus componentes primários são as plantas, que são organismos vivos. Para garantir um desempenho bem-sucedido da parede verde, as plantas devem ser mantidas de maneira adequada e monitorizadas periodicamente quanto à integridade (Sekaran, 2015).

Custos de instalação

O custo de instalação de paredes verdes leva em consideração o investimento inicial necessário à instalação da parede verde, englobando diversos custos parciais como o custo da compra, transporte, aplicação e instalação dos diferentes materiais e componentes da estrutura verde, assim como o custo da mão de obra, de equipamentos e de outros recursos necessários à correta instalação do sistema (Peri et al, 2012).

Através da bibliografia é possível verificar que estes custos sofrem variações tendo em conta os diferentes fatores que lhe estão direta ou indiretamente associados, como a tipologia do sistema e respetiva dimensão, os materiais, os fornecedores utilizados, o tipo de plantas e drenagem, a sua utilização, o método de construção e altura do edifício. Relativamente às paredes verdes, os estudos referentes aos valores de investimento da sua aplicação são reduzidos.

Segundo Manso et al. (2020), as fachadas verdes têm, à data de 2020, um custo médio de instalação de 190 €/m² (215 USD/m²), visto que requerem menos material. As paredes vivas podem ter mais diferenças de custo, visto que existem vários sistemas diferentes no mercado. O custo médio de instalação de 750 €/m² (848 USD/m²) (Manso et al., 2020).

Muahram et al. (2019) estudaram paredes vivas, nos EUA, chegando à conclusão de que, dependendo do tipo de sistema de parede viva, o custo de instalação é de 679,34 €/m² (75 USD/sqft) a 1132,23 €/m² (125 USD/sqft) (Muahram et al., 2019).

Segundo o estudo de Perini e Rosasco (2013), em Geneva, Itália, a instalação de uma fachada verde plantada na base da fachada (sistema verde direto) ronda os 30-45 €/m² para as trepadeiras crescidas. No caso do sistema verde indireto (plantas trepadeiras cultivadas, com material de apoio), a faixa de custo é de 40-75 €/m². Quanto às caixas de plantação estas são combinadas com sistemas de suporte que variam significativamente de acordo com o material utilizado (de 100-150 €/m², para material de plástico, até 800 €/m² para um sistema de aço). Também no caso das paredes vivas (painéis pré-vegetados) os custos podem variar significativamente: de 400-1200 €/m² dependendo da conceção do sistema e do material utilizado (Perini et al., 2013).

Perini et al. (2011), definiram uma faixa de custos para os diferentes sistemas verdes verticais. Para um sistema de trepadeiras crescidas (sistema de fachada verde direto) o custo inicial ronda os 30-45 €/m². Um sistema com plantas trepadeiras com material de suporte (sistema de fachada verde indireto) o valor do custo de instalação é de cerca de 40-75 €/m². Para um sistema verde indireto com caixas de plantação, os custos diferem consoante o material de suporte: para aço galvanizado é cerca de 600-800 €/m²; para aço revestido é entre 400-500 €/m² e para HDPE o valor ronda os 100-150 €/m². Em relação às paredes vivas, para um sistema de parede viva com caixa de plantação HDPE o custo inicial ronda os 400-600 €/m². Um sistema de parede viva à base de substrato de espuma o custo é por volta dos 750-1200 €/m². Por fim, para um sistema de parede viva com base em camadas de feltro a faixa de custo é de 350-750 €/m² (Perini et al. (a), 2011).

Um estudo conduzido por Riley (2017), no Reino Unido, concluiu que o custo de instalação de uma parede viva é de 406,82-581,17 €/m² (350-500 £/m²) (Riley, 2017). Outro estudo, de Veisten et al.

(2012), realizado na Europa, define o custo inicial de uma parede verde em 500 €/m² (Veisten et al., 2012).

A Figura 3.28, refere-se a resultados obtidos por diferentes autores quanto ao custo de instalação de fachadas verdes e paredes vivas, onde se pode observar uma clara diferença de custos de instalação entre os diferentes sistemas de parede verde.

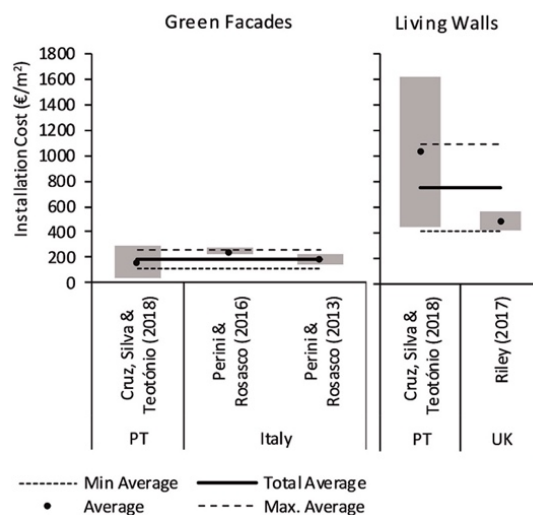


Figura 3.28 – Resultados obtidos por vários autores do custo de instalação (€/m²) das paredes verdes

Fonte: Manso et al., 2020

A tabela 3.1 compila os resultados que quantificam o custo de instalação das paredes verdes, em função da localização das mesmas.

Tabela 3.1 – Custos de instalação de paredes verdes

	Sistema				Custo da instalação (€/m ²)	Momento temporal do custo	Local	Referência		
Paredes Verdes	Fachada verde	Sem referência			190€/m2	0	Sem informação	Manso et al., 2020		
		Direta			30-45€/m2		Europa	Perini et al., 2011		
		Indireta	Plantas trepadeiras + material suporte		40-75€/m2		Génova, Itália	Perini et al., 2013		
			Com caixa de plantação	Aço galvanizado	600-800€/m2		Europa	Perini et al., 2011		
					Aço revestido		400-500€/m2	Europa	Perini et al., 2011	
				293,93€/m2			Génova, Itália	Perini et al., 2013		
				HDPE	100-150€/m2		Europa	Perini et al., 2011		
					135,22€/m2		Génova, Itália	Perini et al., 2013		
				Parede viva	Sem referência			679,34-1132,23 €/m2	USA	Muahram et al., 2019
			406,82-581,17 €/m2					Reino Unido	Riley, 2017	
	500€/m2	Europa	Veisten et al., 2012							
	750€/m2	Sem informação	Manso et al., 2020							
	314,83€/m2	Génova, Itália	Perini et al., 2013							
	Modular	Caixa de plantação HDPE	400-600€/m2					Europa	Perini et al., 2011	
		Substrato de espuma	750-1200€/m2		Europa		Perini et al., 2011			
	Contínua				350-750€/m2		Europa	Perini et al., 2011		

Valores convertidos em EUR a 01/07/2021 (1 USD = 0,84147; 1 GBP = 1,16234)

Custos de manutenção

Se o processo de manutenção não for feito pelo instalador, isso significa que este não tem responsabilidade pelo seu sucesso após o período de garantia. Portanto, idealmente, a compra de uma parede verde deve incluir um contrato de serviço (Riley, 2017).

A substituição de materiais (ou seja, substituição de componentes do sistema) também deve ser incluída na manutenção de sistemas (Manso et al., 2020).

O investimento inicial de capital em sistemas de paredes vivas é alto quando comparado a outros sistemas de revestimento exterior, mas os custos de manutenção de longo prazo também são problemáticos. Segundo Perini e Rosasco (2013), a manutenção de uma parede viva pode ser 8,5% do custo de instalação, para Mathew et al. (2014), este custo é cerca de 15% dos custos iniciais. Um estudo mais conservador, de Veisten et al. (2012), estimou a manutenção anual em aproximadamente

um terço do custo de instalação das paredes verdes (Perini et al., 2013; Mathew et al., 2014; Veisten et al., 2012; Riley, 2017).

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 que os custos a longo prazo possam ser reduzidos (Riley, 2017).

De acordo com Perini e Rosasco (2013), a substituição dos vários componentes das paredes verdes inclui a renovação do suporte (no 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 (Perini et al., 2013).

Ainda existem pouco dados sobre os custos de manutenção de paredes verdes. O custo pode variar de acordo com as necessidades de nutrientes e irrigação, e as espécies de plantas utilizadas. De acordo com Manso et al. (2020), o custo médio para fachadas verdes é de 5,57 €/m²/ano (6,29 USD/m²/ano) e para as paredes vivas é de 18,98 €/m²/ano (21,45 USD/m²/ano) (Manso et al., 2020).

Segundo o estudo de Muahram et al. (2019), o custo de manutenção corresponde a cerca de 8-10% do custo de instalação, rondado os 7-12 \$/sqft/ano (63,40-108,70 €/m²/ano) para um sistema de parede viva (Muahram et al., 2019).

Os custos de manutenção contínua podem ser tão baixos quanto 2-5 €/m²/ano para uma poda anual de plantas trepadeiras com tela verde, e entre 40-100 €/m²/ano para paredes vivas (Perini et al. (a), 2011). Mais tarde, num outro estudo Perini e Rosasco (2013), para uma fachada verde direta aplicada em Itália, contabiliza um custo de manutenção anual de 2,81€/m²/ano, já para o sistema indireto o custo é de 3,11 €/m²/ano. Para as paredes vivas, este estudo apresenta um valor substancialmente maior de manutenção anual, de 27,02 €/m²/ano (Perini et al., 2013).

No estudo de Veisten et al. (2012) chegaram a um custo de manutenção, para um sistema de parede viva, que ronda os 25 €/m²/ano (Veisten et al., 2012).

A Figura 3.29, refere-se aos custos médios de manutenção obtidos por Perini e Rosasco (2013) e a Perini et al. (2016) para fachadas verdes e paredes vivas.

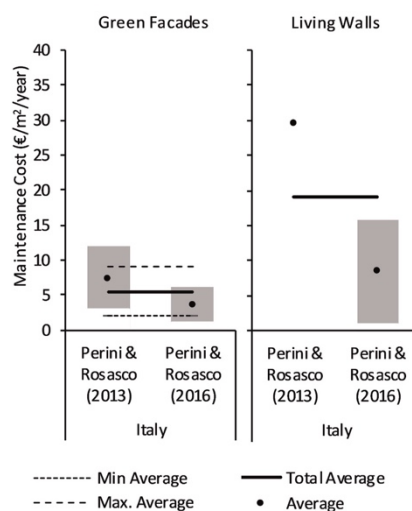


Figura 3.29 – Resultados obtidos para os custos de manutenção (€/m²) das paredes verdes
 Fonte: Manso et al., 2020

A tabela 3.2 resume os resultados enunciados, anteriormente, do custo de manutenção das paredes verdes

Tabela 3.2 – Custos de manutenção de paredes

	Sistema		Custo da manutenção (€/m ² /ano)	Momento temporal do custo	Local	Referência
Paredes Verdes	Fachada verde	Sem referência	5,57€/m ² /ano	Anual	Sem informação	Manso et al., 2020
			2-5 €/m ² /ano		Europa	Perini et al., 2011
		Direta	2,81€/m ² /ano		Génova, Itália	Perini et al., 2013
		indireta	3,11 €/m ² /ano		Génova, Itália	Perini et al., 2013
	Parede viva		18,99€/m ² /ano		Sem informação	Manso et al., 2020
			40-100€/m ² /ano		Europa	Perini et al., 2011
			27,02 €/m ² /ano		Génova, Itália	Perini et al., 2013
			63,40-108,70 €/m ² /ano		USA	Muahram et al., 2019
			25 €/m ² /ano		Europa	Veisten et al., 2012

Valores convertidos em EUR a 01/07/2021 (1 USD = 0,84147)

Custos de remoção

Os custos de remoção de sistemas de paredes verdes normalmente incluem todos os elementos do sistema, incluindo a remoção de todas as plantas, substrato e camadas de suporte, transporte para aterro e imposto de despejo (Peri et al, 2012).

No estudo de Manso et al. (2020), o custo de remoção foi calculado considerando plantas e retirada de suportes, transporte para aterro, taxas de despejo e reparação do estuque da fachada existente. Foi identificado um custo médio de eliminação de 95 €/m² (107 USD/m²) para fachadas verdes e um valor de 239 €/m² (270 USD/m²) para paredes vivas. As paredes vivas apresentaram um maior custo de remoção devido à diversidade dos materiais envolvidos (Manso et al., 2020).

Perini e Rosasco (2013), também estudaram os custos de remoção para os vários sistemas de paredes verdes. Para uma fachada verde plantada na base da fachada (sistema verde direto) o custo de remoção ronda os 31,10 €/m² para as trepadeiras crescidas. No caso do sistema verde indireto (plantas trepadeiras cultivadas, com material de apoio), a faixa de custo é por volta dos 200 €/m². Quanto as caixas de plantação são combinadas com sistemas de suporte cujos, valores económicos, variam ligeiramente de acordo com o material utilizado, sendo o valor por volta dos 205 €/m². Para o sistema de paredes vivas os custos são por volta dos 218,56 €/m² (Perini et al., 2013).

A Figura 3.30, refere-se aos custos de remoção obtidos por Perini e Rosasco (2013) e a Perini et al. (2016) para os diferentes sistemas de paredes verdes.

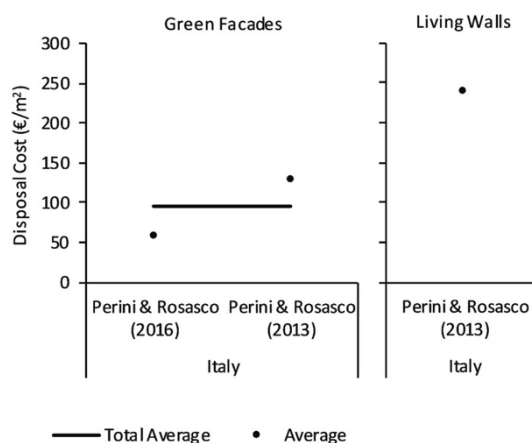


Figura 3.30 – Resultados obtidos para os custos de remoção (€/m²) das paredes verdes
Fonte: Manso et al., 2020

A tabela 3.3 resume os resultados enunciados, anteriormente, do custo de remoção das paredes verdes.

Tabela 3.3 – Custos de remoção de paredes verdes

	Sistema			Custo da remoção (€/m ²)	Momento temporal do custo	Local	Referência
Paredes Verdes	Fachada verde	Sem referência		95€/m ²	Ano 50	Sem informação	Manso et al., 2020
		Direta		31,10€/m2		Génova, Itália	Perini et al., 2013
		Indireta	Plantas trepadeiras + material suporte	200€/m2		Génova, Itália	Perini et al., 2014
			Com caixa de plantação	205€/m2		Génova, Itália	Perini et al., 2015
	Parede Viva			239€/m ²		Sem informação	Manso et al., 2020
				218,56€/m ²		Génova, Itália	Perini et al., 2015

Valores convertidos em EUR a 01/07/2021 (1 USD = 0,84147)

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 eficiente e adequada (Masters et al., 1987).

Relativamente às paredes verdes, a sua vegetação proporciona proteção e sombreamento, tendo um efeito positivo na durabilidade da fachada, pois atrasa a degradação da parede subjacente, causada por radiação ultravioleta, variações térmicas, ao gelo e neve, chuvas ácidas e pelos poluentes atmosféricos. Este efeito é mais perceptível no caso de sistemas de paredes vivas, onde a ação de proteção é fornecida por camadas de suporte contínuas (Perini et al., 2013).

Segundo Perini e Rosasco (2013), a renovação de uma fachada em gesso deve ser realizada ao fim de 35 anos, sem um sistema verde vertical, enquanto com a utilização de uma parede verde a duração do revestimento é prolongada por mais 15 anos (Perini et al., 2013).

A expectativa de vida de uma fachada convencional é cerca de 50 anos, assim como para as fachadas verdes direta e indireta. No caso das paredes vivas, a vida útil das caixas de plantação de plástico (HDPE) é estimada em mais de 50 anos. Com referência a um estudo realizado por Riedmiller e Schneider, é indicado que a vida útil das camadas de PVC (suporte estrutural para as camadas de feltro) é de apenas 10 anos, assim como todo o módulo (camadas de feltro inclusivas) possui a mesma expectativa de vida. Conclui-se, que todo o módulo é assumido com uma vida útil de 10 anos (Ottelé et al., 2011; Feng et al., 2014).

A frequência de substituição de plantas, nos sistemas de paredes vivas, é simplificada com uma substituição a cada 10 anos (10% substituição/ano) para o sistema com caixas de plantação, e de 3,5 anos (30% substituição/ano) para o sistema com camadas de feltro (Ottelé et al., 2011; Feng et al., 2014; Rosasco et al., 2018).

O sistema de irrigação automático necessário para os sistemas de paredes vivas (caixas de plantação e camadas de feltro) deve ser substituído a cada 7,5 anos devido à cristalização de sais. A quantidade de água e nutrientes necessários, para este tipo de sistema de parede verde, é controlada por computador e sensores (devido à sua complexidade), portanto não está incluída na análise efetuada (Ottelé et al., 2011; Feng et al., 2014).

Na tabela 3.4, estão apresentados os períodos de vida útil dos vários componentes dos sistemas de paredes verdes, segundo Ottéle et al. (2011) e Feng et al. (2014).

Tabela 3.4 – Vida útil dos vários componentes das paredes verdes
Fonte: Ottéle et al. (2011); Feng et al. (2014)

System name	Components	Material	Weight	Distances	Service life
			(kg/m ²)	(km)	(years)
Trellis system	Bolts	Stainless steel	0.015	18	50
	Spacer brackets	Stainless steel	0.045	18	50
	Structural support member	Stainless steel mesh	1.55	18	50
	Vegetation	H.helix	2.7	30	50
Planter box living wall system	Bolts	Steel S235	0.27	15	50
	Spacer brackets	Steel S235	0.315	15	50
	Supporting U section	Steel S235	4.62	15	50
	Planter boxes	HDPE	13.2	15	50
	Growing material	Potting soil	75.6	30	50
	Vegetation	Pteropsida	8	30	10
	Watering system	PE	0.26	35	7.5
	Felt layer	Steel S235	0.13	65	50
living wall system	Spacer brackets	Steel S235	0.19	65	50
	Supporting U section	Steel S235	4.62	65	50
	Foam plate	PVC	7	65	10
	White fleece	Polypropylene	0.3	65	10
	Wool fleece	Polyamide	0.6	65	10
	PE fleece	Polyethylene	0.045	65	10
	Black fleece	Polypropylene	0.27	65	10
	Vegetation	Pteropsida	7.5	30	3.5
	Watering system	PE	0.09	35	7.5

Derived from Ottelé et al. (2011).

3.4.9. Custos praticados nas empresas portuguesas

Para um estudo dos custos médios (€/m²), custos de instalação, custos de manutenção e custos de remoção, praticados pelas empresas portuguesas que executam instalação de paredes verdes, foram contactadas todas as empresas portuguesas encontradas na pesquisa efetuada, que executam instalações de paredes verdes, sendo que poucas responderam aos contactos efetuados. Algumas, das empresas, expressaram a dificuldade de fornecer os custos médios pedidos pois

dependem de fatores como a localização da obra e das plantas utilizadas. De seguida são apresentados os preços praticados pelas empresas que se disponibilizaram a responder.

A WorkinGarden, sediada em Lisboa, é uma empresa representante em Portugal da empresa sueca Vertical Garden Design. Esta empresa instala paredes verdes modulares com bolsas em feltro, sendo os custos de instalação entre os 500 €/m² e os 1000 €/m², incluindo a estrutura, equipamento de rega e fertilização, sendo que este custo vai depender da área do jardim. O custo de manutenção é de 12 €/ano/m² para um jardim vertical com cerca de 100 m², ao qual será acrescido o custo da rega (cerca de 1,5 litros/m²/dia). Quanto ao custo de substituição, não se encontra englobado no custo de manutenção, tendo vários valores possíveis; se for apenas substituição de plantas rondará os 200€/m², se houver a necessidade de substituição do feltro e das plantas, o custo passará a 350€/m². O custo de demolição é feito sob orçamento.

A LANDLAB é uma empresa com sede na região do Porto. Usa um sistema de jardim vertical modular, denominado de WallGreen. Este é fabricado com plástico reciclado, com sistema de irrigação (e/ou ferti-irrigação) automático e individualizado para cada planta. Apenas foi facultado o valor do custo de instalação, sendo este de 600 €/m².

A empresa Jardins do Paço, sediada em Alfragide, na região de Lisboa, é uma empresa que se dedica ao paisagismo. Desde 2006 que concebe, instala e mantém jardins verticais, sendo reconhecida pela introdução destes em Portugal. O sistema usado é modular composto por estrutura de suporte, manta de irrigação e sistema de rega e adubação automáticas. Os custos de instalação variam, mas apresentam um custo médio de 700 €/m². Quanto aos custos de manutenção, são também variáveis, dependendo da dimensão do jardim vertical e das condições de acessibilidade, tendo um custo médio de 15 €/m²/mês, estando já englobado o custo de substituição de plantas.

A TERRACELL, também sediada em Lisboa, é uma empresa ligada à área da geotecnia e estabilização de solos sendo que executam o tratamento, aplicação e estabilização de solos, restauração paisagística e melhoramento do impacto visual em zonas de fraca harmonização ambiental; também executam jardins verticais. O sistema usado é um sistema de parede viva modular com bolsas em tecido leve, e tem um custo de instalação que poderá ir dos 350 aos 380 €/m². Quanto ao custo manutenção este é de cerca dos 2,75 €/m²/mês.

3.5. Benefícios das Paredes Verdes

O aumento da densidade das cidades está a resultar em menos espaços abertos ou verdes, o que tem um impacto direto na qualidade do meio ambiente, microclima e ecossistemas da cidade. As mudanças relativamente rápidas do clima global, que atualmente se agravam, agravam esses impactos negativos. No entanto, existem medidas que se podem tomar para ajudar a reverter este agravamento e trazer de volta um equilíbrio no ambiente urbano (Hopkins et al., 2011).

Ao escolher esta solução de revestimento de um edifício, está-se a promover o aumento de espaços verdes, algo que é escasso no meio urbano, utilizando áreas que normalmente não seriam plantadas (Sheweka, 2011).

Os benefícios das Paredes Verdes podem dividir-se em três grupos: os benefícios ambientais, os benefícios económicos e os benefícios sociais.

3.5.1. Benefícios Ambientais

- Redução do Efeito da Ilha de Calor Urbano e Melhoria das Condições de Conforto Térmico

O Efeito da Ilha de Calor Urbano (ICU) é cada vez mais um problema nas cidades, tanto economicamente como relativamente à qualidade de vida dos seus habitantes. O efeito de ICU é o armazenamento de energia solar no tecido urbano – as superfícies duras e impermeáveis de edifícios em betão, estradas em asfalto, fachadas de aço e vidro e outras superfícies sólidas que irradiam em vez de absorverem o calor – que é então libertada na atmosfera, especialmente à noite, como energia térmica. Com as cidades a tornarem-se cada vez mais densas e superfícies impermeáveis a substituir a vegetação, há um aumento da temperatura do ar e da evaporação da água da vegetação (ARUP, 2016; Hopkins et al, 2011) (Figura 3.31).

Segundo o estudo de Sesilja et al (2010), a diferença de temperatura entre o centro da cidade e a periferia durante os meses de verão pode chegar a 10°C, o que tem efeitos na saúde e na qualidade de vida dos habitantes. A vegetação pode absorver até 80% do excesso de energia térmica através do solo húmido e da vegetação (Sesilja et al., 2010).

As temperaturas podem ser reduzidas cobrindo uma parede com uma camada de vegetação que sombreia os materiais de construção que, de outra forma, absorveriam o calor, ajudando a criar um microclima mais ameno, absorvendo calor para reduzir a temperatura do ar externo, aumentando os níveis de humidade e protegendo edifícios e locais do sol e do vento diretos (Sekaran, 2015; Wood et al., 2014).

O baixo nível de vegetação de uma cidade permite a absorção da radiação solar diretamente pelos edifícios que não possuem elementos arquitetônicos ou naturais que o impeçam, causando um aumento da temperatura nas paredes expostas e, portanto, uma maior transferência de calor para o interior do edifício (Campos-Orsorio et al., 2020).

Superfícies e materiais artificiais com um albedo¹ baixo, absorvem bastante radiação solar durante o dia, e à noite irradiam calor. A vegetação, apesar de ter um albedo um pouco mais alto (quando, por exemplo, comparado com o asfalto), vai contrariar os efeitos negativos, para além de aumentar o fluxo de ar, levando a trocas de ar quente e de ar frio mais rapidamente (Perini et al., 2013).

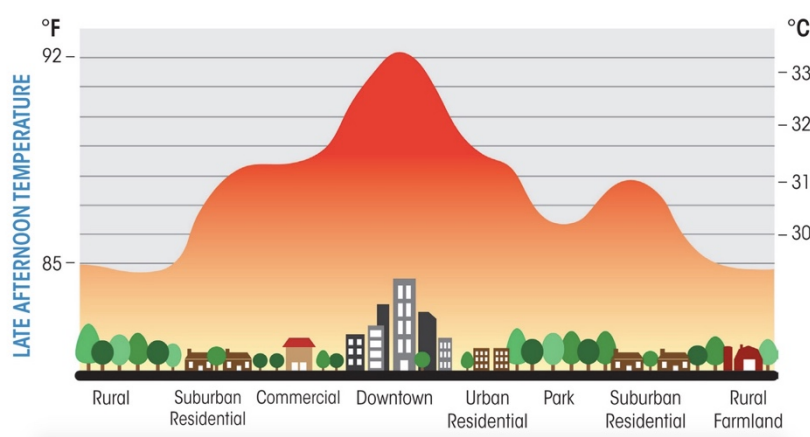


Figura 3.31 – Diferenças de temperatura entre as zonas urbana e rural devido ao efeito da Ilha de Calor Urbano
Fonte: Google Images, obtido a 20 julho 2021

Segundo Mazzali et al. (2013), num microclima, a introdução de paredes verdes pode contribuir na mitigação do fenómeno através de sombreamento e da evapotranspiração das plantas no edifício. Tanto o impacto do sombreamento como da evapotranspiração, reduzirá o calor que seria novamente radiado pelas fachadas (Mazzali et al., 2013).

Perini et al. (2013) esclarecem que o efeito positivo da vegetação reduz o Efeito de Ilha de Calor Urbano, mas apenas se torna evidente se existirem grandes superfícies de espaços verdes (Perini et al., 2013).

O sombreamento e a evapotranspiração, nas paredes verdes, no verão, arrefecem as superfícies 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, preservando a temperatura interna do edifício. O objetivo desta cobertura é reduzir/ retardar a transferência de calor entre o interior e o exterior do edifício. Além disso, a vegetação reduz a velocidade do vento em torno

¹ Relação entre a quantidade de luz reflectida de uma maneira difusa por um corpo não luminoso e a quantidade de luz incidente. <https://dicionario.primeram.org/albedo>. Consultado a 20 novembro 2021

das fachadas e, por isso, diminui a velocidade das trocas de calor entre o exterior e o interior (Ottelé et al., 2011; Ottelé, 2011).

O efeito do sombreamento está diretamente relacionado com a radiação solar, sendo que as paredes verdes podem impedir a incidência direta da radiação solar quando esta é indesejável, tanto nas paredes como nos vãos envidraçados, dependendo do tipo de sistema utilizado (Santos, 2017).

Uma fachada coberta por vegetação é preferível a uma fachada sem vegetação, sob o ponto de vista de radiação solar, pois a vegetação traz a capacidade de absorver, refletir e transmitir radiação solar de forma mais favorável (Figura 3.32) (Sheweka et al., 2011).

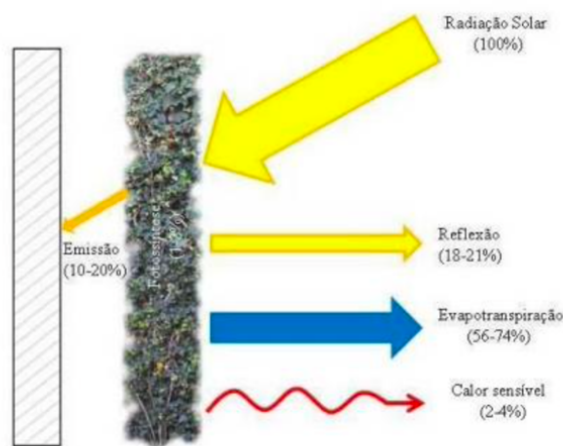


Figura 3.32 – Distribuição da radiação e do calor numa parede verde
Fonte: Santos, 2017

A evapotranspiração consiste em dois processos separados: evaporação e transpiração. Durante a transpiração, a água é libertada pelas plantas vivas como resultado da abertura dos estômatos para a captação de CO_2 , necessária para conduzir o processo de fotossíntese. A transpiração resulta no arrefecimento do ar ao redor da folha. A evaporação, por outro lado, é responsável pela transferência de água do solo para o ar ou da água intercetada pela planta durante a precipitação ou orvalho (Koch et al., 2020).

Tal como referido anteriormente, a partir da utilização de estruturas como os jardins verticais é possível amenizar a temperatura. A figura abaixo indicada (Figura 3.33) demonstra, a partir da fotografia tirada com uma câmara de infravermelhos, a uma temperatura de 21°C , que as fachadas revestidas com vegetação, absorvem menos calor do que as restantes – vermelho representa temperatura mais elevada e azul a menos elevada (Ottelé, 2011).

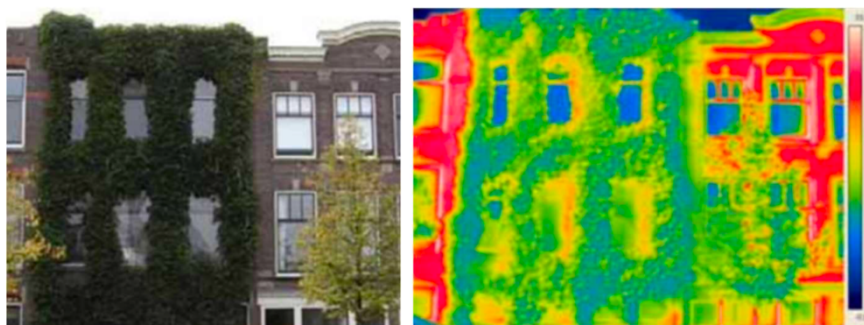


Figura 3.33 – Fachada com aplicação de vegetação e seus resultados através de uma câmara de infravermelhos

Fonte: Ottelé, 2011

Apresenta-se a seguir alguns estudos que vêm comprovar o que atrás foi mencionado.

Hoyano foi o primeiro a realizar um trabalho pioneiro sobre a capacidade de arrefecimento de plantas trepadeiras. Em Fukuoka, Japão, descobriram que a cobertura de *Hedera* ou *Parthenocissus* pode diminuir a temperatura da parede externa em até 13°C, o que resultou numa diminuição na temperatura interna de cerca de 7°C no verão para uma temperatura externa de até 35°C (Hoyano, 1988).

Um estudo realizado na Alemanha, analisou duas paredes distintas, uma parede coberta de vegetação e outra parede sem vegetação. Este estudo demonstra que houve uma redução de temperatura, na fachada verde, em cerca de 2 a 6°C, comparativamente com a parede sem vegetação (Perini et al, 2011 (a)).

Pérez et al. relataram uma redução na temperatura da superfície externa do edifício de 1,7°C a 13°C para regiões de clima quente e temperado, e de 7,9°C a 16°C em regiões de clima de neve no caso de uma parede verde durante o verão, relativos a Espanha (Pérez et al., 2014).

Outro estudo de Pérez et al., realizado em Espanha, a uma fachada verde indireta com *Parthenocissus tricuspidata* cobrindo as fachadas orientadas a este, sul e oeste de um cubículo, permitiu investigar a influência da orientação da fachada do edifício no efeito de sombreamento. Reduções de 15°C, 16°C e 16,4°C para a orientação este, sul e oeste, respetivamente, foram observadas em diferentes momentos do dia, seguindo o caminho hemisférico do sol (Pérez et al., 2017).

Susorova et al. obtiveram uma diminuição média nas temperaturas da superfície da fachada devido à presença de vegetação na fachada de 1°C a 9°C, na superfície externa, durante o verão (Susorova et al., 2014).

Chen et al. relataram, num estudo realizado em Pequim, a um sistema de parede viva num clima quente e húmido, que foi possível as temperaturas das paredes externas num máximo de 20,8°C,

e das paredes internas em 7,7°C. As camadas de ar entre a parede e a vegetação eram em média 3,1°C mais frias que o ar ambiente (Chen et al., 2013).

Para Vox et al., as diferenças entre os valores médios das temperaturas máximas diárias registadas para o controlo e para as paredes com vegetação variaram entre 1,6°C a 5°C, sendo as maiores diferenças registadas nos meses de verão (Vox et al., 2016).

Coma et al. relataram os resultados obtidos, em Espanha, onde as maiores reduções de temperatura da parede externa foram entre 4,5°C e 16,5°C, consoante a orientação da fachada onde a vegetação foi aplicada (Coma et al., 2016).

Os resultados obtidos experimentalmente por Hoelscher et al. em Berlim, Alemanha, mostraram os efeitos de arrefecimento através do sombreamento e da transpiração de três plantas trepadeiras diferentes. A camada adicional de vegetação, comparada com a parede sem vegetação, reduziu as temperaturas das paredes superficiais em até 15,5°C e 1,7°C nas paredes externa e interna, respetivamente (Hoelscher et al., 2015).

Stenberg et al. encontraram uma redução da temperatura da parede de 9,1°C gerada por uma cobertura de hera numa fachada virada a sul, sob condições de clima temperado quente em Oxford, Reino Unido, (Stenberg et al., 2010).

Wong et al. analisaram o desempenho térmico de oito diferentes sistemas verticais de vegetação instalados em Singapura, caracterizados por clima de floresta tropical. As reduções máximas da temperatura superficial da parede foram de 11,6°C (Wong et al., 2009).

Djedjig et al. enfatizaram o efeito de paredes vivas em edifícios, em França, num estudo realizado à escala reduzida de um vale urbano. Para o verão, a temperatura da parede com vegetação apresentava uma redução de temperatura de 15°C, em relação à parede sem vegetação, enquanto dentro do edifício a parede viva estava 5°C mais fria em relação à parede exposta (Djedjig et al., 2017).

Eumorfopoulou et al. encontraram uma redução máxima da temperatura da parede externa de 8,3°C e uma média de 5,7°C, num edifício de vários andares parcialmente coberto com *Parthenocissus*, no verão na Grécia. Para a temperatura da parede interna, foi observada uma redução máxima de 1,6°C e uma média de 0,9°C. De maneira geral, foi demonstrado que as diferenças entre as temperaturas mínimas e máximas de uma parede com vegetação foram menores que as de uma parede exposta, indicando que as plantas absorvem e refletem grande quantidade de radiação solar (Eumorfopoulou et al., 2009).

- Redução da Poluição Atmosférica / Melhoria da Qualidade do Ar

A poluição do ar é uma situação em que substâncias insalubres estão presentes acima dos seus níveis médios. Esses ambientes resultam de veículos de trânsito, resíduos, incêndios florestais, atividades industriais e residenciais. Em 2014, estimou-se que 92% dos humanos viviam com ar de má qualidade que não atende aos padrões de qualidade do ar estabelecidos pela Organização Mundial de

Saúde (OMS). Embora se atribuem, 3,7 milhões de mortes prematuras em todo o mundo, à má qualidade do ar externo em 2014, esse número foi estimado em aproximadamente 9 milhões por ano em quarenta anos (Muahram et al., 2019).

A vegetação melhora a qualidade do ar por meio do fenómeno de deposição e dispersão. Depende do tipo de plantas, da sua localização em relação à fonte de poluição, do nível de poluição do ar e da direção do vento. Geralmente, as plantas podem depositar partículas transportadas pelo ar assim que cheguem à sua superfície. As plantas têm deposição 10 a 30 vezes mais rápida em comparação com superfícies manufaturadas, como vidro e cimento, que existem no ambiente construído. As partículas suspensas no ar permanecem nas folhas por um tempo e depois voltam ao solo quando chove (Muahram et al., 2019).

As áreas urbanas costumam apresentar maiores concentrações de poluentes atmosféricos que são prejudiciais à saúde humana, principalmente devido ao intenso tráfego rodoviário e aéreo e à concentração de indústrias. Os poluentes atmosféricos incluem, entre outros, ozono ao nível do solo (O_3), dióxido de nitrogénio (NO_2), material particulado com menos de 10 micrómetros de diâmetro (PM_{10}), dióxido de enxofre (SO_2) e monóxido de carbono (CO). Segundo a Agência Europeia do Ambiente, a população urbana está frequentemente exposta a níveis de poluição atmosférica acima dos valores-limite (Agency EE, 2019), tornando-se obrigatória a procura de soluções para atenuar este problema (Yang et al., 2008).

Segundo diversos estudos, os jardins verticais ajudam a melhorar a qualidade do ar, através da redução do pó, partículas e compostos orgânicos voláteis (COV). Estes gases e partículas poluentes são retirados do ar e são lentamente decompostos e mineralizados, tornando-se adubo para as plantas (Ismail, 2013). Além disso, as raízes das plantas podem remover vários produtos tóxicos do solo, como, os já referidos COV's, tricloroetileno (TCE), benzeno, tolueno e xileno; como resultado, concentrações significativamente mais baixas de toxinas podem ser encontradas na área perto da parede viva. As espécies tropicais são melhores na remoção de toxinas (Radic et al., 2019).

Uma pesquisa mostrou que a vegetação urbana tem o potencial de filtrar partículas finas e ultrafinas (PM com menos de 10 micrómetros de diâmetro) por meio de deposição nas superfícies das folhas. Com a precipitação ou humedecimento propositado, esses depósitos podem ser lavados diretamente para o solo evitando a ressuspensão (ARUP, 2016)

A quantidade de partículas a circular no ar varia consoante a capacidade de absorção da planta e as condições climáticas do espaço - por exemplo, no caso de locais com grande índice de humidade ou precipitação, a concentração de partículas diminui uma vez que, tal como ocorre nas plantas, as mesmas acabam por ser igualmente absorvidas. Em média 60 m^2 de jardim vertical pode filtrar até 40 toneladas de partículas nocivas (Shiah et al., 2011).

Estudos, como o de Pugh et al. (2012) têm demonstrado que a infraestrutura verde, como árvores e outra vegetação, pode reduzir as partículas finas e ultrafinas voláteis em até 60% e o dióxido de nitrogénio (NO_2) em até 40%. Outro estudo, de Weerakkody et al. (2017) sugere que espécies com

folhas de menores dimensões, têm maior potencial de remoção de partículas finas em comparação a espécies de plantas com folhas mais largas (Pugh et al., 2012; Radic et al., 2019) (Figura 3.34).

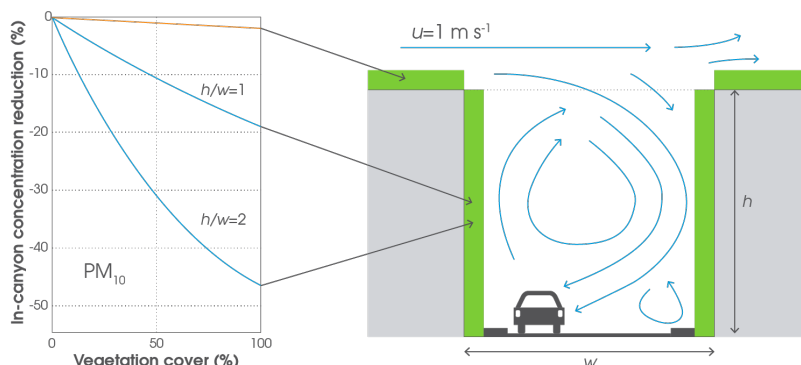


Figura 3.34 – Eficácia da Infraestrutura Verde para a melhoria da qualidade do ar nos vales urbanos

Fonte: Pugh et al., 2012

- Sequestro de Carbono

Todas as plantas vivas têm a capacidade de armazenar ou “sequestrar” o carbono que, de outra forma, seria libertado na atmosfera por meio do dióxido de carbono (CO_2), um gás de efeito de estufa que contribui para a mudança climática.

Muitas cidades iniciaram programas de plantação de árvores para apoiar iniciativas de sequestro de carbono. No entanto, em muitas áreas urbanas, há uma oferta limitada de solo que pode sustentar as árvores e respetivos sistemas de raízes. Paredes verdes à base de trepadeiras podem ser uma excelente alternativa para economizar espaço e água, sendo motores mais eficientes para o sequestro de carbono.

A maior parte da energia de uma árvore vai para o crescimento do seu tronco, que fornece nutrientes e altitude de folhas, mas não processa CO_2 nem cria oxigénio. As trepadeiras são quase inteiramente compostas por folhas e, portanto, podem sequestrar 60 a 100 vezes mais do que uma árvore de massa equivalente (Wood et al., 2014).

Marchi et al. (2014), desenvolveram um modelo dinâmico para simular o sequestro de CO_2 . Conforme estimado pelo modelo, um sistema vertical verde de 98 m^2 pode capturar um fluxo médio de dióxido de carbono de $13,41\text{--}97,03 \text{ Kg.CO}_{2\text{eq}}$ por ano. O modelo prevê o acúmulo de CO_2 a longo prazo no sistema vertical verde, indicando ser uma solução viável para a mitigação das mudanças climáticas em áreas urbanas (Marchi et al., 2014).

- Isolamento Acústico

O ruído é conhecido como um som indesejável e um dos fatores ambientais mais prejudiciais à saúde urbana. Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS), o ruído é a segunda ameaça à saúde pública, depois da poluição do ar. O ruído ativa o sistema de resposta que leva a alto stress e doenças cardíacas. Cerca de 36% das doenças, devido ao ruído, está na má qualidade do planeamento urbano (Muahram et al., 2019).

Edifícios e estradas são construídos por materiais acusticamente rígidos que refletem o som emitido por muitas fontes sonoras e contribuem fortemente para o ambiente acústico. Plantas e árvores podem ser usadas como barreiras acústicas no ambiente construído. Neste contexto, as paredes verdes utilizadas mostram ser soluções eficientes para proteção acústica em cidades, quando aplicadas a uma escala urbana significativa, pois a vegetação absorve e reduz a penetração do ruído (Attal et al., 2019; Kockbeker et al., 2012).

Geralmente, pode-se considerar que o efeito de isolamento acústico da vegetação em ambientes urbanos é pequeno, com as reduções a variar entre os 5 e os 10 dB. Os fatores que afetam a função da vegetação no isolamento acústico são múltiplos, como a espécie, a forma e a localização em relação à fonte do ruído. A própria vegetação pode reduzir os níveis de ruído em até 8 dB e, ocasionalmente, mais (Azkorra et al., 2014).

Em relação às propriedades de isolamento acústico dos sistemas verdes, a vegetação pode reduzir os níveis de som de três maneiras diretas. A absorção, reflexão e difração do som depende do substrato, da espécie das plantas usadas e da existência de uma camada de ar entre as plantas e a fachada do edifício. O substrato tende a bloquear frequências baixas, já as plantas tendem a bloquear frequências altas (Renterghem et al., 2013; Wong et al., 2009).

A generalidade dos sistemas provoca maiores perdas por transmissão em gamas de frequências mais altas. 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 altas, as maiores espessuras de substrato têm um papel fundamental no acréscimo de redução sonora (Renterghem et al., 2013).

Um ensaio descobriu que 15 dB podem ser reduzidos do ruído interno usando o sistema de parede verde. Uma parede verde com 10 m² foi colocada num edifício e nas frequências de 100-5000 Hz. Os resultados mostraram que 40% do som foi absorvido pela parede verde. Embora 30 a 70 dB de ruído possam ser reduzidos com o uso de outros sistemas como vidros duplos, a parede verde é um isolamento ecologicamente correto que tem outros benefícios mencionados (Azkorra et al., 2015 -> Muahram et al 2019).

Wong et al. (2009) avaliaram o potencial de isolamento acústico de diferentes sistemas verticais verdes por meio da medição in situ. As conclusões mais importantes foram que os sistemas que utilizam substrato na estrutura apresentam uma atenuação mais forte da perda de inserção para frequências médias (500-1000 Hz), devido ao efeito de absorção do substrato, havendo uma redução em cerca de

5-10 dB. Concluíram, também, que quanto mais área for coberta por vegetação, melhor será o seu comportamento acústico (Wong et al., 2009).

Pérez et al. concluíram que uma camada fina de vegetação (20-30 cm), num sistema de parede viva modular pré-cultivado, e uma fachada verde indireta, fornecem um aumento de 1 dB no isolamento acústico para o ruído do tráfego. Ainda no mesmo estudo, obtiveram um aumento de 2dB na insonorização com a parede viva modular e um aumento de 3 dB com a fachada verde indireta (Pérez et al., 2016).

- Gestão das Águas Pluviais

Atualmente, a drenagem artificial das precipitações é necessária para substituir a drenagem natural das antigas áreas verdes urbanas, que foram gradualmente substituídas por superfícies impermeáveis, como ruas e telhados. A fachada tradicional é uma superfície impermeável que recebe a precipitação sob a influência do vento. Essa água escorre pela fachada e é despejada no solo ou em esgotos. As inundações podem ocorrer quando a drenagem é incapaz de armazenar e distribuir as águas pluviais do solo. (Wouw et al., 2017; Sheweka et al., 2011).

Incorporadas como parte de um sistema de drenagem urbana sustentável, as paredes verdes podem mitigar escoamentos de água e reduzir os fluxos de águas pluviais. No entanto, ao contrário das coberturas verdes, a quantidade de captação de águas pluviais das paredes verdes ainda é desconhecida. A percolação² da chuva dentro das paredes verdes reduz a taxa de escoamento e oferece verdadeiros benefícios para a gestão de águas pluviais urbanas.

A água da chuva pode ser recolhida com o objetivo de irrigar uma parede verde, que por sua vez aumenta a infiltração e a evapotranspiração no local. Vários estudos preliminares sugerem que esses sistemas retêm 45% a 75% da precipitação. Além disso paredes verdes podem tornar-se num dos sistemas eficazes de gestão de águas pluviais por meio da plantação vertical, já que a área da parede excede em muito a área da cobertura, especialmente em áreas de desenvolvimento urbano. No entanto, também é relatado que as paredes verdes têm menos potencial de produzir melhores resultados do que as coberturas verdes (Lau et al., 2017; Wouw et al., 2017).

De acordo com Loh e Stav, à medida que a água se infiltra e, mais tarde, transpira através do sistema de parede verde, esta reduz a quantidade, bem como retarda a descarga repentina de chuva para os esgotos da cidade. Algumas paredes verdes usam a água da chuva recolhida, que desempenha um papel positivo e ativo na gestão da água urbana (Radic et al., 2019).

Um artigo de Sheweka et al (2011) também sugere que as superfícies vegetativas podem reter águas pluviais e escoamento de água das coberturas, o que pode ajudar na redução da extensão da infraestrutura de drenagem de águas pluviais (Sheweka et al., 2011).

² Movimento subterrâneo da água através do solo, especialmente nos solos saturados ou próximos da saturação. [https://www.infopedia.pt/\\$percolacao-e-perdas-de-agua](https://www.infopedia.pt/$percolacao-e-perdas-de-agua). Consultado a 20 novembro 2021

Apenas um estudo empírico mostrou que a parede verde, juntamente com a cobertura verde de um edifício, em Vancouver, tem potencial para reduzir o escoamento de águas pluviais em 4% (Roehr et al., 2008).

- **Aumento da Biodiversidade**

As paredes verdes podem ter a função de habitat para insetos e aves, que também as utilizam para se alimentarem. Isto permite uma migração de animais para áreas urbanas onde se aplique vegetação em fachadas. Conforme o tipo de plantas utilizadas, diferentes espécies de animais podem aparecer, contribuindo para o aumento da biodiversidade (Perini et al., 2013).

As paredes verdes permitem a plantação de vegetais e pequenos frutos. Isto, para além de contribuir para a agricultura, também permitirá uma diversidade de vegetação (Loh, 2008).

Para fazer esta implementação correta, é necessário um conhecimento sólido por parte dos autores do projeto ou dos seus associados em relação à vegetação local. Ao usar vegetação local também se contribui para o desenvolvimento de espécies animais locais (Elgizawy, 2016).

3.5.2. Benefícios Económicos

- **Aumento da eficiência energética e redução dos custos de energia**

Mais de 30% do consumo global de energia pode ser atribuído ao consumo de energia do edifício para manter as condições de conforto interno. Porém, em países com ambientes urbanos densos, a parcela do consumo nacional de energia é ainda maior. Assim, o setor da construção tem maior potencial de mitigação das mudanças climáticas do que qualquer outro setor, com um potencial de economia de 42% no uso de energia (Andric et al., 2020).

As paredes verdes podem contribuir efetivamente na redução da temperatura interna, absorvendo a radiação solar para o crescimento e processos biológicos. Uma redução da temperatura do ar interno significa uma considerável economia de energia para o ar condicionado durante o verão. No entanto, o sombreamento das plantas não deve obstruir o ganho de calor passivo através da envolvente do edifício durante o inverno, caso contrário, aumentará a necessidade de aquecimento (Raji et al., 2015) (Figura 3.35).

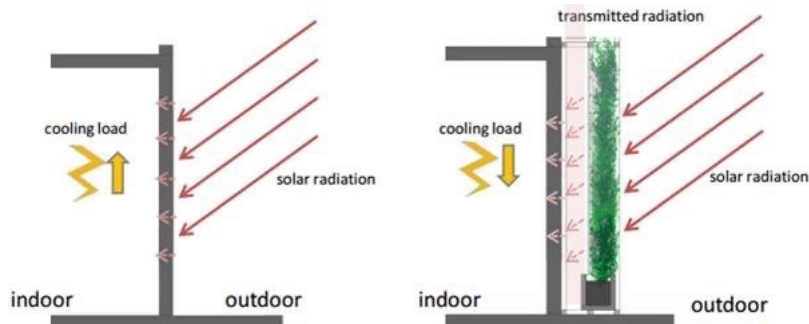


Figura 3.35 – Diferença de cargas de arrefecimento entre uma parede convencional e uma parede verde

Fonte: Hadba et al., 2017

Há três questões-chave na contribuição das paredes verdes na economia de energia passiva, em edifícios, que podem afetar a sua operação. Primeiro, o tipo de sistema de construção usado para colocar vegetação nas fachadas dos edifícios. Em segundo lugar, o clima influencia não apenas o comportamento térmico do edifício, mas também a escolha das espécies de plantas (caduca ou perene, arbustos ou trepadeiras, etc), bem como o seu crescimento. Por fim, o último aspeto fundamental a considerar, é saber quais os mecanismos que influenciam o funcionamento desses sistemas verdes, como uma ferramenta para sistemas passivos de economia de energia (Pérez et al., 2014).

O maior número de estudos concluiu que fachadas verdes e paredes vivas alcançam melhor desempenho energético em climas quentes e secos. Por exemplo, em Madrid, a economia total de energia foi de cerca de 30%, e em Vancouver, perto de 9%. A vegetação vertical que cobre as paredes voltadas para sul (norte para o hemisfério sul) resultará na maior economia de energia (Radic et al., 2019).

Os resultados numéricos, do estudo de Djedjig et al. (2017) (a), mostram que as paredes verdes instaladas nas fachadas este e oeste, do edifício estudado, reduzem em 37% a carga de arrefecimento de edifícios próximos com uma proporção igual a um e em 33% para um edifício isolado, para clima de verão em Atenas (Djedjig et al., 2017 (a)).

No estudo de Coma et al. (2016), os testes de consumo de energia confirmaram o alto potencial de paredes verdes para economizar energia no verão. O sistema de parede viva proporcionou o maior rendimento de arrefecimento, alcançando uma economia de 58,9%; enquanto a fachada verde apresenta uma redução de 33,8%, ambos em relação ao cubículo de referência com condições de conforto interno a 24°C (Coma et al., 2016).

Kontoleon et al. (2009) (a) modelaram uma parede verde com 20 cm de espessura nas quatro direções principais de um edifício, durante o verão, para prever a influência da orientação da parede verde na redução da necessidade de arrefecimento num clima mediterrâneo. A maior e a menor influência através da aplicação de vegetação, foram observadas nas fachadas orientadas a oeste e norte, com 20% e 5% de economia de energia, respetivamente. Portanto, a seleção da orientação

correta para plantas em superfícies verticais pode resultar numa economia de energia notável para cargas de arrefecimento durante o verão (Kontoleon et al., 2009 (a)).

Wong et al. (2009) (a) realizaram um estudo sobre paredes verdes para identificar os efeitos dos sistemas verticais verdes na temperatura e no consumo de energia de um edifício. Os resultados indicaram que a vegetação vertical fornece um efeito de arrefecimento passivo para o edifício e, portanto, reduz a carga de arrefecimento de energia para o edifício. Verificou-se que a cobertura de vegetação é o fator crucial na determinação da carga de arrefecimento fornecida pela parede verde. O estudo relatou que a parede vertical foi capaz de reduzir a necessidade de carga de arrefecimento em, aproximadamente, 32%, dependendo da percentagem de cobertura de vegetação do sistema (Wong et al., 2009 (a)).

- Valorização Imobiliária

Incorporar paredes verdes num edifício agrega valor à propriedade por meio do aumento do preço de venda (Hopkins et al., 2011).

Hop et al. (2012) sugerem que as paredes verdes aumentam o valor dos imóveis, especialmente se criarem espaço extra ao ar livre. Uma parede verde é uma maneira única de adicionar mais vegetação, e atrai mais pessoas interessadas em comprar a sua propriedade. De acordo com os mesmos, ter plantas dentro e ao redor de um edifício pode aumentar o valor do imóvel em até 20% (Hop et al., 2012).

Jialin (2013) mostra diferentes percentagens, sugerindo que as paredes verdes têm potencial de aumentar os valores de propriedades residenciais e comerciais entre 7% a 15% (Radic et al., 2019).

Já no estudo de Veisten et al. (2012) avaliaram as possibilidades de mercado em Toronto, onde as medidas de vegetação gerariam um aumento de propriedade de 6% a 15%, com um ponto médio de 10,5% (Veisten et al, 2012).

Perini e Rosasco (2013) chegaram a um intervalo de 1,4% a 15% em termos de aumento de valor de uma propriedade devido à aplicação de paredes verdes (Perini et al., 2013).

- Aumento da longevidade do edifício

A presença de vegetação na fachada protege o edifício através de uma barreira, isolando a edificação e deixando-o menos suscetível às solicitações exteriores. Dado que a vegetação tem a capacidade de absorver radiação ultravioleta e absorver gases poluentes, isto implicará uma melhor conservação da fachada. Logo em termos de custos de manutenção, estes serão menores, pois a fachada terá uma maior durabilidade (Ismail, 2013; Ottelé et al., 2011).

Haggag (2010) afirma que as paredes verdes podem, de facto, prolongar a vida das fachadas existentes se painéis à prova de água forem usados e separados por uma camada de ar, pois isso pode proteger um edifício do vento, da radiação solar e da chuva, permitir que a humidade escape e também contribuir para a redução da expansão e contração dos materiais de construção (Haggag, 2010).

Wong et al. (2009) acrescenta e explica que ao limitar a flutuação diurna das temperaturas da superfície da parede, a vida útil das fachadas dos edifícios é prolongada, diminuindo o desgaste, e contribuindo para economia nos custos de manutenção e substituição de componentes da fachada (Wong et al., 2009).

Deve-se notar, no entanto, que algumas plantas trepadeiras, especialmente, podem causar problemas de invasão nas juntas de construção se não forem seleccionadas corretamente, e podem até causar danos estruturais se não forem atenuadas (Wood et al, 2014).

- Aumento da Produtividade

De acordo com relatórios científicos realizados em universidades americanas e europeias, o simples facto de ter uma visão das plantas num ambiente de trabalho produz respostas fisiológicas positivas. Isso traduz-se numa maior eficiência dos funcionários, resultando num aumento de ganhos (Weinmaster, 2009).

Um estudo realizado na Washington State University monitorizou a pressão arterial e as emoções dos participantes enquanto realizavam uma tarefa simples, cronometrada na presença ou ausência de plantas. Concluiu que quando as plantas eram adicionadas ao espaço interior, os participantes eram mais produtivos (tempo de reação 12% mais rápido) e menos stressados (pressão arterial mais baixa). Além disso, imediatamente após a conclusão da tarefa, os participantes na sala com plantas relataram sentirem-se mais atentos do que as pessoas na sala sem plantas (Lohr et al., 1996).

Segundo Timur et al. (2013), a produtividade de um trabalhador pode ser aumentada entre 10 a 15%, ao ter contacto com vegetação. Para além da produtividade, a criatividade de um trabalhador também é acrescida em 11% até 34,7% (Timur et al., 2013).

3.5.3. Benefícios Sociais

- Valor Estético

O valor estético está relacionado à interação humana e não à avaliação quantitativa dos materiais e aspetos de desempenho do sistema de um edifício. Além dos aspetos funcionais da infraestrutura verde, as qualidades estéticas que esta pode trazer são significativas. Proporciona uma estética potencialmente atemporal devido à regeneração natural.

Durante séculos, as envolturas dos edifícios foram cobertas com plantas como a hera, apenas enriquecendo a arquitetura original. Isso fornece não apenas cores sazonais, mas também algo que muda ano após ano. A variedade de opções estéticas de intervenções verdes é enorme e depende muito da visão dos arquitetos (ARUP, 2016; Sekaran, 2015).

Enquanto as coberturas verdes podem criar formas, as paredes vivas têm a capacidade de criar texturas vivas e em evolução no domínio público, desenvolvendo contrastes de cores e texturas ao longo das fachadas dos edifícios (Figuras 3.36 e 3.37). As ruas da cidade e vias de pedestres podem tornar-se lugares públicos vibrantes e em constante mudança, em vez de apenas corredores de transporte eficientes entre paredes de desfiladeiro estáticas e altas (Hopkins et al., 2011).

Perini et al. (2014) explicam que os sistemas de paredes vivas oferecem mais potencial criativo – portanto, um apelo estético aprimorado – do que as fachadas verdes, pois a variedade de plantas que podem ser usadas em paredes vivas é maior. O efeito visual depende principalmente da densidade da planta usada para a cobertura da parede. Os sistemas verdes verticais têm a possibilidade de serem projetados em diferentes formas quando o material principal é sentido (Perini et al., 2014).



Figura 3.36 – Fachada verde em MFO Park Switzerland
Fonte: Google Imagens, obtido a 23 setembro 2021



Figura 3.37 – Parede viva em Westminster, Londres
Fonte: <https://www.biotope.uk.com/benefits/benefits-of-exterior-living-walls/> , obtido a 23 setembro 2021

- Qualidade de Vida e Bem-estar

A vida em ambientes urbanos põe-nos em contacto com betão, tráfego, ruído e poluição. O que pode não ser saudável. Tem um impacto profundo no nosso bem-estar físico e mental. O verde suaviza este ambiente duro, agindo como um tónico para aliviar o stress e a fadiga. Paredes verdes fornecem uma conexão espiritual substancial com a natureza que falta na selva de betão moderna (Weinmaster, 2009).

A natureza pode ser uma fonte de inspiração, regeneração mental e redução do stress, de acordo com pesquisas (ARUP, 2016). Foi demonstrado que os jardins incorporados aos hospitais acalmam os pacientes, melhoram o seu bem-estar e promovem a melhoria nos resultados clínicos, como redução da ingestão de analgésicos e estadias mais curtas (Ulrich, 2002).

Sheweka et al. (2011) sugerem que o contacto visual e físico com as plantas pode resultar em benefícios diretos à saúde. As plantas podem gerar efeitos restauradores que levam à diminuição do stress, melhorar a taxa de recuperação do paciente e maior resistência à doença (Sheweka et al., 2011).

Com a pandemia de COVID-19, o confinamento em casa também revelou que é necessário entender se a possibilidade de ver vegetação através das nossas casas ou mesmo a possibilidade de cultivar plantas em casa pode contribuir para o bem-estar e a saúde dos residentes. O período de confinamento sublinhou a importância de aumentar a vegetação tanto nos edifícios existentes como nos novos, medindo a qualidade e quantidade de infraestruturas verdes, como é o caso das paredes verdes (D'Alessandro et al., 2020).

- Efeitos educacionais

Existem numerosos exemplos que sistemas verdes verticais que foram construídos, em escolas, em todo o mundo Radic et al., 2019).

As paredes vivas em escolas podem ser usadas por alunos em aulas de biologia ou arte. No entanto, na literatura científica, quase não existem dados sobre os benefícios educacionais das Paredes Verdes (Radic et al., 2019).

Sheweka et al. (2011) afirmam que coberturas e paredes verdes são as ferramentas perfeitas para ensinar sobre o meio ambiente. A próxima geração precisa aprender sobre as preocupações ambientais de hoje e como estamos a lidar com elas. Explicam que as paredes verdes podem fornecer oportunidades educacionais infinitas e podem ser usadas como ferramentas para observação ecológica, cultivo de plantas e vegetais. Além disso, o efeito visual das paredes verdes pode deixar uma forte impressão nos espectadores e aumentar a consciência sobre a importância da ecologia (Sheweka et al., 2011).

Da mesma forma, Brkovic (2013) no seu trabalho sobre as medidas que as escolas podem tomar em direção à sustentabilidade ambiental, sugere que coberturas e paredes verdes podem contribuir para a sustentabilidade de uma arquitetura escolar, e também serem usados como livros didáticos de ensino 3D sobre sustentabilidade (Radic et al., 2019).

Um estudo de McCullough et al. (2018) descreveu como uma parede viva foi integrada dentro de um ambiente de aprendizagem em sala de aula e delineou um currículo de acompanhamento. O mesmo estudo sugeriu que as paredes vivas têm o potencial de inspirar o pensamento crítico por meio de uma combinação de estratégias de aprendizagem baseadas em projetos e educação ambiental; modelos de currículo baseados em projetos podem conectar os alunos de forma interativa com a natureza interna e/ou externa e têm o potencial de inspirar o pensamento do mundo real relacionado aos campos da ciência, tecnologia, engenharia, arte e matemática (McCullough et al., 2018).

3.6. Comportamento ao Fogo

Nos últimos anos, as paredes verdes tornaram-se cada vez mais importantes em termos de desenvolvimento urbano sustentável. No entanto o conhecimento disponível sobre o comportamento das paredes verdes ao fogo e à propagação do fogo resultante nas fachadas é parco (Engel et al., 2020).

A proteção contra incêndio é frequentemente citada como um dos inibidores da utilização de vegetação nas fachadas, mas o comportamento ao fogo em testes e ensaios de grande escala não é descrito em qualquer literatura atualmente conhecida (Werner et al., 2018).

Os incêndios reais mostram que os incêndios em paredes verdes geralmente ocorrem de forma semelhante. Primeiro, as folhas secas são queimadas e, em seguida, a madeira morta e qualquer auxílio de escalada combustível que possa estar presente inflamam. Na maioria dos casos, as partes secas da planta queimam em poucos segundos. Depois da madeira morta ser queimada, o fogo apaga-se em muitos casos. Áreas de fachada com plantas vitais e bem cuidadas não permitem a propagação do fogo (Engel et al., 2020).

A irrigação inadequada pode secar as plantas, criando uma condição favorável ao fogo. Uma parede verde seca pode atuar como revestimento combustível, que pode ser intensificado por materiais inflamáveis como óleos, resinas, ceras e excesso de lixo na própria parede verde. Além disso, a vegetação mal mantida pode, eventualmente, criar uma escada de combustível, causando a propagação do fogo para os andares superiores. Assim como, pode contribuir para a propagação do fogo de um edifício para o outro. Por outro lado, uma parede verde seca pode facilmente pegar fogo.

Uma parede verde inflamada pode até interromper a saída dos ocupantes de um edifício ou a entrada dos bombeiros durante um incidente de incêndio (Dahanayake et al., 2018).

Os registos de incêndio em paredes externas com sistemas verdes verticais mostram que os incêndios podem ser muito graves, conforme relatado num incêndio em Frankfurt, Alemanha, num edifício residencial. O fogo espalhou-se por toda a parede, ao longo das trepadeiras, até à propriedade vizinha. Para identificar as precauções necessárias para riscos de incêndio, a ignição e a propagação do fogo na parede verde devem ser estudadas de forma adequada. O comportamento da vegetação ao fogo depende muito da quantidade de combustível presente e do teor de humidade (MC). Uma vez que o MC da vegetação é o parâmetro mais crítico que afeta a ignição (Dahanayake et al., 2018).

O MC é considerado o fator mais crítico que afeta a inflamabilidade da vegetação. Também impacta a propagação do fogo. Portanto, torna-se um indicador essencial na análise de risco de incêndio. A humidade da vegetação atua como um dissipador de calor, pois o calor é usado para evaporar a água. Além disso, dilui voláteis inflamáveis e bloqueia parcialmente o fornecimento de ar para a combustão (Dahanayake et al., 2018).

Os resultados de Dahanayake et al. (2018), indicam claramente a importância de manter uma parede verde saudável e viva para garantir o mínimo de risco de incêndio. A irrigação inadequada ou mau funcionamento do sistema de irrigação levaria à secagem das plantas na parede verde. Além disso, a presença de considerável matéria morta de plantas devido à má manutenção pode diminuir o MC geral das plantas. Assim como, diferentes espécies de plantas podem comportar-se de maneiras distintas em condições ambientais semelhantes. Portanto, a seleção apropriada de espécies de plantas e o conhecimento adequado dessas espécies de plantas são tão importantes quanto a irrigação e manutenção adequadas das mesmas. Os resultados do estudo também indicam que há mérito em usar *Hedera helix*, *Peperomia obtusifolia* e *Aglaonema commutatum* numa parede verde, uma vez que os efeitos térmicos gerais e riscos tóxicos por fumo são baixos para essas espécies de plantas em caso de incêndio (Dahanayake et al., 2018).

Concluindo, a combustibilidade das paredes verdes depende principalmente do teor de humidade das plantas. A irrigação inadequada e a manutenção de paredes verdes podem resultar em plantas secas com baixo teor de humidade. Plantas secas em paredes verdes criam uma condição favorável para ignição e um grande incêndio pode resultar na presença de uma chama. Portanto, a manutenção adequada é importante. Paredes verdes com plantas vitais e bem cuidadas não permitem a propagação do fogo. (Dahanayake et al., 2019; Engel et al., 2020).

3.7. Políticas de Incentivos para as Paredes Verdes

Evidências científicas crescentes sugerem que intervenções políticas rápidas, ambiciosas e de longo alcance são necessárias para enfrentar a mudança climática acelerada, a perda de biodiversidade e outras questões ambientais urgentes (IPCC, 2018; IPBES, 2019; UNEP, 2021). No entanto, essas evidências por si só não são suficientes para impulsionar a implementação de políticas de incentivo. A falta de vontade política, para criar políticas ambientalmente conscientes, é um obstáculo constante para a rápida implementação de ações climáticas e ambientais eficazes (Moravec, 2021).

A criação de incentivos monetários, por exemplo, disponibilizando fundos significativos para projetos ecológicos, fornece um novo e importante estímulo para os governos considerarem as políticas verdes como um meio para melhorar a economia. Para qualquer partido em exercício, qualquer que seja a sua ideologia, a economia do seu país deve ser uma preocupação primária, já que os eleitores tendem a punir fortemente os governos por mau desempenho económico (Moravec, 2021).

Os benefícios das Paredes Verdes já são conhecidos um pouco por todo o mundo, destacando-se países como a França, Alemanha, Holanda, EUA, Canadá, Austrália, Japão e Singapura, que promovem a aplicação de paredes verdes através das suas políticas de incentivo, financeiro e informativo (Figura 3.38). No entanto, em Portugal os exemplos são ainda escassos, havendo carência de incentivos e informação a este conceito como forma de propagação dos seus potenciais a nível ambiental (Aragão, 2011; Gerhard et al., 2010).

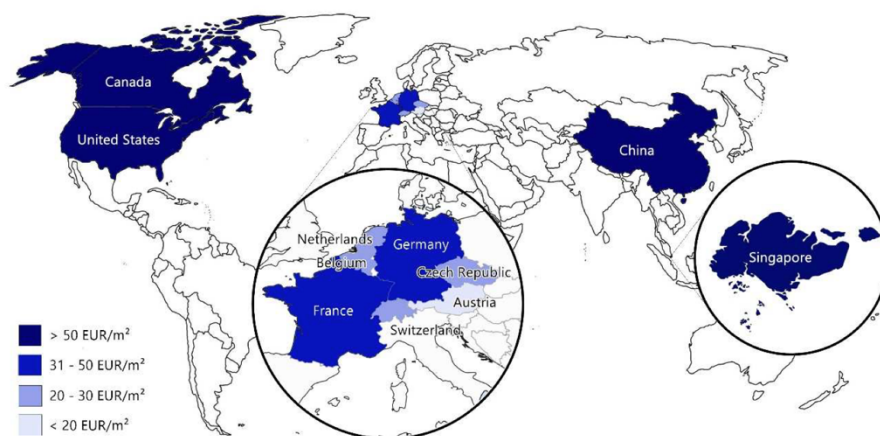


Figura 3.38 – O valor médio dos subsídios financeiros oferecidos por metro quadrado de infraestruturas verdes construídas em diferentes países.

Fonte: Liberalesso et al., 2020

Os resultados do estudo de Liberalesso et al. (2020), concluíram que as políticas de incentivo estão concentradas principalmente na Europa e na América do Norte, e a maioria das políticas de incentivo concentra-se na promoção de coberturas verdes, uma vez que não foram encontradas políticas de incentivo exclusivas para a promoção de paredes verdes. De todas as políticas de incentivo estudadas, os subsídios financeiros e as obrigações legais são as formas mais utilizadas para promover a infraestrutura verde em todo o mundo (Liberalesso et al., 2020).

Na América do Sul, as políticas de incentivos estão focadas principalmente na redução do imposto sobre a propriedade (31%) e obrigações por lei (23%), enquanto na América do Norte, há uma distribuição mais equilibrada de políticas de incentivos com foco em subsídios (23%), obrigações por legislação (18%), desconto na taxa de águas pluviais (15%) e certificações de sustentabilidade (15%). Na Europa, percebeu-se uma falta de variabilidade das políticas de incentivos, onde 85% dos incentivos são subsídios financeiros. No continente asiático, as políticas de incentivos estão focadas principalmente em subsídios financeiros (37%) e obrigações por lei (37%). De todas as políticas de incentivos analisadas, a obrigatoriedade por lei é a única política de incentivos encontrada nos quatro continentes, representando 15% do total das políticas de incentivo mundiais (Liberalesso et al., 2020).

Em Portugal, até à presente data apenas foi encontrada uma política de incentivo, designada “Edifícios mais Sustentáveis”, que se encontra prevista no Programa de Estabilização Económica e Social (PEES) aprovado pela Resolução de Ministros nº 41/2020, de 6 de junho (Despacho nº 8745/2020).

A presente iniciativa tem como objetivo o financiamento de medidas que promovam a reabilitação, a descarbonização, a eficiência energética, a eficiência hídrica e a economia circular em edifícios, contribuindo para a melhoria do desempenho energético e ambiental dos edifícios. Neste contexto, são suscetíveis de financiamento ações a desenvolver em edifícios habitacionais existentes, construídos até 2006, que contribuam para as metas definidas no PNEC 2030 e na ELPRE, bem como para outros objetivos ambientais (Despacho nº 8745/2020).

Cada candidato está limitado a um incentivo máximo, onde as intervenções com soluções de base natural, fachadas e coberturas verdes, têm uma taxa de comparticipação de 70%, com um limite máximo de 3000€, como é possível visualizar na Tabela 3.5.

Tabela 3.5 – Comparticipação e limite máximo de despesas suportadas
pela iniciativa “Edifícios mais Sustentáveis”

Fonte: Despacho nº 8745/2020, Diário da República

Número de tipologia	Tipologia de projeto (*)	Taxa de comparticipação	Limite
1	Janelas eficientes, de classe igual ou superior a «A+»	70 %	1 500 €
2	Isolamento térmico, desde que efetuado com ecomateriais ou materiais reciclados	—	—
2.1	Isolamento térmico em coberturas ou pavimentos exteriores e interiores	70 %	1 500 €
2.2	Isolamento térmico em paredes exteriores ou interiores	70 %	3 000 €
3	Sistemas de aquecimento e/ou arrefecimento ambiente e de águas quentes sanitárias (AQS) que recorram a energia de fonte renovável, de classe A+ ou superior	—	—
3.1	Bomba de calor	70 %	2 500 €
3.2	Sistema solar térmico	70 %	2 500 €
3.3	Caldeiras e recuperadores a biomassa com elevada eficiência	70 %	1 500 €
3.4	Caldeiras elétricas quando acopladas a outros sistemas que recorram a energias renováveis (bombas de calor e painéis solares)	70 %	750 €
4	Instalação de painéis fotovoltaicos e outros equipamentos de produção de energia renovável para autoconsumo	70 %	2 500 €
5	Intervenções que visem a eficiência hídrica: substituição de equipamentos por equipamentos mais eficientes (torneiras das casas de banho, torneira do lava-loiças; chuveiros, autoclismos, autoclismos com dupla entrada de água (potável e não potável), fluxómetros, redutores de pressão e reguladores de caudal)	70 %	500 €
6	Intervenções que promovam a incorporação de biomateriais, materiais reciclados, soluções de base natural, fachadas e coberturas verdes e soluções de arquitetura bioclimática	70 %	3 000 €

(*) As especificações de eficiência de cada uma das tipologias de projeto constam do anexo I do presente Regulamento.

Esta medida que se pretende implementar no decorrer de 2020, e terá continuidade em 2022, refere-se ao programa de apoio a edifícios mais sustentáveis, focado na melhoria da sua eficiência e na descarbonização dos edifícios, através do apoio à sua renovação em diversas vertentes (Despacho nº 8745/2020).

3.8. Síntese do Capítulo

O crescimento urbano está a causar uma série de problemas ambientais nas cidades, como poluição, temperaturas mais altas nas áreas urbanas, espaços verdes limitados ou consumo excessivo de energia. Novos conceitos de ecologia urbana estão a aparecer para mitigar os problemas climáticos de uma forma sustentável e natural.

As paredes verdes podem ser subdivididas em dois sistemas principais: fachadas verdes e paredes vivas. As fachadas verdes são sistemas baseados no uso de plantas trepadeiras, plantadas no próprio solo, que crescem diretamente contra a parede ou têm um sistema de suporte. As paredes vivas não são plantadas no próprio solo, mas em bolsas ou módulos. Podem-se dividir em sistemas contínuos ou modulares, permitem um crescimento mais uniforme da vegetação ao longo da superfície e a aplicação de diferentes variedades de plantas. No entanto, os sistemas de paredes vivas podem exigir irrigação e fornecimento de nutrientes com mais frequência.

Para uma implementação bem-sucedida, a seleção do sistema mais adequado deve ter em consideração as características da construção e as condições climáticas locais. Assim como é importante reter que todas as paredes verdes necessitam de manutenção e irrigação.

Em termos gerais, os principais benefícios associados a paredes verdes dizem respeito às práticas ambientais, económicas e sociais, como a redução do efeito de ilha de calor, melhoria da qualidade do ar e das condições de conforto interno e externo, propriedades de isolamento e melhoria no bem-estar social e psicológico das pessoas.

Em Portugal, a utilização de Paredes Verdes ainda é muito escassa, comparativamente a outros países da Europa e do resto do mundo, maioritariamente, devido à falta de informação e especialização, aos custos iniciais elevados e à manutenção necessária para manter um sistema de parede verde vivo. Há também uma lacuna nas legislações e políticas de incentivos portuguesas, não havendo, até à data, quase nenhuma informação sobre as mesmas.

4. CASOS DE ESTUDO

Neste capítulo procede-se à análise detalhada de 6 edifícios que foram reabilitados e, aquando da reabilitação, foram instaladas paredes verdes, na zona de Lisboa. Pretende-se evidenciar as principais características e classificá-las de acordo com o que foi mostrado no capítulo 3. São analisados:

- Bessa Hotel Liberdade, um hotel situado na Avenida da Liberdade;
- Edifício de habitação, na zona de S. Sebastião da Pedreira;
- “A Valenciana”, restaurante situado na zona de Campolide;
- Hotel Hotel, situado na zona perto da Avenida da Liberdade;
- Moradia unifamiliar, na Travessa do Patrocínio;
- Atelier Sidney Quintela, atelier de arquitetura na zona das docas, no Cais de Sodré.



Figura 4.1 – Localização dos casos de estudo

Fonte: Google Earth, obtido a 24 outubro 2021

4.1. Caso de Estudo 1: Moradia da Travessa do Patrocínio

Nome: Moradia da Travessa do Patrocínio

Localização: Travessa do Patrocínio, Lisboa

Autor da parede verde: LC Vertical Gardens

Tipologia da parede verde: Parede Viva Contínua

Área da parede verde: 100 m²

Ano da instalação: 2012

Custo da obra: não facultado



Figura 4.2 – Parede verde da moradia da Travessa do Patrocínio

Fonte: LC Vertical Gardens, <https://lcverticalgardens.com/portfolio/travessa-do-patrocínio-lisboa/>, obtido a 17 outubro 2021

4.1.1. Caracterização do Edifício

A moradia da Travessa do Patrocínio, nº5, em Lisboa, foi projetada pelos arquitetos do atelier Rebelo de Andrade, Luís Rebelo de Andrade, Tiago Rebelo de Andrade e Manuel Cachão Tojal, com o objetivo de recuperar um edifício devoluto. Este edifício insere-se num lote de terreno de pequenas dimensões o que levou os seus autores a procurarem desde logo soluções criativas. É composta por três pisos e uma cobertura acessível em forma de terraço.

Esta moradia unifamiliar foi um dos primeiros edifícios de habitação com a utilização de paredes verdes, e é constituída por três pisos e uma cobertura. Por fora apresenta uma estrutura independente ao edifício e duas fachadas verdes ventiladas de forma a evitar problemas de humidade, orientadas uma a sudeste e outra a nordeste. A parede verde ficou concluída em 2012 (Figura 4.3).

Este projeto foi distinguido com vários prémios de arquitetura como o Architizer A+ Awards – Single, em 2014; o Family Home, em 2014; e o Prémio Valmor - Menção Honrosa, também em 2014.



Figura 4.3 – Parede verde, virada a Sudeste, da moradia da Travessa do Patrocínio

Fonte: Atelier Rebelo de Andrade, <https://www.rebelodeandrade.com/pt/projects/casa-na-travessa-do-patrocinio> 13, obtido a 17 outubro 2021

4.1.2. Caracterização da Parede Verde

A moradia da Travessa do Patrocínio tem duas fachadas com paredes verdes, orientadas uma para sudeste e outra para nordeste, como referido acima. A construção e manutenção do jardim vertical ficaram ao cargo da LC Vertical Gardens, que concebeu e desenhou o mesmo.

O jardim vertical está fixado à fachada do edifício, ficando suspenso, o que permite que haja uma caixa de ar entre a parede de betão e a parede verde, prevenindo problemas de humidade. Segundo a constituição do sistema da parede verde, pode-se classificar como sendo uma parede verde contínua. À estrutura metálica está fixado um painel de PVC vertical que suporta as mantas de geotêxtil, o sistema de irrigação gota-a-gota e as plantas. As tubagens horizontais de rega, encontram-se entre as duas mantas, e na manta exterior são abertos rasgos onde se colocam as plantas.

A moradia em questão tem uma área total da parede viva de 100 m², estimando-se que tenha cerca de 4500 plantas, de 25 espécies, destacando-se três que dominam cada uma o seu patamar, conferindo diferentes cheiros a cada andar da casa, sendo elas *Helychrisum stoechas*, *Rosmarinus prostratus* e *Lavandula stoechas*. Todas as plantas são portuguesas, criadas em viveiros nacionais, e são típicas das dunas nacionais, o que reforça a sua durabilidade perante o clima temperado (Figuras 4.4 e 4.5).



Figura 4.4 – Variedade de espécie de plantas na fachada Sudeste da moradia da Travessa do Patrocínio



Figura 4.5 – Variedade de espécie de plantas na fachada Nordeste da moradia da Travessa do Patrocínio

A irrigação da parede viva é feita através de um sistema de gotejamento automático e encontra-se entre as duas camadas de manta de geotêxtil, como mencionado anteriormente, para não ser danificado pelas raízes das plantas. A rega está dividida em duas seções pois, devido à gravidade, parte da água e fertilizantes da seção superior escorre para a inferior. Deste modo, a seção inferior está programada para ter menor tempo de irrigação.

Quanto à manutenção do jardim vertical, esta é efetuada através de uma plataforma elevatória articulada com alcance até ao último piso, permitindo acesso a todos os pontos da parede viva para podar ou substituir as plantas se necessário. Tal manutenção é recomendada que seja feita de 6 em 6 meses nos primeiros dois anos, após a instalação da mesma, e uma por ano após esse período cujas intervenções, normalmente, são apenas para podar ou reparar algum componente no sistema de ferti-irrigação.

4.2. Caso de Estudo 2: Bessa Hotel Liberdade

Nome: Bessa Hotel Liberdade

Localização: Avenida da Liberdade, Lisboa

Autor da parede verde: Terracell

Tipologia da parede verde: Parede Viva Modular

Área da parede verde: 315 m²

Ano da instalação: 2014

Custo da obra: cerca de 85.000 €



Figura 4.6 – Parede verde do Bessa Hotel Liberdade

Fonte: Terracell

4.2.1. Caracterização do Edifício

O Bessa Hotel Liberdade encontra-se situado numa das avenidas mais movimentadas de Lisboa, a Avenida da Liberdade. O projeto do hotel resultou da reabilitação de um edifício parcialmente destruído por um incêndio. A intervenção exterior pretende compatibilizar as necessidades do programa com a recuperação do património arquitetónico, nomeadamente, a preservação da fachada neoclássica (Figura 4.7). Neste projeto foram tidas em conta como principais preocupações: o desempenho energético e ambiental do edifício mantendo as fachadas exteriores originais.

A característica mais marcante deste espaço é o jardim vertical que reveste toda a fachada posterior. Usado como material, o verde torna-se protagonista, suavizando o impacto do edificado, contribuindo para a sua sustentabilidade e oferecendo ao hotel uma nova vida e cor (Figura 4.8).



Figura 4.7 – Fachada principal do Bessa Hotel Liberdade
Fonte: <https://liberdade.bessahotel.com/pt/pt-gallery/>, obtido
a 12 outubro 2021

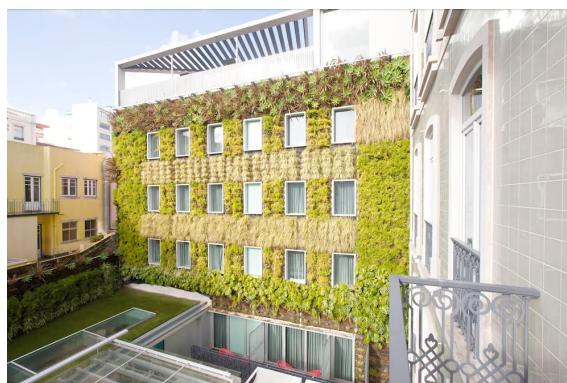


Figura 4.8 – Fachada posterior do Bessa Hotel Liberdade
Fonte: <https://liberdade.bessahotel.com/pt/pt-gallery/>, obtido
a 12 outubro 2021

4.2.2. Caracterização da Parede Verde

A Parede Verde foi instalada numa das fachadas do pátio interior, tornando-se numa das zonas de destaque do hotel, dando um enorme destaque à mesma, com uma área de 315 m². Considerando a relação entre as características do local e a envergadura da estrutura optaram por instalar uma parede viva que permitisse um desenvolvimento o mais natural possível e que apresentasse o mínimo de manutenção possível, oferecendo a sensação de naturalidade e comodidade aos hóspedes do hotel.

A parede viva do hotel é uma parede viva modular instalada pela empresa Terracell e, constituída pelo sistema TERRAWALLY, desenvolvido pela mesma. As bolsas TERRAWALLY são fabricadas com uma membrana impermeável, com recurso a substrato, que permite a sua instalação diretamente na estrutura metálica. A frente destas bolsas é respirável facilitando as trocas gasosas e o arejamento do sistema radicular das plantas, bem como, a eliminação do excesso de humidade (Figuras 4.9 e 4.10).

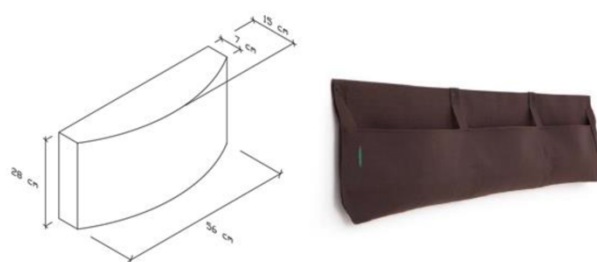


Figura 4.9 – Modelo das bolsas TERRAWALLY, da empresa Terracell

Fonte: Terracell; ÁreaGolfe



Figura 4.10 – Fase de instalação dos sacos TERRAWALLY na parede do

Bessa Hotel Liberdade

Fonte: Terracell

A fachada onde foi efetuada a instalação da parede viva encontra-se orientada a sudeste, voltada para o pátio interior do hotel, como foi referido anteriormente, sendo composta por mais de 1000 plantas de cerca de 13 espécies diferentes (Figura 4.11). Na Tabela 4.1 são apresentadas as espécies de plantas utilizadas na parede viva do Bessa Hotel Liberdade, incluindo para além do nome da espécie, a luminosidade, a necessidade de rega e o ciclo de vida das mesmas.

Tabela 4.1 – Lista das principais espécies que compõem a parede verde do Bessa Hotel Liberdade

Fonte: Terracell

Espécies	Luminosidade	Necessidades de rega	Ciclo de vida
<i>Nephrolepis exaltata</i>	Luz difusa, Meia sombra	Frequente, pulverizações em dias secos	Perene
<i>Festuca glauca</i>	Sol pleno, Meia sombra	Resistentes a períodos de estiagem	Perene
<i>Chlorophytum comosum</i> "Vittatum"	Sombra parcial	Mantidas húmidas, mas não excessivamente molhadas	Perene
<i>Asparagus densiflorus</i> Sprengeri	Meia sombra	Periódica	Perene
<i>Agave angustifolia</i>	Sol pleno	Devem ser poucas e esparsas, apenas quando o substrato secar	Perene
<i>Hederahelix</i>	Meia sombra, Sol pleno	Irigado periodicamente	Perene
<i>Phormium flamingo</i>	Meia sombra, Sol pleno	Irigado periodicamente	Perene
<i>Pittosporum nana</i>	Sol pleno	Não tolera solos muito húmidos	Perene
<i>Carex nana oshimensis</i>	Meia sombra	Solos húmidos	Perene
<i>Stipa tenuissima</i>	Sol pleno	Não tolera solos muito húmidos	Perene
<i>Ophiopogon japonicus</i>	Luz difusa, Meia sombra	Solos húmidos	Perene
<i>Ophiopogon planiscapus nigrescens</i>	Meia sombra, Sol pleno	Mantidas húmidas, mas não excessivamente molhadas	Perene
<i>Monstera deliciosa</i>	Meia sombra, Sol pleno	Irigado periodicamente	Perene

A seleção de plantas foi efetuada tendo em conta um reduzido desenvolvimento radicular das plantas, para garantir o seu crescimento no reduzido espaço com substrato, bem como uma área, relativamente, volumosa, de modo a preencher toda a fachada. Outra das preocupações, relativamente à distribuição das plantas foi a sua maior ou menor necessidade de irrigação, bem como a sua tolerância à exposição solar, pois dada a orientação da fachada a SE, e a disposição das restantes estruturas do edifício existem zonas de sombra, meia sombra e sol.



Figura 4.11 – Variedade de espécies de plantas na parede viva do Bessa Hotel

Liberdade

Fonte: Terracell

Quanto ao sistema de rega utilizado nesta parede viva, é um sistema de ferti-irrigação de gota a gota de modo a garantir que cada espécie de planta recebe a quantidade de água que necessita, bem como para o caso de ser necessário introduzir fertilizantes ou adubos, numa determinada espécie ou local, não interferir com o restante sistema de rega.

Tratando-se de uma estrutura viva, o crescimento e bom desenvolvimento das plantas requer um cuidado e acompanhamento extremo como qualquer jardim bem cuidado. A manutenção da parede verde é feita uma vez por semana, com recurso a escalada, de modo a alcançar todas as zonas e plantas existentes (Figura 4.12). As operações de manutenção que são realizadas nesta estrutura verde são as seguintes: poda, ajuste do sistema de rega, adubação, substituição de plantas, colocação de terra, controlo de infestantes, substituição de bolsas TERRAWALLY, limpeza geral, entre outros. As operações mais realizadas, em termos de intervenção direta na parede viva, são a poda de plantas, controlo de infestantes e ajustes ao sistema de rega.



Figura 4.12 – Operação de manutenção da parede viva do Bessa Hotel Liberdade
Fonte: Terracell

4.3. Caso de Estudo 3: Edifício habitacional

Nome: Edifício Habitacional

Localização: Rua Doutor António Cândido, nº4, Lisboa

Autor da parede verde: Jardins do Paço

Tipologia da parede verde: Parede Viva Contínua

Área da parede verde: 40 m²

Ano da instalação: 2014

Custo da obra: cerca de 12.000 €



Figura 4.13 – Edifício da Rua Dr. António Cândido

4.3.1. Caracterização do Edifício

O edifício em questão, localiza-se na Rua Doutor António Cândido, nº4, na freguesia de São Sebastião da Pedreira, em Lisboa, e foi uma recuperação de um edifício datado dos anos 40. Inserido numa rua em que a heterogeneidade de imagem do edificado é marcante, a proposta que foi apresentada procurou o equilíbrio formal e funcional.

Em termos de implantação, a fachada a tardoz foi alinhada pela empena do edifício confinante diminuindo, relativamente ao edifício existente, a profundidade do edifício em cerca de 6 metros, com o conseqüente benefício em termos de insolação e salubridade para os lotes confinantes e foi mantida a mesma altura do edifício existente. Este edifício habitacional apresenta 5 pisos (R/C + 4 pisos). O piso 0, destina-se à entrada principal e estacionamento para os fogos e, nos pisos 1 a 4, situam-se dois apartamentos duplex.

Na fachada principal existe um jardim vertical, que envolve os vãos, em que a plantação da flora adequada permite a variação do aspeto do edifício com a passagem das estações, com a floração das diversas espécies a surgir em diferentes alturas do ano. Segundo os responsáveis pelo projeto, a escolha pela instalação de uma parede verde deveu-se por apresentar um aspeto positivo na conceção dos espaços habitacionais e reforçam a sensação de calma e confiança ao estabelecer e relação com a natureza. Mas também devido a benefícios mais técnicos, como as vantagens de impermeabilização e isolamento (térmico e acústico) e, também, pela importância para o conforto físico (Figura 4.14).



Figura 4.14 – Parede verde do edifício habitacional da Rua Dr. António Cândido

4.3.2. Caracterização da Parede Verde

A parede verde em estudo encontra-se na fachada principal de um edifício habitacional, como foi referido, e ficou a cargo da empresa Jardins do Paço, tendo sido instalada em 2014. Segundo a constituição do sistema da parede verde, e de acordo com a classificação adotada no capítulo anterior, esta parede verde pode-se classificar como uma parede viva contínua (Figura 4.15).



Figura 4.15 – Parede viva contínua do edifício em estudo

O jardim vertical está fixado a uma estrutura metálica, que serve de estrutura de suporte, onde são fixados painéis de PVC que suportam as mantas de irrigação, com a aplicação de agrafes de fixação em aço inox. Estas mantas de irrigação são fabricadas com fibras absorventes, permitindo a manutenção da humidade, em condições de hidroponia. As tubagens horizontais de rega, encontram-se entre as duas mantas de irrigação, e na manta exterior são abertos rasgos onde se colocam as plantas.

A fachada onde foi instalada a parede viva tem cerca de 40 m² e encontra-se orientada a norte, sendo composta por quase 1300 plantas de cerca de 30 espécies diferentes (Figura 4.16). Na Tabela 4.2 são apresentadas as espécies de plantas utilizadas na parede viva do edifício habitacional em estudo, incluindo para além do nome da espécie, a abreviatura, o tipo e o número de unidades de cada espécie.

Tabela 4.2 – Lista das principais espécies que compõem a Parede Verde do edifício da Rua Dr. Antônio Cândido

Fonte: Jardins do Paço

Espécies	Abreviatura	Tipo	Unidades
Abelia grandiflora "nana"	Ab	Arbustivas	25
Callistemon citrinus	Cc	Arbustivas	25
Cuphea hyssopifolia	Cu	Arbustivas	20
Fuchsia hybrida	Fu	Arbustivas	25
Pelargonium peltatum	Pp	Arbustivas	35
Agapanthus umbellatus	Ag	Herbáceas	26
Aspidistra elatior	Ae	Herbáceas	60
Asparagus spregerii	As	Herbáceas	40
Asparagus falcatus	Af	Herbáceas	47
Aucuba japonica	Au	Herbáceas	60
Bergenia crassifolia	Bc	Herbáceas	61
Begonia rex	Br	Herbáceas	20
Clivia miniata	Cm	Herbáceas	100
Chlorophytum comosum	Cl	Herbáceas	127
Crocosmia lucifer	Cr	Herbáceas	61
Liriope muscarii	Li	Herbáceas	50
Ligularia macrophylla	Lm	Herbáceas	20
Monstera deliciosa	Md	Herbáceas	41
Peperomia sp.	Pe	Herbáceas	64
Pilea cadierii	Pi	Herbáceas	40
Platynerium bifurcatum	Pb	Herbáceas	30
Pteris cretica	Pt	Herbáceas	30
Primula sinensis	Ps	Herbáceas	30
Soleirolia soleiroliae	Ss	Herbáceas	67
Sedum sp.	Se	Herbáceas	30
Saxifraga stolonifera	Sa	Herbáceas	15
Ficus repens	Fr	Trepadeiras	45
Hedera helix	He	Trepadeiras	40
Hedera helix variegata	Hv	Trepadeiras	50



Figura 4.16 – Variedade de espécies de plantas na parede viva do edifício habitacional da Rua Dr. Antônio Cândido

Em termos de irrigação, para a parede viva em causa estão previstas cerca de 4 a 5 regas diárias com uma duração média de 3 minutos, através do sistema de rega gota-a-gota. O jardim vertical será fertilizado diariamente, com recurso ao sistema de ferti-irrigação instalado.

A manutenção do jardim vertical instalado na Rua Dr. António Cândido, nº4, em Lisboa, pretende garantir o bom estado de conservação e vida útil das plantas e equipamentos. Para tal existem vários trabalhos, de periodicidades diferentes, que são necessários serem efetuados. Com uma periodicidade quinzenal, é efetuada a verificação do estado fisiológico e fitossanitário das plantas, a verificação do estado de humidade da tela de irrigação e a limpeza do ralo de escoamento de caleira de recolha de águas. Os trabalhos, de periodicidade bi-mensal, são a verificação dos agramos de fixação junto às bolsas de plantação, limpeza das folhas das plantas e aplicação de abrillantador (caso necessário), a execução de podas de formação e de controlo do limite das manchas, por trabalho de escalada, procedendo-se ainda ao corte dos ramos secos ou doentes, e ainda a substituição das plantas mortas ou das que apresentem deficiente estado vegetativo. Por fim, poderá haver trabalhos a executar quando necessário, que é o caso do tratamento fitossanitários (sempre que se verifique o aparecimento de qualquer praga ou doença), a verificação das fixações de manta, plantas e substituição dos pedaços de manta que se encontrem danificados, e correções ao sistema de rega, resultante do crescimento das plantas.

4.4. Caso de Estudo 4: “A Valenciana”

Nome: Restaurante “A Valenciana”

Localização: Rua Marquês Fronteira, Campolide, Lisboa

Autor da parede verde: Terracell e ÁreaGolfe

Tipologia da parede verde: Parede Viva Modular

Área da parede verde: 327 m²

Ano da instalação: 2016

Custo da obra: cerca de 93.000 €



Figura 4.17 – Parede Verde do restaurante A Valenciana

4.4.1. Caracterização da Parede Verde

A parede verde em estudo está localizada na freguesia de Campolide, em Lisboa, na região externa da edificação, mais precisamente na fachada principal, do restaurante “A Valenciana”, sendo considerada segundo a classificação adotada no capítulo 3, como uma parede viva modular. A parede foi construída pela empresa ÁreaGolfe e instalada em 2016, sendo responsável pela manutenção até 2018. Após esse período a parede verde em questão, ficou a cargo da empresa Terracell, que assumiu o controle da manutenção e rega da mesma (Figura 4.18).



Figura 4.18 – Fachada principal com parede viva em A Valenciana

A solução adotada para esta obra foi o sistema de bolsas TERRAWALLY, da empresa Terracell, pois, considerando a dimensão da fachada, o local de exposição e as necessidades de manutenção de um sistema de parede viva, a solução TERRAWALLY é a que melhores condições oferece. As bolsas flexíveis são um sistema pré-fabricado de bolsas com recurso a substrato, estas são fabricadas com um material geotêxtil permeável que não deixa passar a humidade para a parede do edifício, como foi explicado no caso de estudo 2 (Figura 4.9).

O conjunto de bolsas flexíveis é preso a uma estrutura metálica que serve de suporte para estas e para as tubagens do sistema de irrigação, sendo fixada a uma distância de cerca de 1 metro da parede exterior do edifício, permitindo o acesso à parte interna da parede viva para eventuais serviços de manutenção (Figuras 4.19, 4.20 e 4.21).



Figura 4.19 – Estrutura metálica instalada como suporte para a parede viva do A Valenciana

Fonte: Terracell



Figura 4.20 – Sistema de bolsas TERRAWALLY utilizado na parede viva no A Valenciana

Fonte: Terracell



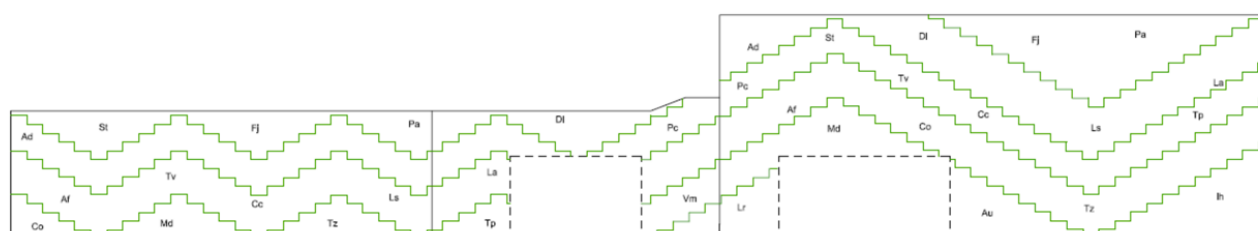
Figura 4.21 – Fase final da instalação da parede viva no A Valenciana

Fonte: Terracell

A fachada onde foi efetuada a instalação da parede viva encontra-se orientada a sul, sendo composta por cerca de 20 espécies diferentes, cada uma delas com percentagens de utilização variadas (Figura 4.22, 4.23 e 4.24). Na Tabela 4.3, são apresentadas as espécies de plantas utilizadas na parede viva do restaurante “A Valenciana”, bem como a percentagem de utilização das mesmas.

Tabela 4.3 – Lista das principais espécies que compõem a parede verde do A Valenciana
Fonte: Terracell; ÁreaGolfe

Espécies	Abreviatura	Porcentagem de utilização (%)
Asparagus Densiflorus	AD	10%
Asparagus Falcatus	AF	10%
Agapanthus Umbellatus	AU	2,5%
Chorophytum Comosum	CC	7,5%
Monstera Deliciosa	MD	5%
Tulbaghia Violacea	TV	2,5%
Trandescantia Pallide	TP	2,5%
Trandescantia Zebrina	TZ	2,5%
Carex Oshimensis	CO	10%
Liriope Spicata	LS	7,5%
Iresine Herbsteri	IH	1,0%
Polygonum Capitatum	PC	2,5%
Fatsia Japonica	FJ	10%
Lavandula SP	LA	7,5%
Lampranthus Roseus	LR	1,0%
Duchesnea Indica	DI	1,0%
Vinca Major	VM	2,5%
Carex Nan Oshimensis	CO	10%
Stipa Tenuissima	ST	2,0%
Pennisetum Alopecuroides	PA	2,5%



LEGENDA

AD	ASPARGUS DENSIFLORUS	10%
AF	ASPARGUS FALCATUS	10 %
AU	AGAPANTHUS UMBELLATUS	2,5%
CC	CHOROPHYTUM COMOSUM	7,5%
MD	MONSTERA DELICIOSA	5%
TV	TULBAGHIA VIOLACEA	2,5%
TP	TRANDESCANTIA PALLIDE	2,5%
TZ	TRANDESCANTIA ZEBRINA	2,5%
CO	CAREX OSHIMENSIS	10%
LS	LIRIOPE SPICATA	7,5%
IH	IRESENE HERBSTII	1,0%
PC	POLYGONUM CAPITATUM	2,5%
FJ	FATSIA JAPONICA	10%
LA	LAVANDULA SP	7,5%
LR	LAMPYRANTHUS ROSEUS	1,0%
DI	DUCHESNEA INDICA	1,0%
VM	VINCA MAJOR	2,5%
CO	CAREX NAN OSHIMENSIS	10%
ST	STIPA TENUISSIMA	2,0%
PA	PENNISETUM ALOPECUROIDES	2,5%

Figura 4.22 – Alçada da parede viva com divisão por espécies
Fonte: ÁreaGolfe



Figura 4.23 – Pormenor da variedade das espécies utilizadas numa das extremidades da parede viva do A Valenciana

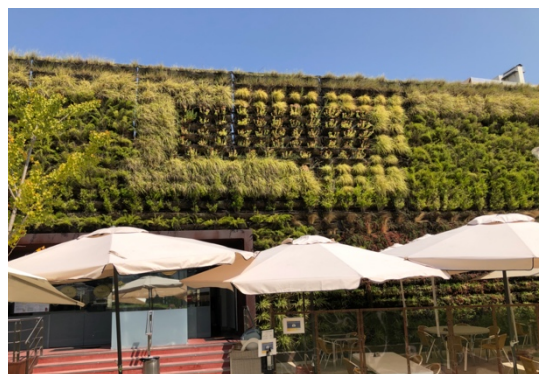


Figura 4.24 – Pormenor da variedade das espécies utilizadas na parede viva do A Valenciana

O sistema de rega é composto por um conjunto de bombas e tubagens localizados atrás da parede, sendo que em cada nível de bolsas, existe uma tubagem horizontal com orifícios. Estes orifícios servem para o sistema de ferti-irrigação de gota a gota, que garante que cada espécie de planta recebe a quantidade de água necessária. Apesar de não existir necessariamente um furo por bolsa, como as bolsas na mesma linha não possuem separação física evidente, a água que sai dos orifícios é compartilhada pelas plantas e bolsas localizadas no mesmo nível (Figura 4.25).



Figura 4.25 – Tubagem do sistema de ferti-irrigação da parede viva do A Valenciana

Em termos de manutenção, esta contempla várias operações, sendo elas: a poda, ajuste do sistema de rega, adubação, substituição de plantas, colocação de terra, controlo de infestantes, substituição de bolsas TERRAWALLY, limpeza geral, entre outros. As operações mais realizadas, em termos de intervenção direta na parede viva, são a poda de plantas, controlo de infestantes e ajustes ao sistema de rega.

Aquando da visita efetuada ao local, foi visível um problema de vazamento excessivo através do material das bolsas modulares provocando escoamento de água nas paredes laterais, a oeste e este, da parede viva do edifício do restaurante “A Valenciana” (Figuras 4.26 e 4.27).



Figura 4.26 – Escorrimento na parede lateral, a oeste, na parede viva do A Valenciana



Figura 4.27 – Escorrimento na parede lateral, a este, na parede viva do A Valenciana

4.5. Caso de Estudo 5: Atelier Sidney Quintela

Nome: Atelier Sidney Quintela

Localização: Cais do Gás, Armazém H, Lisboa

Autor da parede verde: Clorofila Jardins

Tipologia da parede verde: Parede Viva Modular

Área da parede verde: 38 m²

Ano da instalação: 2020

Custo da obra: cerca de 17.000 €



Figura 4.28 – Parede verde do Atelier Sidney Quintela

4.5.1. Caracterização da Parede Verde

A parede verde do Atelier Sidney Quintela, está localizada no Cais do Gás, Armazém H, na zona do Cais do Sodré, em Lisboa, na fachada principal, do mesmo, sendo considerada segundo a classificação adotada no capítulo 3, como uma parede viva modular, tendo sido instalada em 2020, pela empresa Clorofila Jardins.

O sistema da parede viva é composto por uma estrutura de fixação, fixada à parede, com um espaçamento de cerca de 4 cm, onde existe uma caixa de ar que funciona como um eficiente sistema de isolamento térmico e sonoro (Figura 4.29). São fixadas à estrutura placas de PVC, que funcionam como estrutura de suporte a todo o sistema, e não permitem a passagem de humidade para a parede. A tela absorvente de fixação das plantas, fixada às placas de PVC, feita de manta de geotêxtil, com uma dimensão de 2000 x 1500 mm, em forma de bolsas, permite que as raízes das mesmas cresçam nas bolsas (Figura 4.30). Fazem ainda parte do sistema da parede verde um sistema de irrigação gota-a-gota automática e uma caleira de recolha das águas excedentes da rega, para além da vegetação presente na parede verde.



Figura 4.29 – Instalação da estrutura de fixação da parede viva do Atelier Sidney Quintela
Fonte: Clorofila Jardins



Figura 4.30 – Pormenor da tela absorvente da parede viva do Atelier Sidney Quintela

A fachada onde foi efetuada a instalação da parede viva encontra-se orientada a norte, tendo uma área de 38 m² e sendo composta por cerca de 10 espécies diferentes, cada uma delas com percentagem de utilização variadas (Figura 4.31). Na Tabela 4.4, apresentada de seguida, são apresentadas as espécies de plantas utilizadas na parede viva do Atelier Sidney Quintela, bem como a número de unidades das mesmas.

Tabela 4.4 – Lista das espécies que compõem a Parede verde do Atelier Sidney Quintela
Fonte: Clorofila Jardins

Espécies	Unidades
Ajuga other Black Scallop	114
Asplenium Parvati	52
Campanula	68
Ficus pumilla "green sunny"	215
Heuchera Forever purple	60
Heuchera other indian summer	56
Juncus effusus "spiralis"	46
Nephrolepis exaltata green lady	35
Nephrolepis exaltata vitale	65
Platycodon grandiflora	53

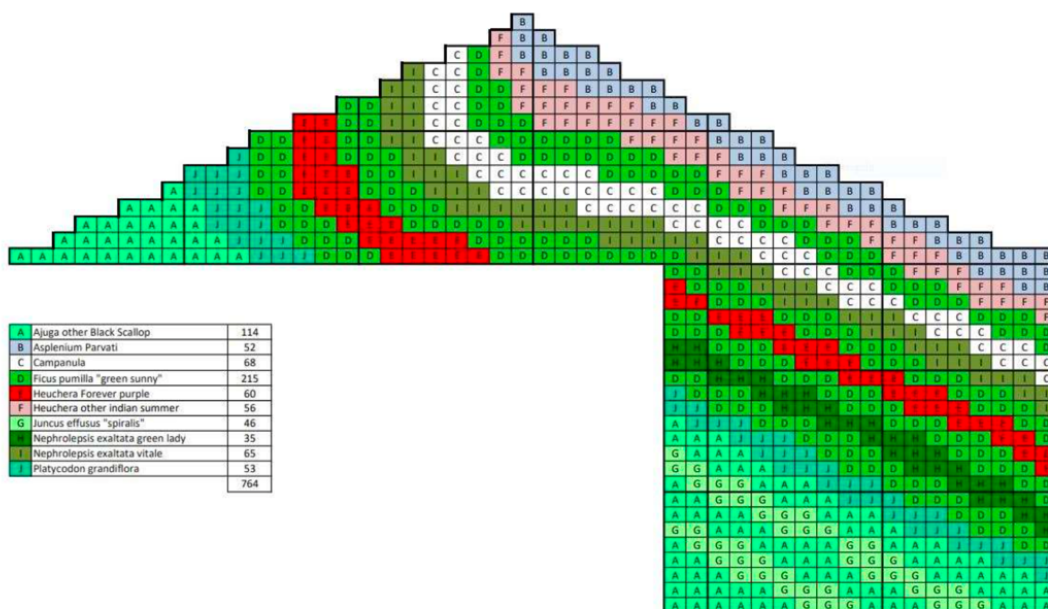


Figura 4.31 – Esquema de plantação da parede viva do Atelier Sidney Quintela
Fonte: Clorofila Jardins

Na parede viva, em estudo, existem duas linhas de rega, assinaladas na Figura 4.32, com uma linha da tonalidade avermelhada, utilizado um sistema de microaspersores, funcionando com rega gota a gota, e estes instalados em cada bolsa. A rega gota a gota, como é instalada no topo do jardim, encharca as telas e rega as raízes das plantas. Por gravidade a água passa de bolsa em bolsa.

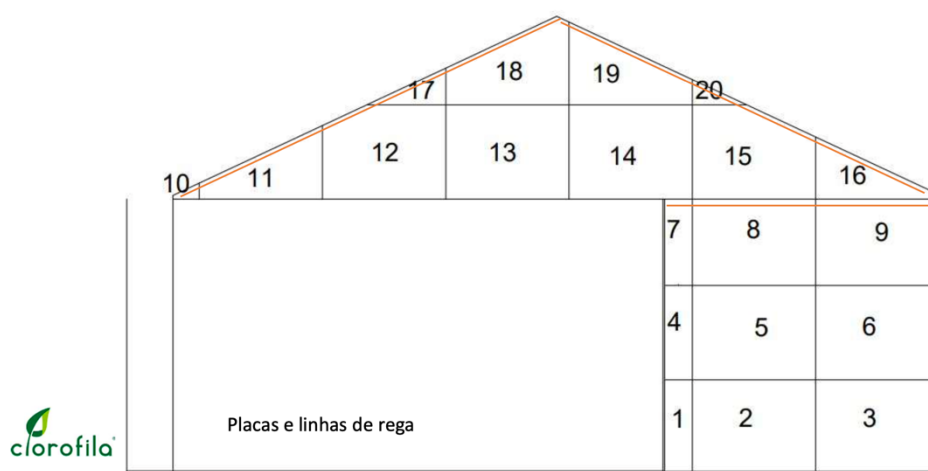


Figura 4.32 – Esquema das linhas de rega da parede viva do Atelier Sidney Quintela

Fonte: Clorofila Jardins

Em termos de manutenção, após contacto, em julho, com a empresa Clorofila Jardins, foi esclarecido que a parede viva do Atelier Sidney Quintela, não foi sujeita a qualquer tipo de manutenção, desde a sua instalação, há cerca de um ano atrás. Aquando da visita ao local, em agosto foi possível verificar que a mesma se encontrava em mau estado, devido à falta de manutenção, encontrando-se bolsas, da tela absorvente, vazias, com lixo, e plantas mortas (Figuras 4.33 e 4.34).



Figura 4.33 – Bolsas, da tela absorvente, vazias na parede viva do Atelier Sidney Quintela



Figura 4.34 – Plantas mortas na parede viva do Atelier Sidney Quintela

Após efetuado o último contacto com a empresa responsável, em setembro, foi dada a informação que o jardim vertical do Atelier Sidney Quintela tinha sofrido uma recuperação, sendo possível verificar as diferenças da parede verde em questão, antes e depois da recuperação sofrida. É pois possível concluir que é indispensável haver uma manutenção periódica neste tipo de sistemas (Figuras 4.35 e 4.36).

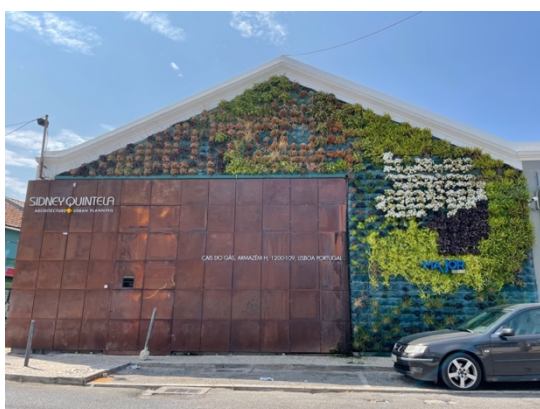


Figura 4.35 – Parede viva do Atelier Sidney Quintela sem manutenção



Figura 4.36 – Parede viva do Atelier Sidney Quintela após recuperação



Figura 4.37 – Pormenor da parte direita da parede viva do Atelier Sidney Quintela, após a recuperação

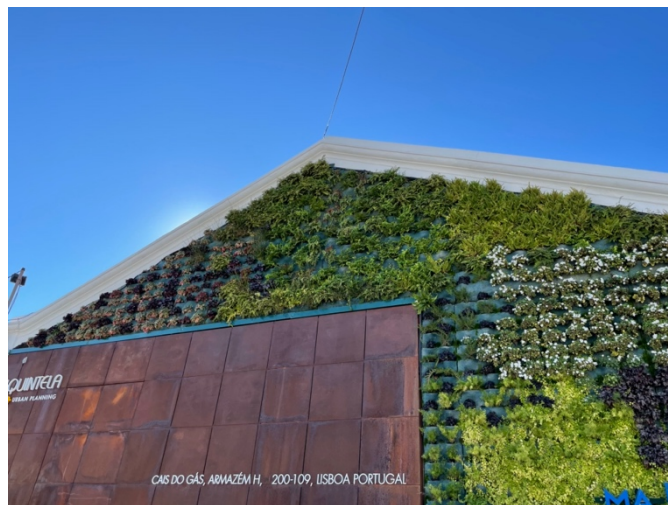


Figura 4.38 – Pormenor da parte superior da parede viva do Atelier Sidney Quintela, após a recuperação

4.6. Caso de Estudo 6: Hotel Hotel

Nome: Hotel Hotel

Localização: Travessa Glória, nº 22, Lisboa

Autor da parede verde: Vertical Garden Design e Workin Garden

Tipologia da parede verde: Parede Viva Modular

Área da Parede Verde: 95 m²

Ano da instalação: 2021

Custo da obra: não facultado



Figura 4.39 – Parede verde da unidade hoteleira Hotel Hotel
Fonte: Workin Garden

4.6.1. Caracterização da Parede Verde

A parede verde em estudo está localizada na Travessa Glória, nº 22, em Lisboa, mais precisamente na unidade hoteleira Hotel Hotel, cuja inauguração ainda não aconteceu, mas encontra-se para breve (Figura 4.40). O hotel em questão resulta de uma reabilitação de um edifício de 5 pisos, tendo ainda um pátio exterior com piscina, onde se localiza a parede verde.



Figura 4.40 – Parte da fachada principal do Hotel Hotel

Fonte: <https://www.instagram.com/ohotelhotel/>, obtido a 18 outubro 2021

A infraestrutura verde em estudo, foi projetada pela empresa sueca Vertical Garden Design e instalada, pela representante em Portugal, a Workin Garden. A parede verde é classificada como uma parede viva modular. Esta apresenta um sistema, que consiste em placas impermeáveis, onde é fixada manta de geotêxtil com bolsas, montada em perfis metálicos com uma calha de drenagem, colocada no fundo do sistema (Figuras 4.41 e 4.42).



Figura 4.41 – Colocação das placas impermeáveis da parede viva no Hotel Hotel
Fonte: Workin Garden

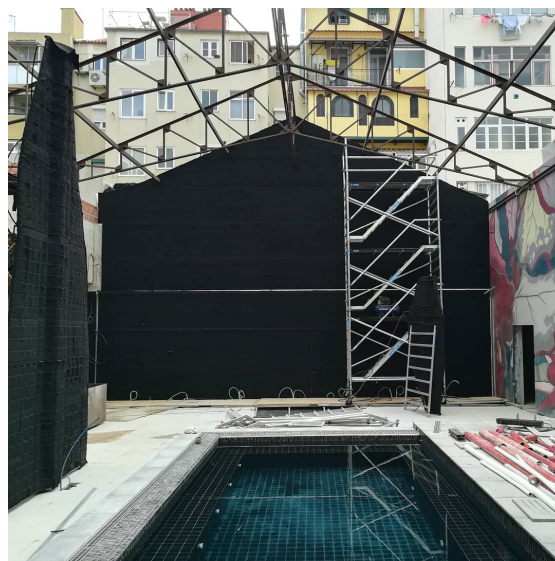


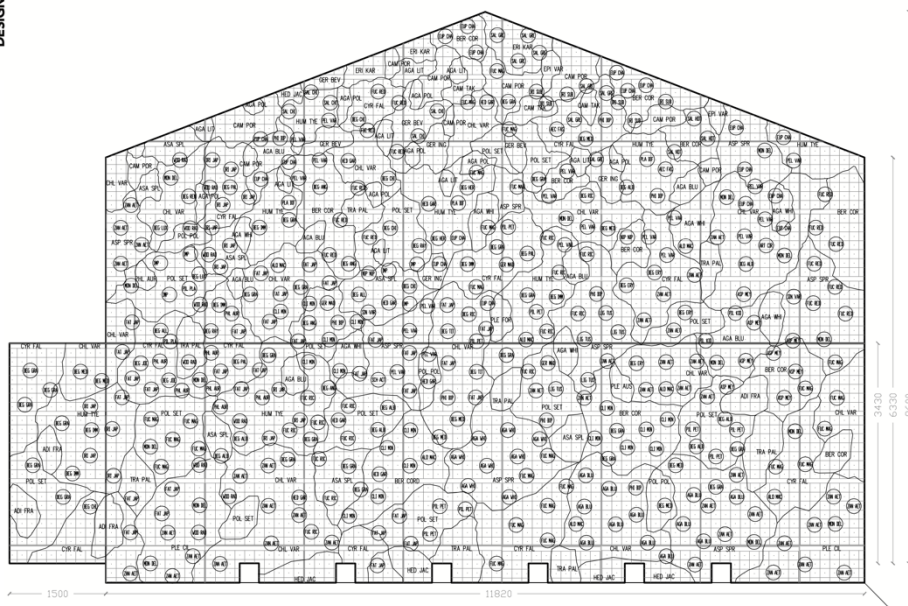
Figura 4.42 – Fixação da manta de geotêxtil da parede viva no Hotel Hotel
Fonte: Workin Garden

A fachada onde foi efetuada a instalação da parede viva encontra-se orientada a nordeste, no pátio exterior do hotel, onde se encontra protegido por edifícios envolventes. A parede verde tem uma área de 95 m², e é composta por cerca de 100 espécies diferentes, tendo sido a instalação da mesma efetuada em 2021 (Figuras 4.43, 4.44 e 4.45).

KEY	SPECIES	CHL VAR	Chlorophytum com var	NIP NIP	Nipponanthemum niponicum
ADI FRA	Adiantum fragrans	CHL GRE	Chlorophytum comosum 'Lemon'	PAC TER	Pachysandra terminalis
AEC FAS	Aechmea fasciata	CLI MIN	Clivia miniata	PEL VAR	Pelargonium var
AGA LIT	Agapanthus 'Little Dutch Blue'	COL ESC	Colocasia esculenta 'Black Magic'	PHI BIP	Philodendron bipinnatifidum
AGA POL	Agapanthus 'Polar Ice'	COL BUR	Colocasia esculenta Burgundy Stem	PHI XAN	Philodendron xanadou
ALO MAC	Alocasia macrorrhiza	CYR FAL	Cyrtanthium falcatum	PHL AUR	Phlebodium aureum
ART CIR	Arthropodium cirratum	DAV CAN	Davallia canariensis	PIL KIO	Pilea kiotensis
ASA SPL	Asarum splendens	DRY SIE	Dryopteris sieboldii	PIL PET	Pilea petiolaris
ASP MEY	Asparagus meyeri	EPI VAR	Epiphyllum var	PIL PLA	Pilea plataniflora
ASP SPR	Asparagus sprengeri	EUP CHA	Euphorbia characias	PLA BIF	Platycerium bifurcatum
BEG PAL	Begonia 'Palomar Prince'	FAS BIC	Fascicularia bicolor	PLE AUS	Plectranthus australis
BEG IMM	Begonia 'Immense' (storl)	FAT JAP	Fatsia japonica	PLE CIL	Plectranthus ciliatus
BEG ALB	Begonia Albo Picta (angel)	FIC PUM	Ficus pumila	PLE FOR	Plectranthus forsteri marginatus
BEG ALL	Begonia Alleryi	FIC VAR	Ficus pumila var	PLE NEO	Plectranthus neochilus
BEG ANG	Begonia angularis 'NT'	FIC MAC	Ficus macrophylla	POL VUL	Polypodium vulgare
BEG CHI	Begonia chitensis	FUC MAG	Fuchsia magellanica 'Gracilis'	POL POL	Polystichum polyblepharum
BEG ERY	Begonia erythrophylla	FUC RED	Fuchsia 'Red shadow'	POL SET	Polystichum setiferum
BEG GRA	Begonia grandis	FUC RIC	Fuchsia 'Richartoni'	PTE CRE	Pteris cretica var. albolineata
BEG HER	Begonia heraclefolia	GER BEV	Geranium macrorrhizum 'Bevan's variety'	PTE VIT	Pteris vittata
BEG JOE	Begonia Joe Hayden	GER ING	Geranium macrorrhizum 'Ingwersens var'	RUS EQU	Ruselia equisetiformis
BEG LUX	Begonia Luxurians Zresenhenne	GER MAD	Geranium maderense	SAL CHI	Salvia chiapensis
BEG MED	Begonia medora	HED JAC	Hedera 'Jacobine'	SAL GRE	Salvia greggi 'Red'
BEG RAY	Begonia Rayon vert	HED	Hedychium gardenianum	SAL HOT	Salvia 'Hot lips'
BEG REN	Begonia Reniformis	HOM PLA	Homalocladium platycladum	SCH ARB	Schefflera arboricola
BEG RIC	Begonia Richmondensis	HUM TYE	Humata tyermanni	SED BUR	Sedum 'Burrito'
BEG RII	Begonia Ricinifolia	IMP	Impatiens var	SIN	Sintra var
BEG TIT	Begonia Titi Carmen	IRI JAP	Iris japonica	TRAP PAL	Tradescantia pallida
BEG ULM	Begonia Ulmifolia	IRI ALB	Iris japonica 'Alba'	VIN DIF	Vinca difformis
BER COI	Bergenia cordifolia	IRI POL	Iris japonica 'Polyploide'	WOO RAD	Woodwardia radicans
CAM COC	Campanula cochlearifolia	IRI SUB	Iris subiflora	XAN SAG	Xanthosoma sagittifolium
CAM POR	Campanula portenschlagiana	LIG TUS	Ligularia tusilaginea	XAN VIO	Xanthosoma violaceum
CAM TAK	Campanula takesimana	MON DEL	Monstera deliciosa	ZAN AET	Zantedeschia aethiopica
		NEP COR	Nephrolepis cordifolia		

Figura 4.43 – Listagem das espécies utilizadas na parede viva no Hotel Hotel

Fonte: Vertical Garden Design



PLANTING PLAN VERTICAL GARDEN
PROJECT: HOTEL TR. GLORIA DATE: 2019-09-16

Figura 4.44 – Alçado da parede viva com divisão por espécies do Hotel Hotel

Fonte: Vertical Garden Design



Figura 4.45 – Variedade de espécie de plantas na parede viva do Hotel Hotel
Fonte: Workin Garden

O sistema de irrigação é um sistema de gota-a-gota com injeção de fertilizantes, sendo os níveis de injeção controladas por um injetor eletrónico de fertilizantes.

O jardim vertical precisa de manutenção no mínimo 1–2 vezes por ano para poda. A manutenção consiste adicionalmente em check-ups regulares para monitorização do sistema de irrigação, reabastecimento de fertilizante, controle de pragas, limpeza de folhas secas e pequenas podas.

Devido ao facto de a unidade hoteleira em questão ainda não ter aberto ao público, não foi possível obter muitas informações junto dos responsáveis do hotel e da empresa que executou o próprio jardim vertical (Figura 4.46).



Figura 4.46 – Visão geral da parede viva do Hotel Hotel
Fonte: Workin Garden

4.7. Síntese do Capítulo

Após a análise dos casos de estudo apresentados é possível perceber, que há já quase uma década, que existem edifícios com paredes vivas em Portugal, estando a tornar-se uma prática mais comum nos últimos cinco anos, havendo cada vez mais empresas especializadas.

Foi possível perceber que as empresas portuguesas usam ambos os sistemas de parede viva apresentados no capítulo anterior, o tipo modular e contínuo, sendo que nas paredes vivas modulares são usados, em todos os casos de estudo, os sacos flexíveis.

Em termos de sistema de irrigação todos as paredes vivas analisadas usam o sistema de gota-a-gota, sendo que recorrem sempre à utilização de fertilizantes, exceto o caso de estudo do Atelier Sidney Quintela, em que não me foi dada qualquer informação a esse respeito.

A manutenção nos casos de estudo 1 a 5 foi feita periodicamente, com algumas podas, reabastecimento de fertilizante, monitorização do sistema de irrigação, controle de pragas e limpeza de folhas secas. No caso de estudo 6, não foi efetuada qualquer manutenção, desde a sua instalação, tendo a maioria das plantas do jardim vertical morrido. Isto comprova que é muito importante haver uma manutenção regular neste tipo de sistema.

Em seguida é apresentada uma tabela com a síntese dos casos de estudos apresentados, contendo as principais características dos mesmos.

Tabela 4.5 – Síntese dos casos de estudo apresentados

	Caso de estudo 1	Caso de estudo 2	Caso de estudo 3	Caso de estudo 4	Caso de estudo 5	Caso de estudo 6
Nome	Morada Travessa do Patrocínio	Bessa Hotel Liberdade	Rua Dr. António Cândido	A Valenciana	Atelier Sidney Quintela	Hotel Hotel
Localização	Tv. do Patrocínio, Lisboa	Av. da Liberdade, Lisboa	São Sebastião da Pedreira, Lisboa	Campolide, Lisboa	Cais do Sodré, Lisboa	Tv. Glória, Lisboa
Tipologia de edifício	Morada unifamiliar	Unidade hoteleira	Edifício habitacional	Restaurante	Edifício comercial	Unidade hoteleira
Tipologia da parede verde	Parede viva contínua	Parede viva modular	Parede viva contínua	Parede viva modular	Parede viva modular	Parede viva modular
Ano de instalação	2012	2014	2014	2016	2020	2021
Área de implantação	100 m ²	315 m ²	40 m ²	327 m ²	38 m ²	95 m ²
Autor da parede verde	LC Vertical Gardens	Terracell	Jardins do Paço	Terracell	Clorofila Jardins	Vertical Garden Design / Workin Garden
Plantas / Espécies	4500 plantas / 25 espécies	1000 plantas / 13 espécies	1300 plantas / 30 espécies	20 espécies	10 espécies	100 espécies
Orientação	Sudeste e Nordeste	Sudeste	Norte	Sul	Norte	Nordeste
Irrigação	Sistema gota-a-gota + fertilizantes	Sistema gota-a-gota + fertilizantes	Sistema gota-a-gota + fertilizantes	Sistema gota-a-gota + fertilizantes	Sistema gota-a-gota	Sistema gota-a-gota + fertilizantes
Manutenção	Periodicamente	Periodicamente	Periodicamente	Periodicamente	Não teve	Periodicamente
Custo da instalação	Não facultado	85 000,00 €	12 000,00 €	93 000,00 €	17 000,00 €	Não facultado

5. SIMULAÇÃO: ENVI-MET

Neste capítulo, o modelo de microclima ENVI-met foi adotado para verificar alguns dos resultados térmicos obtidos nos estudos mencionados no capítulo 3. Para isso foram simulados dois modelos simples de um paralelepípedo de 10x10x4 metros, onde um dos modelos apresenta paredes sem vegetação e, outro modelo, onde as paredes são cobertas com vegetação, sendo, portanto, paredes verdes. Na simulação pretendeu-se analisar a influência da orientação das fachadas, onde se usaram quatro parâmetros: a temperatura superficial exterior, a temperatura exterior perto da fachada, a temperatura superficial interior e a temperatura interior, dos dois modelos. Quanto ao modelo de paredes verdes fez-se ainda uma análise da influência percentagem de cobertura da vegetação, onde foram analisados os parâmetros: temperatura superficial exterior média e a temperatura interior. Todas as simulações foram efetuadas apenas para um período de 24 horas, para um dia específico de inverno e para um dia específico de verão, para o clima correspondente a Lisboa.

5.1. Introdução do Software

ENVI-met é um modelo de microclima tridimensional, alemão, projetado para simular as interações superfície-planta-ar, mas muito frequentemente usado para simular ambientes urbanos e para avaliar os efeitos de visões de arquitetura verde. É projetado para microescala com uma resolução horizontal típica de 0,5 a 10 metros e um período de tempo típico de 24 a 48 horas com um intervalo de tempo de 1 a 5 segundos. Esta resolução permite analisar as interações em pequena escala entre edifícios, superfícies e plantas individuais (ENVI-met site; Pérez et al., 2017).

O modelo é baseado nas leis fundamentais da mecânica dos fluídos, termodinâmica e nas leis da física atmosférica, incluindo a simulação de: fluxo de radiação de onda curta e onda longa; o sombreamento das estruturas; o comportamento térmico dos edifícios, considerando separadamente cada fachada e respetiva orientação; taxa de evapotranspiração e fluxo de calor sensível das áreas verdes, incluindo a simulação completa de todos os parâmetros físicos da planta; dispersão de gases e partículas; trocas de calor e humidade no solo, assim como o cálculo de alguns índices biometereológicos (ENVI-met site; Silva, 2018).

Com o ENVI-met, é possível simular o microclima urbano como um sistema interativo que consiste em dezenas de subsistemas dinâmicos que vão desde a dinâmica atmosférica, passando pela física do solo, passando pela resposta da vegetação, até o clima interno das edificações. Todos os sistemas, desde a hidrologia do solo até à simulação da energia da construção, são calculados num grande modelo, por exemplo, um bairro urbano. O sistema ENVI-met fornece dados de alta resolução

para qualquer um destes componentes, seja um edifício ou 500 edifícios, uma árvore ou 1500 árvores (ENVI-met site).

O modelo principal é concebido em 3D, com dois eixos horizontais (x e y), e um eixo vertical (z). Por se tratar de um modelo numérico, a área de interesse deve ser representada por células na grade ortogonal, sendo a célula o elemento de maior resolução. O tamanho determinado para cada célula deve levar em consideração que quanto menor a célula, mais células serão necessárias para a modelação de uma determinada área (Silva, 2018).

Para uma simulação mais precisa dos processos da camada limite é necessário que o modelo tenha uma altura mínima de 2,5 metros. Os criadores do software, sugerem que a altura mínima da grelha ortogonal, seja pelo menos duas vezes a altura da estrutura mais alta do modelo, principalmente se essa estrutura for um edifício (Silva, 2018).

A versão mais atualizada do ENVI-met (v 4.4) incorpora um novo módulo de parede verde para simular os efeitos da utilização de vegetação na fachada no desempenho energético dos edifícios e no clima externo. Assim, os utilizadores podem definir uma camada de vegetação mais uma camada de solo ao lado das paredes correspondentes e especificar a suas propriedades termofísicas e biológicas no arquivo de entrada do modelo. O modelo considera as trocas de calor e vapor dentro e entre o sombreamento da vegetação e a camada de substrato. Os principais parâmetros de entrada relacionados com as paredes verdes incluem o índice de área foliar (IAF), espessura das plantas, distribuição do ângulo da folha, emissividade, albedo, transmissividade, conteúdo de água do substrato e capacidade térmica. Os parâmetros de saída incluem temperatura, humidade, velocidade do vento e fluxos de calor dentro e fora do substrato e das camadas de sombreamento (Peng et al., 2019).

5.2. Configuração dos Modelos

Inicialmente é necessário definir o sistema construtivo das paredes e cobertura do modelo em estudo. Como se pretende simular dois tipos de sistemas construtivos diferentes, é necessário criar dois modelos distintos, como já foi mencionado anteriormente. Um dos sistemas construtivos pretende simular uma solução com paredes de betão, composta por betão, isolamento térmico e reboco; a outra solução pretende simular fachadas com paredes vivas, onde usa a parede de betão como parede de suporte e onde se acrescenta uma camada de ar e uma camada de vegetação, de 30 cm, com 15 cm de substrato, onde se utilizou a espécie *Hosta*, espécie muito utilizada nas paredes vivas.

De seguida dimensionou-se o modelo, no Spaces ENVI-met. Tanto o tamanho da grelha ortogonal quanto o tamanho da área de estudo podem afetar os resultados das simulações. Assim, optou-se por uma área de grelha de 30x30x10 metros, sendo que o modelo, tem a forma de um paralelepípedo, com as dimensões de 10x10x4 metros. Uma resolução fina de 1 metro foi usada nas três direções, nos dois eixos horizontais (x, y) e no eixo vertical (z), para capturar os parâmetros de saída diretamente nos pontos de medição (Figuras 5.1 e 5.2).

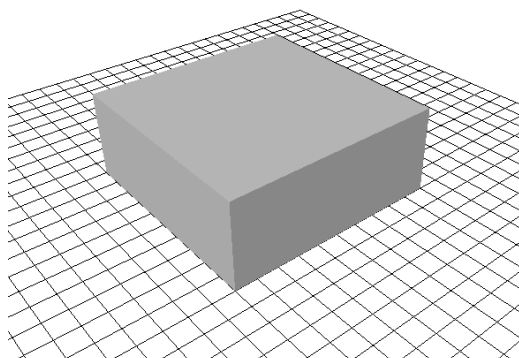


Figura 5.1 – Modelo de paredes tradicionais
Fonte: Spaces ENVI-met

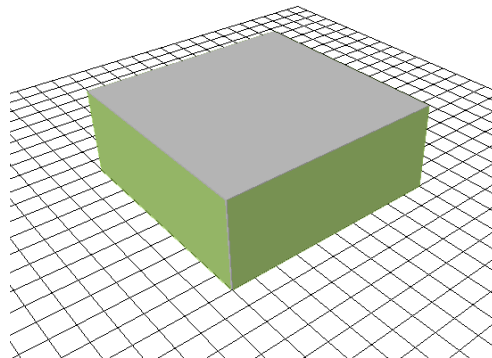


Figura 5.2 – Modelo de paredes verdes
Fonte: Spaces ENVI-met

Houve a necessidade de definir algumas condições meteorológicas para ambos os modelos. Primeiramente definiu-se o local pretendido para a estação meteorológica de Lisboa – Tapada da Ajuda (38,72 N, -9,13 W). Em seguida foi necessário definir alguns parâmetros como os dias de simulação, temperaturas do ar máxima e mínima, e direção e velocidade do vento. Para tal foram escolhidos dois períodos distintos, um dia referente ao período quente e outro dia referente ao período frio, a simulação foi efetuada para um período de 24 horas, tendo início às 07:00 da manhã. Assim sendo, escolheu-se o dia 14 janeiro (período de inverno), começando a simulação às 07:00, desse dia e terminando às 6:59 da manhã de 15 de janeiro; e o dia 14 de julho (período de verão), iniciando às 07:00 e concluindo às 06:59 da manhã do dia seguinte. As temperaturas, máxima e mínima, foram de 11°C e 7°C,

respetivamente, para o período de inverno, e de 32°C e 16°C. para o período de verão. Quanto à velocidade do vento, foi registado uma velocidade de 3 m/s, para o período de inverno, e uma velocidade de 5 m/s, para o período de verão, sendo que em ambos os períodos a orientação do vento registada foi a orientação norte. Todos os dados climatéricos foram retirados da página web do IPMA (Instituto Português do Mar e da Atmosfera). Em seguida é apresentada uma tabela com o resumo de todos os parâmetros de entrada chave colocados no software (Tabela 5.1), sendo alguns destes parâmetros, como a condutibilidade térmica e espessura do isolamento térmico, definidos pelo próprio software.

Tabela 5.1 – Parâmetros de entrada chave no ENVI-met

Parâmetros de entrada			Valores
Condições Metereológicas	Tempeartura do ar (°C)	Inverno	Tmáx = 11°C ; Tmin= 7°C
		Verão	Tmáx = 32°C ; Tmin= 16°C
	Velocidade do vento (m/s)	Inverno	3
		Verão	5
	Orientação do vento	Inverno	Norte
		Verão	Norte
Edifício	Espessura da parede (cm)		31
	Espessura do Isolamento Térmico (cm)		12
	Condutibilidade Térmica (W/(m.K))		0,44
	Refletividade		0,5
	Emissividade		0,9
	Absorção		0,5
Parede Verde	Espessura da vegetação (cm)		30
	Espessura do substrato (cm)		15
	Índice Área Foliar (m2/m2)		3,5
	Espessura da camada de ar (cm)		10

Como foi referido anteriormente, também foi analisada a influência da percentagem de cobertura de vegetação. Para isso foi necessário criar mais três modelos, um referente a 25% de cobertura da vegetação, outro com 50% de cobertura com paredes vivas e, por fim, um com 75% de cobertura (Figuras 5.3, 5.4 e 5.5). Os modelos em nada diferem das soluções construtivas e dimensões acima descritas, a única diferença será a percentagem de cobertura da vegetação.

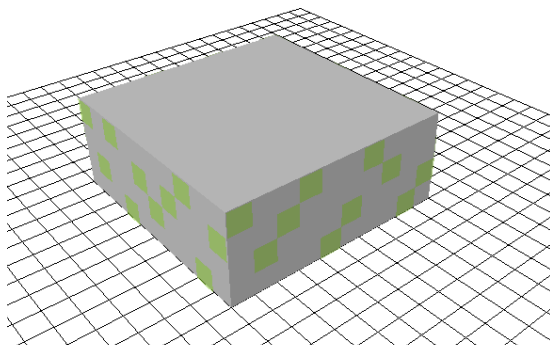


Figura 5.3 – Modelo de parede verde com 25% de cobertura de
vegetação
Fonte: Spaces ENVI-met

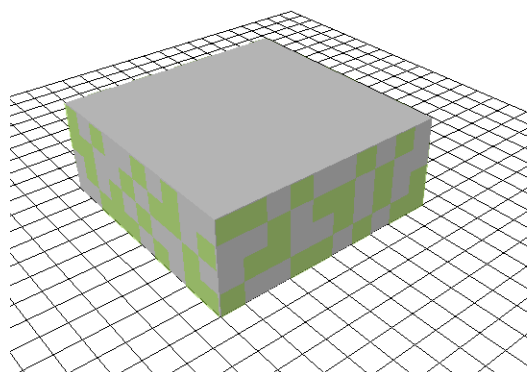


Figura 5.4 – Modelo de parede verde com 50% de cobertura de
vegetação
Fonte: Spaces ENVI-met

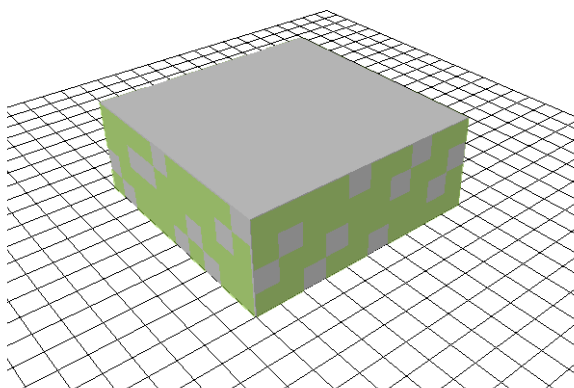


Figura 5.5 – Modelo de parede verde com 75% de cobertura de
vegetação
Fonte: Spaces ENVI-met

5.3. Avaliação do Desempenho dos Modelos

Para a avaliação da influência da orientação das fachadas, quatro variáveis foram selecionadas para avaliar o impacto das paredes verdes. Para determinar o efeito em ambientes internos, foram usadas a temperatura do ar interno e a temperatura superficial interior, que é emitida pelo ENVI-met. Os efeitos em ambientes externos, para a análise referente à influência da orientação, foram testados usando dois parâmetros: temperatura do ar e temperatura superficial exterior; para a análise referente à influência na percentagem de cobertura, foi usado apenas a temperatura superficial exterior média. No ENVI-met os parâmetros da temperatura do ar em frente da fachada e a temperatura do nó 1/exterior foram os parâmetros usados para a análise dos efeitos em ambientes externos, enquanto a temperatura do edifício (interior) e a temperatura do nó 7/interior foram os parâmetros usados para a análise do efeito das paredes verdes em ambientes internos.

Para a análise da influência da percentagem de cobertura de vegetação na fachada, foram selecionadas apenas duas variáveis, a temperatura superficial exterior média e a temperatura interior. No ENVI-met, o parâmetro da temperatura do ar em frente da fachada e a temperatura do nó 1/exterior foi utilizado para se obter a temperatura superficial exterior média, e o parâmetro temperatura do edifício (interior) para se obter a temperatura do interior.

Os padrões espaciais foram comparados usando o software de visualização Leonardo ENVI-met. As variações ao longo de todo o período de simulação para os diferentes parâmetros foram examinados usando o Microsoft Excel.

5.3.1. Influência da Orientação

Para verificar os efeitos da aplicação de paredes verdes nas diferentes orientações, analisou-se, a temperatura superficial exterior, temperatura do ar exterior perto da fachada, temperatura superficial interior e a temperatura interior, em todas as orientações, sul, oeste, norte e este, num período de 24 horas, para um dia referente ao período de inverno e outro referente ao período de verão, tal como foi referido anteriormente. Os modelos utilizados foram o modelo de paredes normais (Figura 5.1) e o modelo de paredes verdes (Figura 5.2). Todos os valores obtidos pelos ENVI-met foram retirados diretamente na frente da fachada na célula mais central.

- Temperatura Superficial Exterior

A temperatura superficial exterior (T_{se}) é um indicador do desempenho térmico de um edifício, pois determina a quantidade de calor transmitida aos espaços internos, bem como as trocas de calor por convecção e radiação com a atmosfera. Com o isolamento térmico fornecido pelas paredes verdes, uma T_{se} mais baixa pode ser esperada (Peng et al., 2019). Numa cidade italiana, a diferença máxima da T_{se} entre uma parede viva modular e uma parede de referência foi de 23°C, no verão, em dias ensolarados (Serra et al., 2017). No estudo de Pérez et al., também para o verão, houve uma redução da T_{se} entre os 15 e os 16°C, consoante a orientação da fachada da parede verde analisada (Pérez et al., 2011). Um estudo efetuado no inverno, na Catalunha, Espanha, relatou uma diferença da T_{se} na ordem dos 16,5°C para a fachada orientada a sul, de 4,5°C para a fachada voltada a este e para a fachada orientada a oeste houve uma diminuição de 6,5°C (Coma et al., 2017). Todos os estudos encontrados e analisados encontram-se apresentados no Anexo I.

As variações observadas nos estudos, apresentados acima, podem ser explicadas por uma combinação de efeitos, sendo um desses efeitos a orientação da fachada.

A variação da temperatura superficial exterior (ΔT_{se}), foi feita como a comparação entre a parede verde e a parede de betão, sendo $\Delta T_{se} = T_{se} \text{ parede verde} - T_{se} \text{ parede de betão}$. Os resultados obtidos para o período de inverno podem ser observados na Figura 5.6

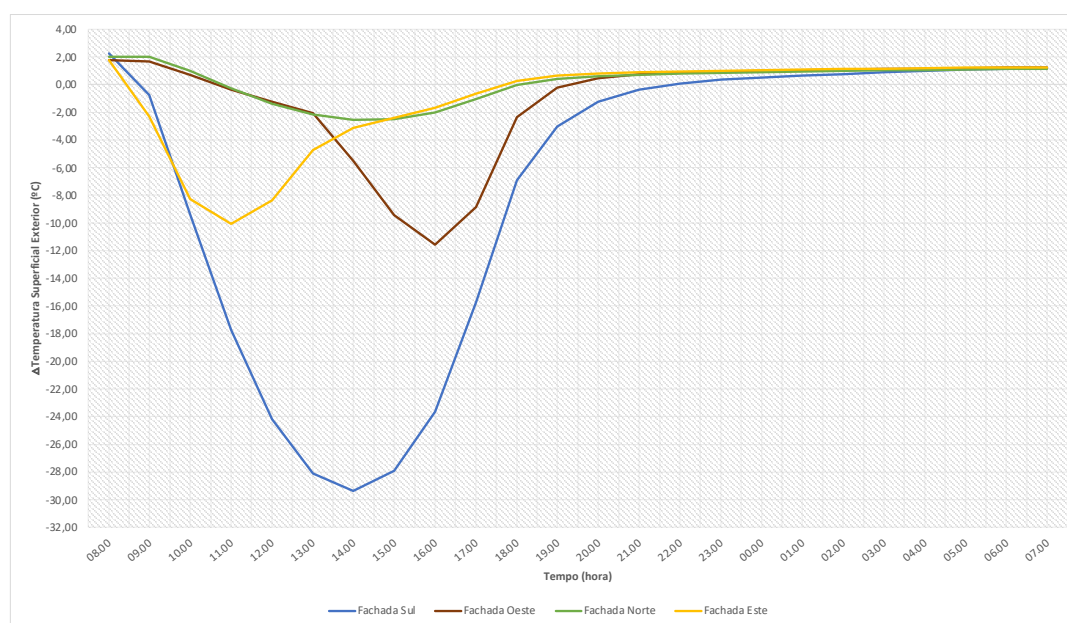


Figura 5.6 – Variação da Temperatura Superficial Exterior, para as diferentes fachadas, no período de inverno

Após a análise, para o período de inverno, foi possível verificar que, no período inicial e final da simulação, aproximadamente das 08.00h às 10.00h e cerca das 20.00h às 07.00h houve um aumento da ΔT_{se} , sendo a temperatura da fachada da parede verde superior à da parede de betão. Esse aumento de temperatura atinge o seu máximo às 08.00h com um valor de cerca de 2°C para todas as orientações. Das 10.00h às 20.00h houve uma diminuição da mesma, sendo que a T_{se} da parede de betão é sempre superior à da parede verde. A diminuição máxima foi registada para a fachada sul, onde se verifica uma diferença máxima, por volta das 14 horas, de 29,4°C. As restantes fachadas, oeste, norte e este, apresentam uma diminuição máxima da ΔT_{se} de 11,6°C, 2,6°C e 10,1°C, respetivamente, tendo sido registadas a diferentes horas.

Uma das razões para a grande ΔT_{se} da fachada sul para as restantes é o facto de, no período de inverno, o sol apresentar uma altura mais baixa, tendo uma incidência maior nas fachadas. Na altura em que a temperatura está mais elevada o sol irá ter uma maior incidência nessa fachada, fazendo com que a T_{se} da mesma aumente.

Através das figuras apresentadas (Figura 5.7 e 5.8) foi possível observar, no modelo 3D, dimensionado no ENVI-MET, as diferenças de T_{se} para as 06.00h e para as 16.00h, do período de inverno, nas diferentes fachadas. Tal como foi concluído através do gráfico da Figura 5.5, tanto para o período do dia (16.00h) como do período da noite (06.00h), a fachada sul é a que apresenta uma maior variação da T_{se} . No período das 16.00h, as fachadas norte e este, apresentam diminuições da ΔT_{se} idênticas entre si, enquanto que a fachada oeste apresenta um valor superior às anteriores, mas inferior à registada na fachada sul.

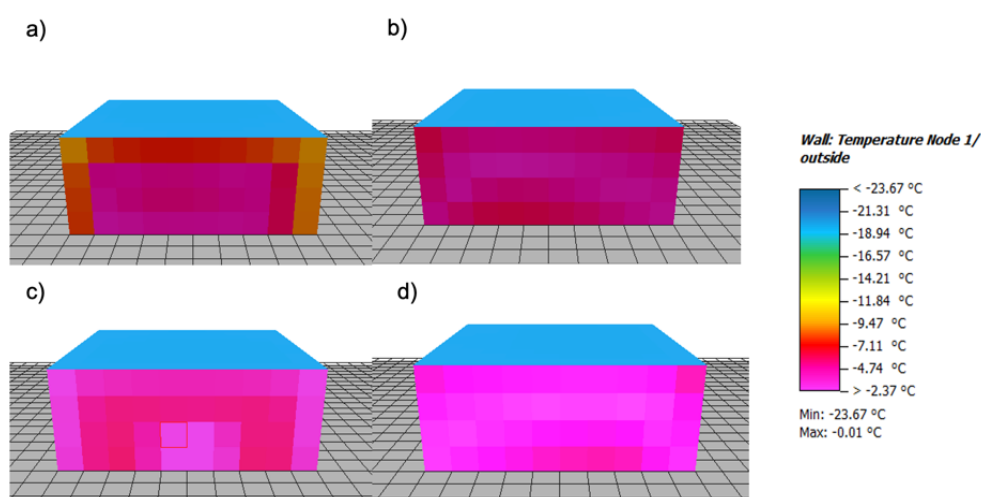


Figura 5.7 – Modelo 3D com a variação da Temperatura Superficial Exterior para o período de inverno às 6h, nas fachadas: a) sul, b) oeste, c) norte, d) este

Fonte: ENVI-met

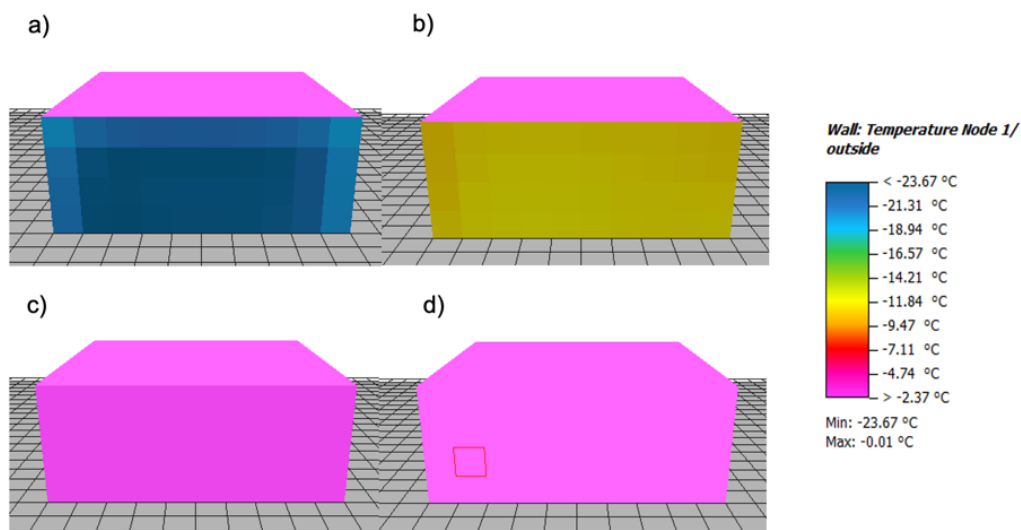


Figura 5.8 – Modelo 3D com a variação da Temperatura Superficial Exterior para o período de inverno às 16h, nas fachadas: a) sul, b) oeste, c) norte, d) este
Fonte: ENVI-met

Para a análise da T_{se} no período de verão, foram efetuados os mesmos procedimentos descritos para o período de inverno, sendo analisada a variação da temperatura superficial exterior (ΔT_{se}), referente ao período de verão. Os resultados obtidos para o período de verão podem ser observados no gráfico da Figura 5.9.

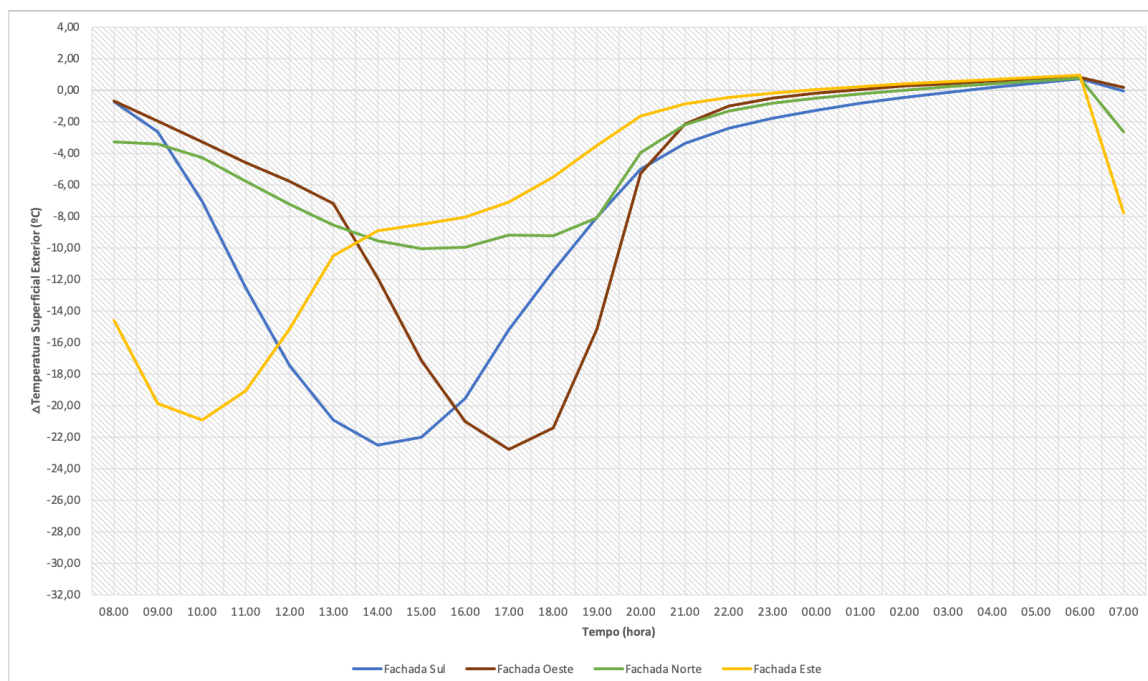


Figura 5.9 – Variação da Temperatura Superficial Exterior, para as diferentes fachadas, no período de verão

Tal como no período de inverno, também no período de verão houve um aumento da ΔT_{se} sendo a temperatura da fachada da parede verde superior à da parede de betão. Neste caso apenas se verificou nas horas finais da simulação, ou seja, por volta das 01.00h – 02.00h até as 06.00h, dependendo da fachada. Esse aumento de temperatura atinge o seu máximo com um valor sempre inferior a 1°C para todas as orientações. Das 6.00h às 01.00h – 2.00h, dependendo da fachada, a diferença da T_{se} atinge valores negativos, significando que a temperatura da fachada da parede verde é inferior à da parede de betão, havendo assim uma diminuição da mesma. Da análise do gráfico, referente ao período de verão, conclui-se que, ao contrário do que se verificou no período de inverno, a fachada sul já não é a fachada com uma diminuição da ΔT_{se} maior, sendo visível que todas as fachadas, à exceção da fachada norte, apresentam valores máximos de diminuição da ΔT_{se} idênticos, sendo 22,5°C, 22,8°C e 20,9°C para as fachadas sul, oeste e este, respetivamente, a diferentes alturas do dia. A fachada norte apresenta uma diminuição máxima da ΔT_{se} de 10,1°C às 15.00h.

Como foi referido anteriormente, o ângulo de incidência do sol nas fachadas tem uma influência significativa nos resultados obtidos. Para o período de verão, o sol apresenta-se a uma altura mais elevada, comparativamente ao período de inverno, havendo um ângulo de incidência, nas fachadas, menor, levando a um valor da ΔT_{se} semelhante entre as fachadas.

Tal como foi feito para o período de inverno, também para o período de verão foram analisados os modelos 3D, dimensionado no ENVI-MET (Figuras 5.10 e 5.11). As diferenças de T_{se} para as 06.00h e para as 16.00h, do período de inverno, nas diferentes fachadas. Tal como foi concluído através do gráfico da Figura 5.9, para o período do dia (16.00h), a fachada oeste é a que apresenta uma diminuição da ΔT_{se} maior, sendo, também visível, um valor perto do valor máximo da diminuição da ΔT_{se} da fachada norte. No período da noite (06.00h), como todas as fachadas apresentam um aumento da ΔT_{se} , apresentam todas cores semelhantes devido à escala utilizada.

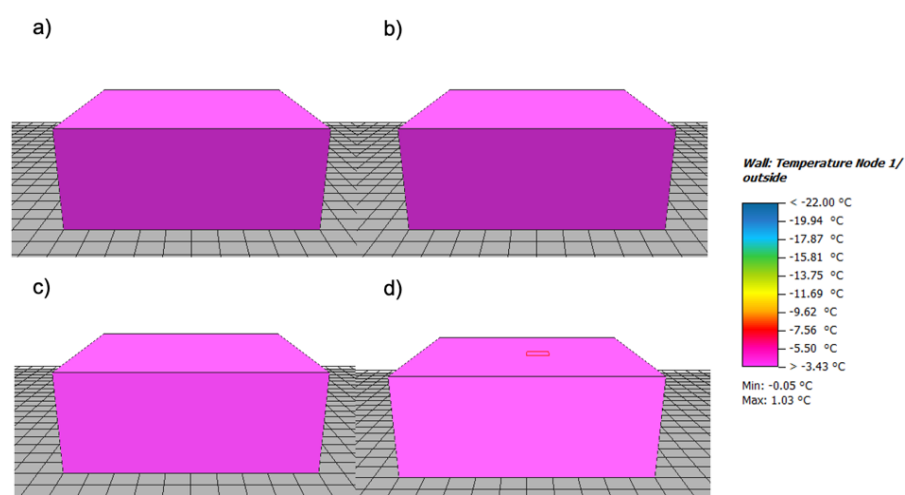


Figura 5.10 – Modelo 3D com a variação da Temperatura Superficial Exterior para o período de verão às 6h, nas fachadas: a) sul, b) oeste, c) norte, d) este

Fonte: ENVI-met

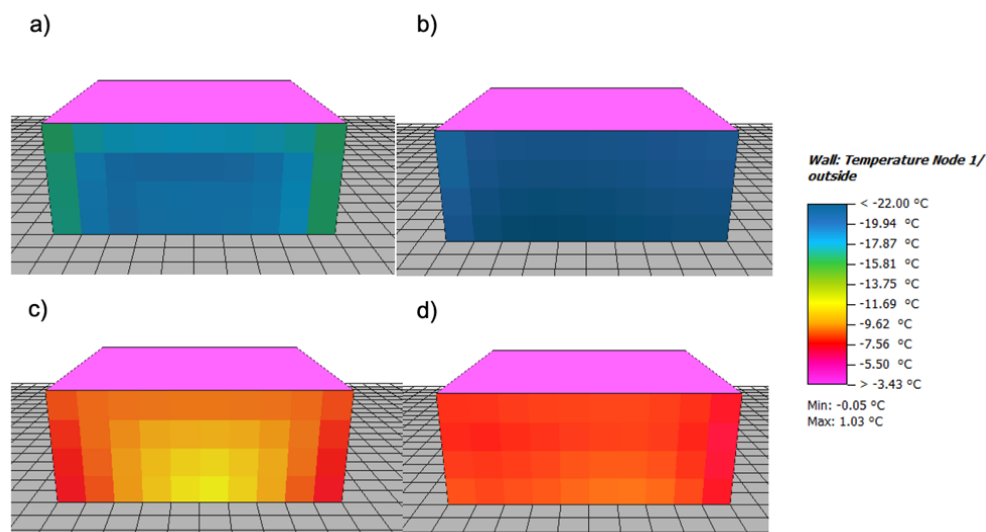


Figura 5.11 – Modelo 3D com a variação da Temperatura Superficial Exterior para o período de verão às 16h, nas fachadas: a) sul, b) oeste, c) norte, d) este

Fonte: ENVI-met

Após a análise da ΔT_{se} para ambos os períodos, período de inverno e período de verão, conclui-se que, no caso dos modelos simulados, as paredes verdes são mais benéficas para o período de verão, pois existem uma diminuição da ΔT_{se} em todas as orientações, ou seja, a temperatura da fachada com parede verde é mais baixa do que a temperatura da fachada com parede de betão. Apesar de a ΔT_{se} ser maior na fachada sul, no período de inverno, com um valor de 29,4°C, contra os 22,8°C da ΔT_{se} referente ao período de verão. No período de inverno o objetivo seria a parede verde aumentar a ΔT_{se} , pois significaria que a temperatura da fachada da parede verde seria superior à da parede de betão. Tal não acontece devido à barreira que a vegetação proporciona, como já foi mencionado acima.

- Temperatura do Ar Exterior perto da Fachada

Uma diminuição na T_{se} pode diminuir ainda mais o fluxo de calor sensível para a atmosfera, o que, junto com os efeitos de arrefecimento evaporativo das plantas e do substrato, pode afetar a temperatura do ar perto da fachada (T_a). No entanto, a modificação da T_a das paredes verdes é muito mais difícil de detetar do que a T_{se} como consequência da rápida mistura do ar com o ambiente circundante (Peng et al., 2019).

Para além da análise da T_{se} , analisou-se também a T_a , com o objetivo de perceber o efeito que as paredes verdes têm no ar circundante ao edifício. A variação da temperatura do ar exterior perto da fachada (ΔT_a), foi feita como a comparação entre a parede verde e a parede de betão, sendo $\Delta T_a =$

Ta parede verde – Ta parede de betão. Os resultados obtidos para o período de inverno podem ser observados na Figura 5.12.

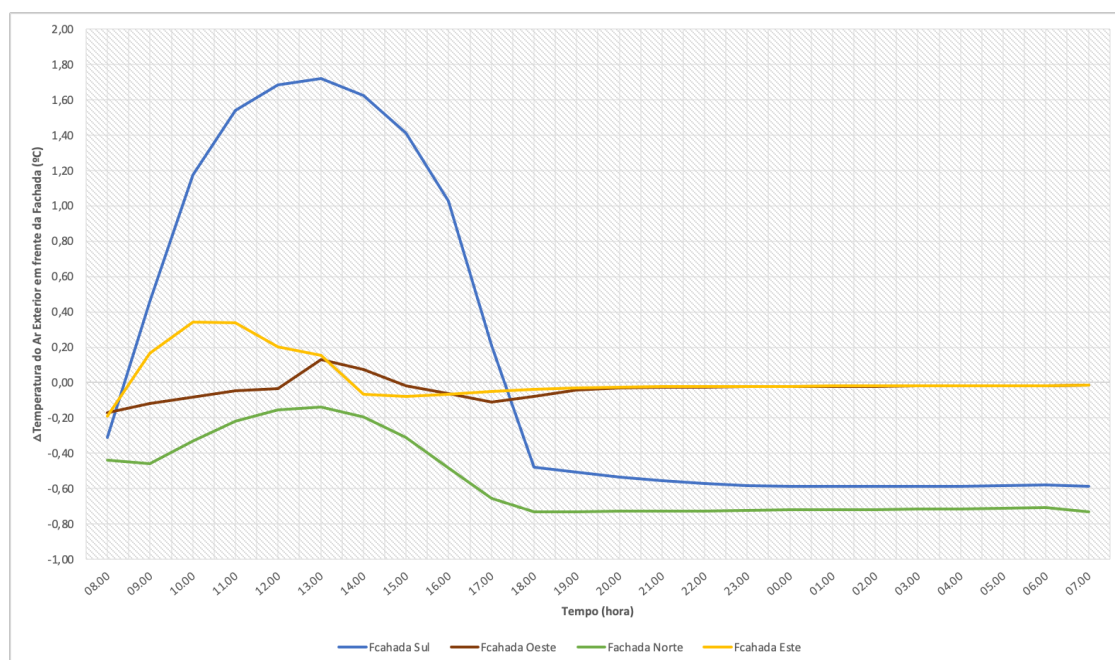


Figura 5.12 – Variação da Temperatura do Ar Exterior perto da Fachada, para as diferentes fachadas, no período de inverno

Após a análise do gráfico da Figura 5.12, referente ao período de inverno, verifica-se que, para a fachada sul, das 09.00h às 17.00h, para a fachada oeste, das 12.00h às 15.00h, e para a fachada este, das 09.00h às 13.00h, a ΔT_a teve um valor positivo, significando que a temperatura do ar exterior perto da fachada com parede verde é mais elevada do que a temperatura do ar perto da fachada com parede de betão. Nos restantes intervalos de tempo, dependendo da fachada, a ΔT_a é negativa, ou seja, a temperatura do ar exterior perto da fachada com parede verde é inferior à temperatura da fachada com parede de betão, sendo que a fachada norte apresenta apenas diminuição da ΔT_a , em todo o período de simulação. É possível observar que a partir das 18.00h, a ΔT_a tem um valor negativo em todas as fachadas. Verifica-se que o aumento máximo da ΔT_a tem o valor de 1,72°C, e encontra-se na fachada sul, às 13.00h, enquanto nas outras fachadas os valores obtidos são de 0,13°C e 0,34°C, para as fachadas oeste e este, respetivamente. Quanto à diminuição máxima da ΔT_a , é encontrada na fachada norte, das 18.00h às 22.00h, e tem o valor de 0,73°C, nas fachadas sul, oeste e este, o valor máximo da ΔT_a é de 0,59°C, 0,17°C e 0,19°C, respetivamente.

Para a análise da T_a no período de verão, foram efetuados os mesmos procedimentos descritos para o período de inverno, sendo analisada a variação da temperatura do ar exterior perto da fachada (ΔT_a), referente ao período de verão. Os resultados obtidos para o período de verão podem ser observados no gráfico da Figura 5.13.

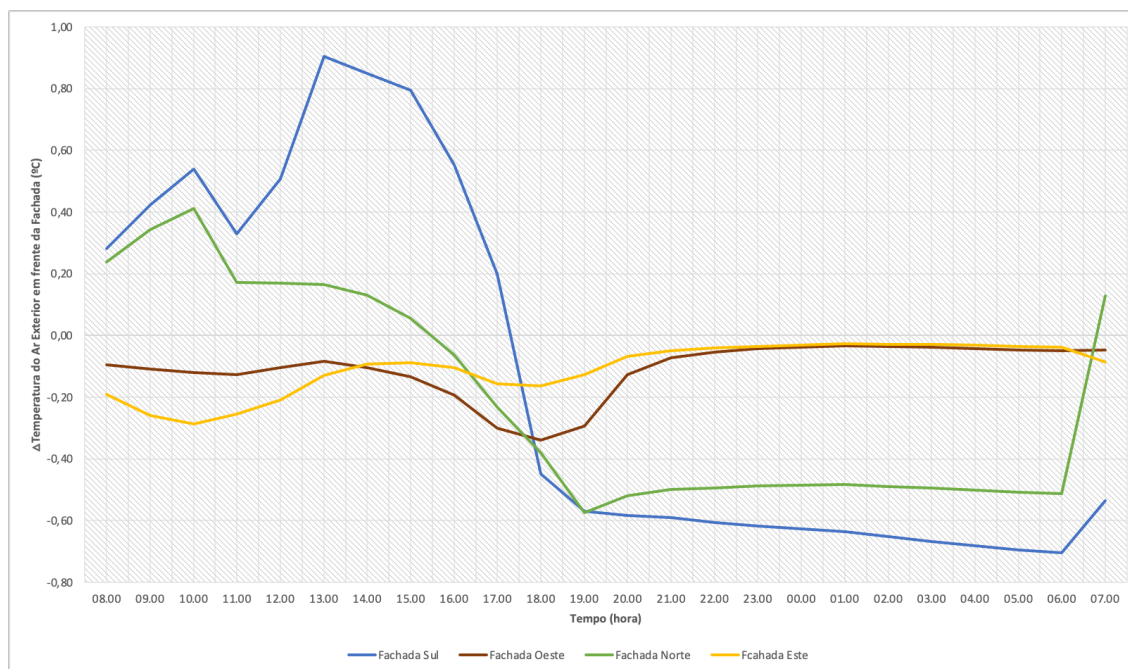


Figura 5.13 – Variação da Temperatura do Ar Exterior perto da Fachada, para as diferentes fachadas, no período de verão

Do gráfico da figura acima apresentada (Figura 5.13), referente ao período de verão, é possível observar que, para a fachada sul, das 08.00h às 17.00h, e para a fachada norte, das 07.00h às 15.00h, a ΔT_a teve um valor positivo, logo a temperatura do ar exterior perto da fachada com parede verde é mais elevada do que a temperatura do ar perto da fachada com parede de betão. Nas fachadas oeste e este, a ΔT_a foi negativa ao longo de toda a simulação, enquanto nas fachadas sul e norte, este valor foi negativo das 18.00h às 07.00h, e das 16.00h às 06.00h, respetivamente, significando que a temperatura do ar exterior perto da fachada com parede verde é inferior à temperatura do ar perto da fachada com parede de betão. Verifica-se que o aumento máximo da ΔT_a tem o valor de 0,90°C, e encontra-se na fachada sul, às 13.00h, já na fachada norte o aumento máximo da ΔT_a foi de 0,41°C. A diminuição máxima da ΔT_a , encontra-se, também, na fachada sul, às 06.00h, e tem o valor de 0,70°C, nas restantes fachadas, a diminuição máxima da ΔT_a foi de 0,34°C, 0,57°C e 0,29°C, para as fachadas oeste, norte e este, respetivamente.

Com a análise da ΔT_a , no caso dos modelos simulados, para ambos os períodos de inverno e de verão, confirma-se que as diferenças registadas têm valores baixos, havendo alguma dificuldade em detetar essa variação, tal como foi referido que poderia vir a acontecer. Apesar disso, a ΔT_a é maior no período de inverno, com um valor máximo de 1,72°C, na fachada sul, sendo que a máxima ΔT_a , para o período de verão é de 0,90°C, também para a fachada sul. Quanto aos valores máximos da diminuição da ΔT_a , estes registam-se, também, no período de inverno, com um valor de 0,73°C, na fachada norte, para o período de verão, a máxima ΔT_a é de 0,70°C, para a fachada sul.

- Temperatura Superficial Interior e Temperatura Interior

A temperatura superficial interior (T_{si}) é a temperatura a que a fachada interior se encontra. Enquanto a temperatura interior (T_i) é a temperatura a que o ar interior se encontra. Na cidade de Madrid, Espanha, foi efetuado um estudo onde analisaram a diferença máxima da T_i entre uma parede verde e uma parede de referência, no verão, tendo chegado a um valor máximo entre os 4°C e os 5°C (Olivieri et al., 2014). No estudo de Eumorfopoulou et al., também para o verão, na Grécia, houve uma redução máxima da T_i no valor de 0,9°C, e a diferença entre a T_{si} e a T_i foi inferior a 1°C (Eumorfopoulou et al., 2009). Outro estudo efetuado no verão, em Espanha, relatou uma diferença da T_i na ordem dos 2,5°C para uma parede verde (Pérez et al., 2011). Todos os estudos encontrados e analisados, apenas foram realizados para o verão, não havendo nenhum referente ao período do inverno, e encontram-se apresentados no Anexo I. Analisando os estudos é de esperar que com a presença isolamento térmico fornecido pelas paredes verdes, uma diminuição da T_{si} e da T_i será de esperar, para o período de verão.

Para a análise, tanto da T_{si} como da T_i , recorreu-se à variação da temperatura superficial interior (ΔT_{si}) e à variação da temperatura interior (ΔT_i), estas comparações foram feitas como a comparação entre a parede verde e a parede de betão, sendo $\Delta T_{si} = T_{si} \text{ parede verde} - T_{si} \text{ parede de betão}$ e $\Delta T_i = T_i \text{ parede verde} - T_i \text{ parede de betão}$.

Os resultados obtidos, para a ΔT_{si} , no período de inverno, podem ser observados na Figura 5.14.

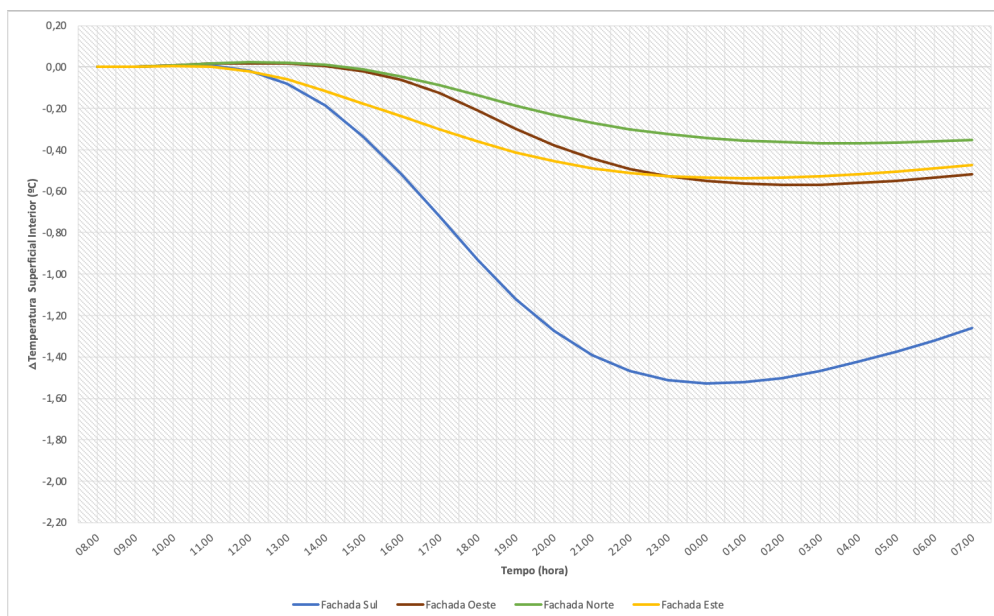


Figura 5.14 – Variação da Temperatura Superficial Interior, para as diferentes fachadas, no período de inverno

Após a análise da Figura 5.14, referente ao período de inverno, verifica-se que, a ΔT_{si} teve um valor negativo em quase todo o período de simulação, significando que a temperatura superficial interior da fachada com parede verde é mais baixa do que a temperatura superficial interior da fachada com parede de betão. Sendo que o valor máximo da ΔT_{si} foi obtido para a fachada sul no período da noite, com um valor de 1,53°C, onde as restantes fachadas, oeste, norte e este, registaram valores máximos de ΔT_{si} de 0,57°C, 0,37°C e 0,54°C, respetivamente, todos eles registados, também, no período da noite. É de notar que a fachada sul apresenta uma variação muito superior às restantes.

Para a análise da T_{si} no período de verão, foram efetuados os mesmos procedimentos descritos para o período de inverno, sendo analisada a variação da temperatura do ar exterior perto da fachada (ΔT_{si}), referente ao período de verão. Os resultados obtidos para o período de verão podem ser observados no gráfico da Figura 5.15.

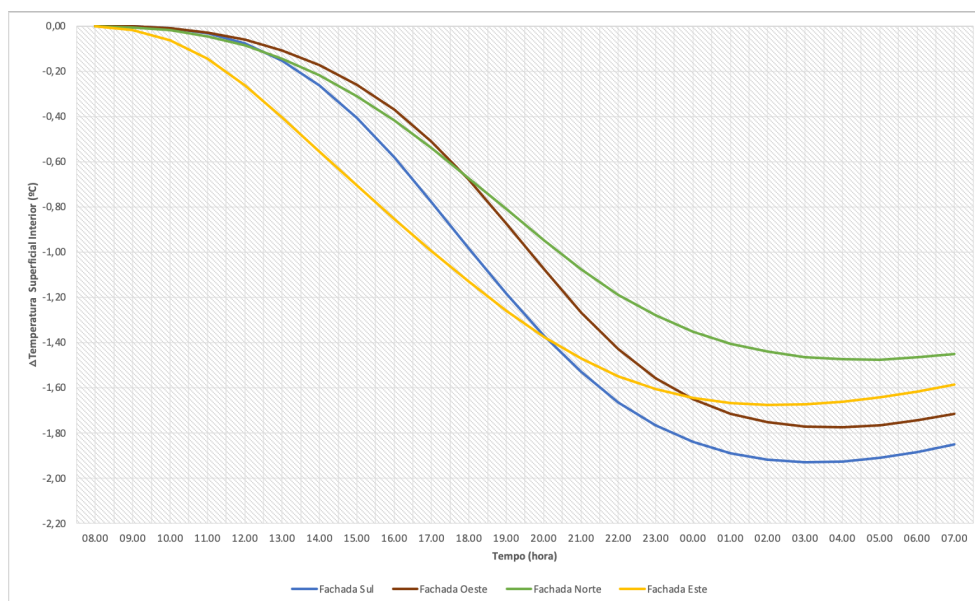


Figura 5.15 – Variação da Temperatura Superficial Interior, para as diferentes fachadas, no período de verão

Da análise do gráfico da figura acima apresentada (Figura 5.14), referente ao período de verão, verifica-se que, tal como para o período de inverno, a ΔT_{si} teve um valor negativo em todo o período de simulação, significando que a temperatura superficial interior da fachada com parede verde é mais baixa do que a temperatura superficial interior da fachada com parede de betão. Sendo que o valor máximo da ΔT_{si} foi obtido para a fachada sul, com um valor de 1,93°C, onde as restantes fachadas, oeste, norte e este, registaram valores máximos de ΔT_{si} de 1,78°C, 1,48°C e 1,68°C, respetivamente, todos eles registados, no período da noite. É de notar que das 08.00h às 20.00h (período de dia) a fachada que apresenta uma maior ΔT_{si} é a fachada este, sendo que só depois a fachada sul passa a ser a fachada com a maior ΔT_{si} , atingindo o valor máximo registado.

De seguida analisaram-se os valores obtidos para a ΔT_i , nos períodos de inverno e de verão, sendo esses valores representados no gráfico da Figura 5.16.

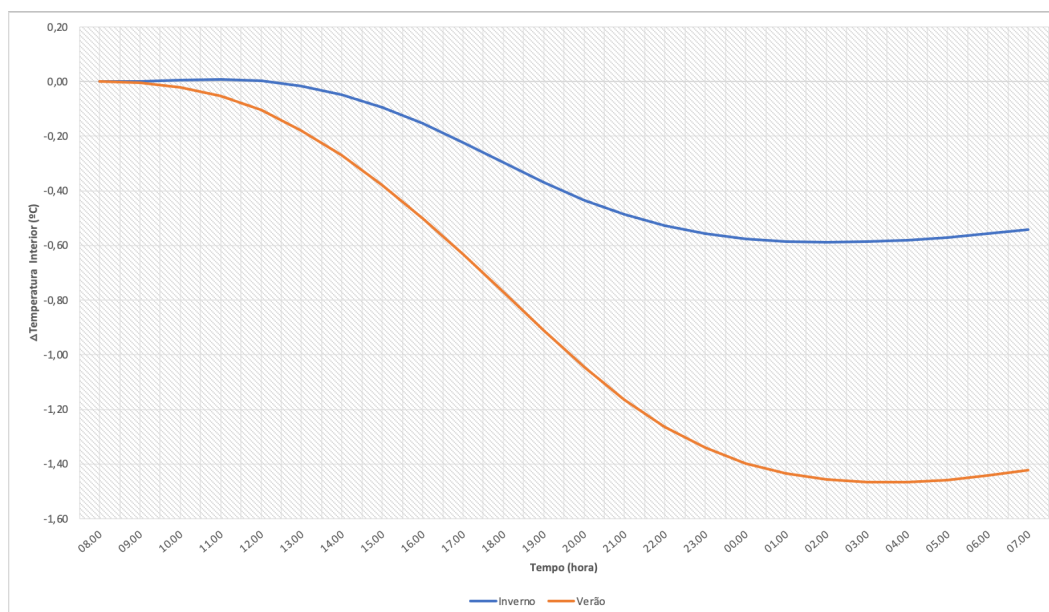


Figura 5.16 – Variação da Temperatura Interior, para os períodos de inverno e de verão

Com a análise da Figura 5.16, referente aos períodos de inverno e de verão, verifica-se que, o valor máximo da ΔT_i é de 0,59°C, para o período de inverno, e de 1,47°C, para o período de verão. Conclui-se que há uma diminuição mais acentuada da T_i no período de verão, e que no período de inverno a diminuição é irrelevante, não chegando a uma diminuição de 1°C. Tal como aconteceu com a ΔT_{si} , os valores máximos da ΔT_i , foram obtidos no período da noite.

Com a análise da ΔT_{si} e da ΔT_i , no caso dos modelos simulados, para ambos os períodos de inverno e de verão, conclui-se que a maior ΔT_{si} e a maior ΔT_i são obtidas para o período de verão, na fachada sul, no caso da ΔT_{si} , com um valor máximo da ΔT_{si} de 1,93°C e um valor máximo da ΔT_i de 1,47 °C, sendo que para o período de inverno o valor máximo da ΔT_{si} é de 1,53°C, na fachada sul, e da ΔT_i é de 0,59°C. Por fim é visível que os valores da ΔT_{si} e da ΔT_i têm valores mais elevados para o período de verão, sendo essa variação maior na ΔT_i .

Após a análise das ΔT_{se} , ΔT_a , ΔT_{si} e ΔT_i , chegou-se à conclusão de que a fachada sul é a fachada mais desfavorável, para o período de inverno, por ser a fachada onde há uma diminuição mais acentuada das diferentes temperaturas analisadas. Enquanto a fachada oeste é a fachada mais favorável, para o período de verão, por apresentar uma maior diminuição dos parâmetros analisados.

5.3.2. Influência da Percentagem de Cobertura da Fachada

Tal como já foi referido, foram, também, simulados modelos (Figuras 5.3, 5.4 e 5.5) com diferentes percentagens de cobertura da fachada para, posteriormente, ser possível analisar a influência dessas percentagens na temperatura superficial exterior e na temperatura interior. Para isso existem são comparados 5 cenários diferentes, primeiro cenário onde a cobertura de vegetação é de 0%, segundo cenário com 25% de cobertura da vegetação na fachada, terceiro, quarto e quinto cenários onde as percentagens de cobertura são de 50%, 75% e 100%, respetivamente.

- Temperatura Superficial Exterior média

Para a obtenção da T_{se} média, tanto para o período de inverno como para o período de verão, foi considerada apenas a fachada mais desfavorável/favorável, consoante o período. Os valores retirados são apenas referentes às 16.00h do dia simulado, onde se registou a T_{se} das 40 células que compõem a fachada, fazendo-se, posteriormente, a média desses valores para se obter a T_{se} média.

Os resultados obtidos, para a T_{se} média, no período de inverno referente às 16.00h, para a fachada sul, por ser a fachada mais desfavorável, podem ser observados nos modelos 3D, dimensionados no software ENVI-met, (Figura 5.17).

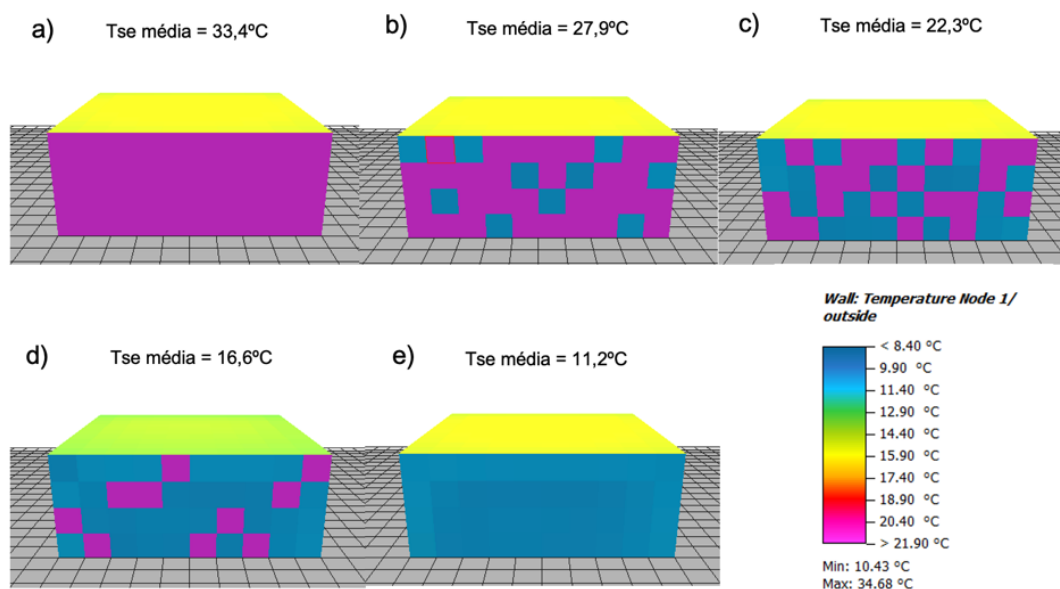


Figura 5.17 – Variação da Temperatura Superficial Exterior, para o período de inverno, às 16h de acordo com as % cobertura: a) 0% cobertura, b) 25% cobertura, c) 50% cobertura, d) 75% cobertura, e) 100% cobertura

Fonte: ENVI-met

Ao analisar a Figura 5.17, é possível concluir que, à medida que a percentagem de cobertura aumenta, a *Tse média* vai diminuindo. Começa com uma *Tse média* de 33,4°C, correspondente à parede sem qualquer cobertura de vegetação e acabando com uma *Tse média* de 11,2°C, que corresponde a ter 100% de cobertura, havendo uma redução de 22,2°C. A redução entre as *Tse média* das diferentes percentagens de cobertura, referentes à fachada com 0% de cobertura, são de 5,5°C, 5,6°, 5,6°C e 5,4°C, para as fachadas com 25%, 50%, 75% e 100% de cobertura da fachada, respetivamente. Conclui-se assim que a percentagem de cobertura tem influência significativa na *Tse* de uma fachada, para o período de inverno.

Para o período de verão, os resultados obtidos, para a *Tse média*, referente às 16.00h, para a fachada oeste, que é a fachada mais favorável para o período de verão, podem ser observados nos modelos 3D, dimensionados no software ENVI-met, (Figura 5.18).

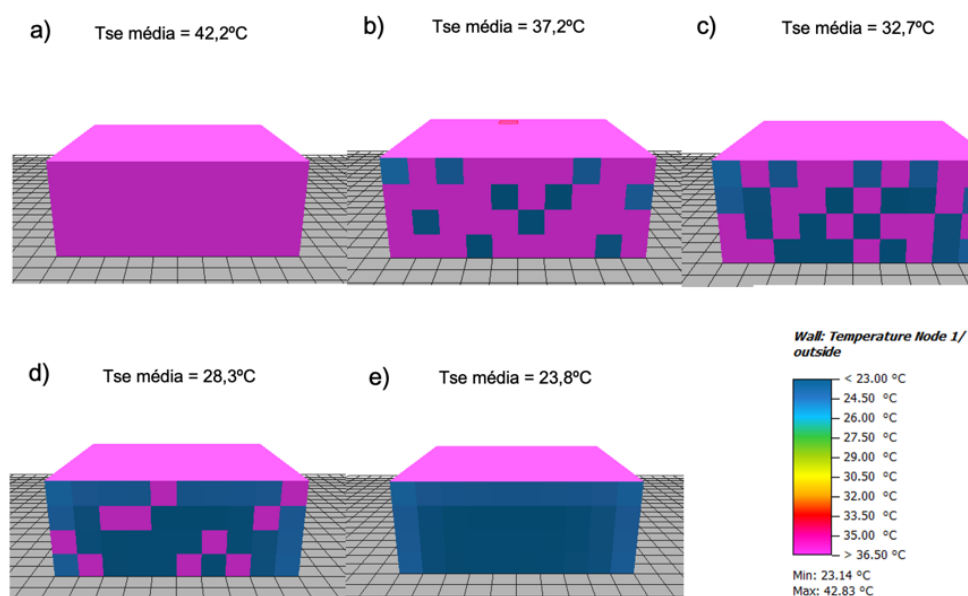


Figura 5.18 – Variação da Temperatura Superficial Exterior, para o período de verão, às 16h de acordo com as % cobertura: a) 0% cobertura, b) 25% cobertura, c) 50% cobertura, d) 75% cobertura, e) 100% cobertura
Fonte: ENVI-met

Da análise da Figura 5.18, conclui-se que, tal como o que aconteceu no período de inverno, à medida que a percentagem de cobertura aumenta, a *Tse média* vai diminuindo. Começando com uma *Tse média* de 42,2°C, correspondente à parede sem qualquer cobertura de vegetação e acabando com uma *Tse média* de 23,8°C, que corresponde a ter 100% de cobertura, havendo uma redução de 18,4°C. A redução entre as *Tse média* das diferentes percentagens de cobertura, referentes à fachada com 0% de cobertura, são de 5,0°C, 4,5°, 4,4°C e 4,4°C, para as fachadas com 25%, 50%, 75% e 100% de cobertura da fachada, respetivamente. Conclui-se assim que a percentagem de cobertura tem influência significativa na *Tse* de uma fachada, para o período de verão.

- Temperatura Interior

Tal como foi referido para a influência da orientação da fachada, a análise da temperatura interior (T_i), foi efetuada recorrendo à variação da temperatura interior (ΔT_i), comparando a parede verde e a parede de betão, para as diversas percentagens de cobertura da fachada, sendo $\Delta T_i = T_i \text{ parede verde} - T_i \text{ parede de betão}$ e usando a fachada com 0% de cobertura como referência.

Os resultados obtidos, para a ΔT_i , no período de inverno, para as diferentes percentagens de cobertura da fachada podem ser observadas no gráfico da Figura 5.19.

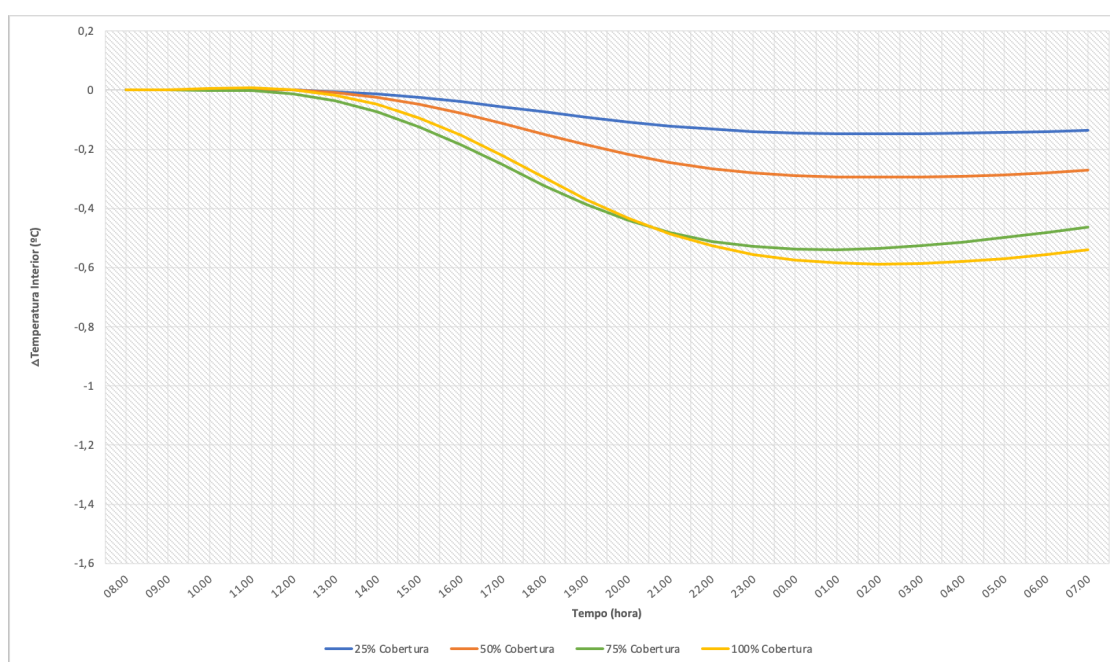


Figura 5.19 – Variação da Temperatura Interior, para as diferentes % cobertura da fachada, no período de inverno

Com a análise da Figura 5.19, referente ao período de inverno, verifica-se que, o valor máximo da ΔT_i é de 0,59°C, para o período de inverno, havendo uma diminuição máxima da ΔT_i de 0,15°C, 0,30°C e 0,54°C, sendo que os valores máximos foram todos registados às 02.00h, ou seja, no período da noite.

Para o período de verão, os resultados obtidos, para a ΔT_i , para as diferentes percentagens de cobertura da fachada, estão apresentadas na Figura 5.20.

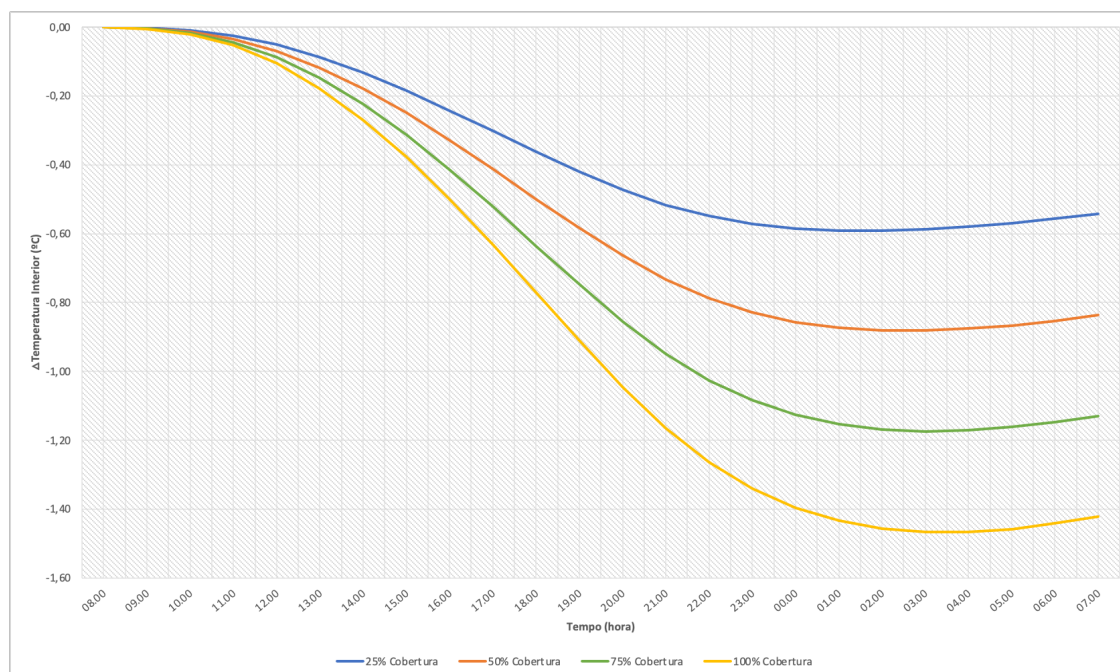


Figura 5.20 – Variação da Temperatura Interior, para as diferentes % cobertura da fachada, no período de verão

Através da análise do gráfico da figura apresentada acima (Figura 5.20), conclui-se que, para o período de verão, o valor máximo da ΔT_i é de 1,47°C, e, para o período de inverno, houve uma diminuição máxima da ΔT_i de 0,59°C, 0,88°C e 1,17°C, sendo que os valores máximos foram todos registados às 03.00h, ou seja, no período da noite.

Após a análise da ΔT_i , para ambos os períodos, período de inverno e período de verão, conclui-se que a percentagem de cobertura tem influência na T_i de uma fachada, mais significativamente no período de verão do que no de inverno. Sendo que quanto maior for a percentagem de cobertura maior será a sua influência na T_i .

É importante ressaltar que, os valores obtidos seriam diferentes, mais acentuados e mais próximos da realidade portuguesa, caso o sistema construtivo fosse uma parede tradicional, onde seria constituída por tijolo, caixa de ar e isolamento térmico.

Todos os valores e cálculos efetuados estão apresentados em Anexos II.

5.4. Síntese do Capítulo

Após a análise da influência da orientação da fachada e da influência da percentagem de cobertura da fachada, comparando as variáveis retiradas do software ENVI-met, concluiu-se que, para os ambientes externos, no período de inverno, a fachada sul é a fachada onde houve uma variação mais acentuada da ΔT_{se} e ΔT_a , tornando-se a fachada onde se verificarão valores mais desfavoráveis, pois a parede verde fará com que a T_{se} diminua, podendo vir a provocar uma diminuição da T_{si} e da T_i , efeito esse indesejável. Quanto ao período de verão, a maior variação registada para a ΔT_{se} foi para a fachada oeste, pois foi a fachada onde se observou uma diminuição mais acentuada, em comparação com as restantes fachadas, com um valor de 22,8°C. Para a ΔT_a , a fachada onde se verificou uma variação mais significativa, foi na fachada sul, embora os valores não tenham sido superiores a 1°C. Na análise dos ambientes internos, ΔT_{si} e ΔT_i , verificou-se que para ambos os períodos de inverno e de verão, a maior ΔT_{si} e a maior ΔT_i , são obtidas para o período do verão, na fachada sul, para a ΔT_{si} , sendo que os valores não chegam a uma diferença de 2°C.

Quanto à influência da percentagem da cobertura da fachada, tanto para a T_{se} média como para a ΔT_i , existe uma diminuição dos valores à medida que a percentagem de cobertura da fachada aumenta, isto verifica-se tanto para o período de inverno como para o período de verão.

Após a análise das ΔT_{se} , ΔT_a , ΔT_{si} e ΔT_i , chegou-se à conclusão de que a instalação de paredes verdes é mais benéfica para o período de verão, por proporcionar uma redução, mais significativa e desejável, das temperaturas dos ambientes externo e interno. Sendo que para o período de inverno, a simulação demonstrou que o modelo de parede verde, apresenta sempre temperaturas inferiores às obtidas pelo modelo de parede de betão, o que é efeito contrário do efeito desejável.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

6.1. Conclusões

Atualmente, em Portugal, torna-se cada vez mais evidente a necessidade de reabilitação dos edifícios existentes. Esta medida deve ser prioritária face à nova construção. No entanto, Portugal continua a ter das taxas de reabilitação mais baixas da União Europeia. A utilização de paredes verdes na reabilitação poderá ser uma mais-valia para o tecido urbano, contribuindo para a eficiência energética dos edifícios, para o bem estar dos seus utilizadores e para o próprio ambiente.

Ao longo do tempo, substancialmente a partir do século XIX, a sociedade deparou-se com enormes transformações sociais e económicas, nomeadamente com a sua mudança do campo para a cidade. Desta forma deu-se origem à criação dos grandes núcleos urbanos, característicos ainda hoje pelos seus problemas de sustentabilidade, em muito potenciados pela escassez e mau estado do espaço verde urbano. Como forma de potenciar a aproximação do ser humano com o ambiente natural, as paredes verdes assumem-se como uma forte alternativa à escassez referida.

O presente trabalho procurou identificar e classificar os tipos de paredes verdes segundo critérios já utilizados por autores das diversas pesquisas citadas. De uma forma generalizada existem duas categorias de paredes verdes, as Fachadas Verdes e as Paredes Vivas, cada uma dividida em duas tipologias de sistema – Fachadas Verdes Diretas ou Indiretas e, Paredes Vivas Contínuas ou Modulares.

A escolha do sistema de parede a implementar é algo importante, na qual devem ser ponderados determinados parâmetros tais como, a orientação, a carga de peso, sistema de irrigação, seleção das espécies de plantas, manutenção e custos associados.

Em todos os casos, as estruturas verdes adotadas contribuem para melhorias no conforto térmico e acústico dos ocupantes do edifício e consequente poupança energética, assim como melhorias para a qualidade do ar exterior, diminuição do efeito da Ilha de Calor Urbano ou mesmo o aumento da biodiversidade. Mais que isso, como referido, as paredes verdes assumem-se aumentando a área “verde” das cidades que há muito se tem vindo a degradar através da expansão urbana desordenada. No entanto os benefícios apresentados deverão ser confrontados com a questão económica, aquela que para determinados autores, se traduz numa desvantagem a ter em conta. Este conceito de Parede Verde, nomeadamente as paredes vivas, pode ter custos elevados na sua elaboração.

De facto, é um investimento a ter em consideração, mas a longo prazo acaba por ser compensado pelas poupanças em termos energéticos e bem-estar. No que respeita à contenção de gastos com a manutenção, dever-se-ão selecionar as plantas que melhor se adaptem ao sistema ou às condições do clima local, constituindo-se desta forma um microssistema independente.

Constatou-se que os estudos acerca deste tipo de solução construtiva são bastante recentes e em número muito reduzido. Em Portugal, a utilização de paredes verdes é ainda escassa, seguramente devido aos poucos estudos realizados e à falta de regulamentação para a sua construção.

Foi usado software ENVI-met, para simular dois modelos simples de um paralelepípedo de 10x10x4 metros, onde um dos modelos apresentava paredes sem vegetação e outro modelo onde as paredes eram cobertas com vegetação, sendo, portanto, paredes verdes. Na simulação pretendeu-se analisar, o comportamento térmico, de acordo com a influência da orientação e da percentagem de cobertura da fachada. Todas as simulações foram efetuadas para um período de 24 horas, para um dia específico de inverno e para um dia específico de verão, para o clima correspondente a Lisboa. Os resultados obtidos para as variáveis analisadas, ΔT_{se} , ΔT_a , ΔT_{si} e ΔT_i , demonstram um impacto significativo no comportamento térmico em função da presença da parede verde. Verificou-se, na simulação efetuada, um potencial de redução térmica da parede verde, tendo sido os maiores valores de redução, obtidos num dia de verão, com variações em torno de 22,8°C, para os ambientes externos, e com variações de 1,9°C, para ambientes internos. Os maiores valores de redução, obtidos para um dia de inverno, nos ambientes externos, tiveram uma variação de 29,4°C, nos ambientes internos, tiveram uma variação de 1,5°C.

Chegou-se à conclusão de que a instalação de paredes verdes é mais benéfica para o período de verão, por proporcionar uma redução, mais significativa e desejável, das temperaturas dos ambientes externo e interno. Sendo que para o período de inverno, a simulação demonstrou que o modelo de parede verde, apresenta sempre temperaturas inferiores às obtidas pelo modelo de parede de betão, o que é um efeito contrário ao efeito desejável.

6.2. Desenvolvimentos Futuros

Este trabalho confirma que na presença de paredes verdes existe uma redução mais significativa nas temperaturas das superfícies exteriores e interiores devido à influência da orientação e da percentagem de cobertura da fachada. De seguida, apresentam-se sugestões para próximas investigações, dado que, ainda existe muito para conhecer acerca dos benefícios, das paredes verdes, para o edifício e para a envolvente deste. Sugere-se assim, a continuação de estudos com incidência nesta solução construtiva, nomeadamente com os seguintes desenvolvimentos:

- Investigar o comportamento acústico de uma parede verde;
- Investigar potenciais poupanças de energia em edifícios com paredes verdes recorrendo a modelos de energia que englobem o edifício todo;
- Estabelecer normas e regulamentações para a utilização destes sistemas em Portugal;

- Realizar um balanço económico englobando os custos iniciais e manutenção, de paredes verdes em Portugal e estudar o período de retorno deste tipo de sistemas;
- Averiguar quais as melhores espécies de plantas a utilizar em paredes verdes para diminuir a concentração de CO₂ em cidades muito poluídas, no âmbito nacional;
- Investigar a utilização de espécies de plantas de folha caduca nas paredes verdes;
- Investigar o fluxo de calor, no período de inverno e verão, das paredes verdes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aguiar, J., Cabrita, A. M. R., Appleton, J. (1998). *Guião de Apoio à Reabilitação de Edifícios Habitacionais*. Sector de Edições.

Andric, I., Kamal, A., Al-Ghamdi, S. G. (2020). *Efficiency of Green Roofs and Green Walls as Climate Change Mitigation Measures in Extremely Hot and Dry Climate: Case Study of Qatar*. Energy Reports, Volume 6, p. 2476-2489. <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2020.09.006>

Appleton, J. (2003). *Reabilitação de Edifícios Antigos, Patologias e Tecnologias de Intervenção*. 1ª ed., Amadora: Edições Orion.

Appleton, J. (2009). *Renovar com Sustentabilidade*, 1º Congresso LiderA, 59 slides, IST, Lisboa

Appleton, J. (2010). *Reabilitação de Edifícios Antigos e Sustentabilidade*. VI LNEC 2010 - Encontro Nacional de Estudantes de Engenharia Civil. Universidade de Évora.

Aragão, A. (2011). *Coberturas Verdes. Um passo para a sustentabilidade*.

Araújo, C., Bragança, L., Almeida, M., Barbosa, J. A. (2015). *Análise da disponibilidade de investimento em projetos de reabilitação portugueses*. Conference: Euro-ELECS 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.1.3220.4646>

ARUP (2016). *Cities Alive – Green Building Envelope*

Attal, E., Côté, N., Shimizu, T., Dubus, B. (2019). *Analysis of environmental and seasonal effects on sound absorption by green wall systems*. 23rd International Congress on Acoustics, ICA 2019, Aachen, Germany. hal-03019117

Azkorra, Z., Pérez, G., Coma, J., Cabeza, L. F., Bures, S., Álvaro, J. E., Erkoreka, A., Urrestarazu, M. (2014). *Evaluation of Green Walls as a Passive Acoustic Insulation System for Building*. Applied Acoustics, Volume 89, p. 46-56. <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2014.09.010>

Bachmann, M. G. (2009). *Reabilitação Sustentável da Baixa Pombalina*. Lisboa: FAU.

Barbosa, M. C., Fontes, M. S. G. C. (2016). *Jardins Verticais: Modelos e Técnicas*. PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção, Campinas, SP, v.7, n.2, p.114–124. <http://dx.doi.org/10.20396/parc.v7i2.8646304>

Calheiros, C., Mesquita, A. (2021). *Formação: Fachadas Verdes e Jardins Verticais – projeto, obra e manutenção*. Ordem dos Engenheiros.

Campos-Orsorio, A., Santillán-Soto, N., García-Cueto, O. R., Lambert-Arista, A. A., Bojórquez-Morales, G. (2020). *Energy and Environmental Comparison between a Concrete Wall with and without a Living Green Wall: A Case Study in Mexicali, Mexico*. <https://doi.org/10.3390/su12135265>

Chen, Q., Li, B., Liu, X. (2013). *An Experimental Evaluation of the Living Wall System in Hot and Humid Climate*. *Energy and Building*, Volume 61, p. 298-307. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2013.02.030>

Coma, J., Pérez, G., Gracia, A., Burés, S., Urrestarazu, M., Cabeza, L. F. (2016). *Vertical Greenery Systems for Energy Savings in Buildings: A Comparative Study between Green Walls and Green Facades*. *Building and Environment*, Volume 111, p. 228-237. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2016.11.014>

Cortês, A. S. B., Almeida, J. A. S., Kanoun-Boulé, M., Tadeu, A. (2018). *Green Facades and Living Walls – The Portuguese Experience*. *INCReSE* pp. 562-570. http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-70272-8_45

Decreto-Lei n.º 307/2009 - Diário da República n.º 206/2009, Série I de 2009-10-23. Obtido de https://dre.pt/web/guest/legislacao-consolidada/-/lc/114291582/201707270300/73494339/exportPdf/normal/1/cacheLevelPage?LegislacaoConsolidada_WAR_drefrontofficeportlet_rp=diploma

Decreto-Lei n.º 53/2014 – Diário da República n.º 69/2014, Série I de 2014-04-08. Obtido de <https://dre.pt/pesquisa/-/search/25344757/details/maximized>

Despacho nº 8745/2020 – Diário da República nº 178, 2ª Série de 2020-09-11. Obtido de <https://www.fundoambiental.pt/ficheiros/regulamento-edificios-sustentaveis-pdf>

Dahanayake, K. C., Chow, C. L. (2018). *Moisture Content, Ignitability, and Fire Risk of Vegetation in Vertical Greenery Systems*. *Fire Ecology* 14. <https://doi.org/10.4996/fireecology.140112514>

Dahanayake, K. C., Yang, Y., Wan, Y., Han, S., Chow, C. L. (2019). *Study on the fire growth in underground green corridors*. *Building Simulation* 13. <https://doi.org/10.1007/s12273-019-0595-4>

D'Alessandro, D., Gola, M., Appolloni, L., Dettori, M., Fara, G. M., Rebecchi, A., Settimo, G., & Capolongo, S. (2020). *COVID-19 and Living space challenge. Well-being and Public Health recommendations for a healthy, safe, and sustainable housing*. *Acta Biomedica Atenei Parmensis*, 91(9-S), 61–75. <https://doi.org/10.23750/abm.v91i9-S.10115>

Djedjig, R., Belarbi, R., Bozonnet, E. (2017). *Experimental Study of Green Walls Impacts on Buildings in Summer and Winter under na Oceanic Climate*. *Energy and Buildings*, Volume 150, p. 403-411. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2017.06.032>

Djedjig, R., Belarbi, R., Bozonnet, E. (2017) (a). *Green Wall Impacts Inside and Outside Buildings: Experimental Study*. *Energy Procedia*, Volume 139, p. 578-583. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.11.256>

Duarte, H. F. (2012). *De elemento dissonante a elemento marcante – Fachadas verdes na reabilitação urbana (Castelo Branco)*. Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Arquitetura, Universidade da Beira Interior – Engenharias

Elgizawy, E. M. (2016). *The Effect of Green Facades in Landscape Ecology*. *Procedia Environmental Sciences*, Volume 34, p. 119-130. <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2016.04.012>

Engel, T., Noder, J. (2020). *Fire Performance of Green Facades*. *Bautechnik*. <https://doi.org/10.1002/BATE.202000041>

ENVI-met site. URL: <https://envi-met.info/doku.php?id=root:start>

Eumorfopoulou, E. A., Kontoleon, K. J. (2009). *Experimental Approach to the Contribution of Plant-covered Walls to thee Thermal Behaviour of Building Envelopes*. *Building and Environment*, Volume 44, p. 1024-1038. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2008.07.004>

Eumorfopoulou, E. A., Kontoleon, K. J. (2009). *The Effect of the Orientation and Proportion of a Plant-covered Wall Layer on the Thermal Performance of a Building Zone*. *Building and Environment*, Volume 45, p. 1287-1303. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2009.11.013>

Feng, H., Hewage, K. (2014). *Lifecycle Assessment of Living Walls: Air Purification and Energy Performance*. *Journal of Cleaner Production*, Volume 69, p. 91-99. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.01.041>

Gerhardt, C., Vale, B. (2010). *Comparison of Resource Use and Environmental*. New Zealand: School of Architecture, Victoria University of Wellington.

Growing Green Guide (2014). *A Guide to Green Roofs, Walls and Facades in Melbourne and Victoria, Australia*.

Groult, J. (2008). *Créer un Mur Végétal en Intérieur & en Extérieur*. Paris: Ulmer

Gunawardena, K., Steemers, K. (2020). Urban Living Walls: Reporting on Maintenance Challenges from a Review of European Installations. <https://doi.org/10.1080/00038628.2020.1738209>

Hadba, L., Silva, L., Mendonça, P. (2017). *Green Walls an Efficient Solution for Hygrothermal, Noise and Air Pollution Control in the Buildings*. Conference: Architecture Media Politics and Society Conference - Living and Sustainability: An Environmental Critique of Design and Building Practices, Locally and Globally

Haggag, M. A. (2010). *The Use of Green Walls in Sustainable Urban Context: With Reference to Dubai, UAE*. WIT Transactions on Ecology and the Environment, Volume 128, p. 261-270. <http://dx.doi.org/10.2495/ARC100221>

Hoelscher, M. T., Nehls, T., Janicke, B., Wessolek, G. (2015). *Quantifying Cooling Effects of Facade Greening: Shading, Transpiration and Insulation*. Energy and Buildings, Volume 114, p. 283-290. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2015.06.047>

Hop, M., Hiemstra, J.A (2012). *Contribution of Green Roofs and Walls to Ecosystem Services of Urban Green*. ISHS Acta Horticulturae 990: II International Symposium on Woody Ornamentals of the Temperate Zone. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2013.990.61>

Hopkins, G., Goodwin, C. (2011). *Living Architecture: Green Roofs and Walls*. DOI: [10.1071/9780643103078](https://doi.org/10.1071/9780643103078)

Hoyano, A. (1988). *Climatological Uses of Plants for Solar Control and the Effects on the Thermal Environment of a Building*. Energy and Buildings, Volume 11, p. 181-199. [https://doi.org/10.1016/0378-7788\(88\)90035-7](https://doi.org/10.1016/0378-7788(88)90035-7)

INE & LNEC (2013). *O Parque Habitacional e a sua reabilitação: Análise e evolução 2001-2011*, Lisboa.

Instituto Nacional de Estatística (2019) - *Retrato Territorial de Portugal*. Lisboa: INE, 2019.

Instituto Nacional de Estatística (2020) - *Estatísticas da Construção e Habitação: 2019*. Lisboa : INE, 2020.

Ismail, M. R. (2013). *Quiet Environment: Acoustic of Vertical Green Wall Systems of the Islamic Urban Form*. Frontiers of Architectural, Volume 2, p. 162-177. <https://doi.org/10.1016/j.foar.2013.02.002>

Johnston, J., Newton, J. (2004). *Building Green – A Guide to Using Plants on Roofs, Walls and Pavements*. Greater London Authority

Jornal de Negócios (2021). *A reabilitação urbana tem registado uma evolução positiva*. Obtido de <https://www.jornaldenegocios.pt/negocios-em-rede/imobiliario-e-reabilitacao-urbana/detalhe/a-reabilitacao-urbana-tem-registado-uma-evolucao-positiva>

Kaltsidi, M., Fernández-Cáñero, R., Franco-Salas, A., Pérez-Urrestarazu, L. (2020). *Improving the Performance of Felt-based Living Wall Systems in Terms of Irrigation Management*. Urban Forestry and Urban Greening, Volume 54. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2020.126782>

Kmiec, M. (2014). Green Wall Technology. International Journal of Recent Scientific Research Vol. 11, Issue, 01(F), pp. 37049-37055. <http://dx.doi.org/10.24327/ijrsr.2020.1101.5047>

Koch, K., Ysebaert, T., Denys, S., Samson, R. (2020). *Urban Heat Stress Mitigation Potential of Green Walls: A Review*. Urban Forestry and Urban Greening, Volume 55. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2020.126843>

Kockbeker, Z., Onder, S. (2012). *Importance of the Green Belts to Reduce Noise Pollution and Determination of Roadside Noise Reduction Effectiveness of Bushes in Konya, Turkey*. International Journal of Biological, Veterinary, Agricultural and Food Engineering, Vol. 6:6. DOI: <doi.org/10.5281/zenodo.1071085>

Köhler (2008). *Green Facades - A View Back and Some Visions*. Urban Ecosyst 11, 423. <https://doi.org/10.1007/s11252-008-0063-x>

Kontoleon, K. J., Eumorfopoulou, E. A. (2010) - *The Effect of the Orientation and Proportion of a Plant-covered Wall Layer on the Thermal Performance of a Building Zone*. Building and Environment, Volume 45, Issue 5, p. 1287-1303. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2009.11.013>

Lau, J. T., Mah, D. Y. S. (2017). Green Wall for Retention of Stormwater. Pertanika Journal of Science and Technology 26(1), p. 283-298.

Liberalesso, T., Cruz, C. O., Silva, C. M., Manso, M. (2020). Green Infrastructure and Public Policies: An Internacional Review of Green Roofs and Green Walls Incentives. Land Use Policy, Volume 96. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2020.104693>

Loh, Susan (2008). *Living walls - A Way to Green the Built Environment*. Environment Design Guide, TEC(26), p. 1-7.

Lohr, V. I., Pearson-Mims, C. H., Goodwin, G. K. (1996). *Interior plants may improve worker productivity and reduce stress in a windowless environment*. Pullman: Journal of Environmental Horticulture.

Lopes, T. F. C. T. (2010). *Reabilitação Sustentável de Edifícios de Habitação*. Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Civil, FCT-UNL.

Manso, M., Castro-Gomes, J. (2015). *Green Walls Systems: A Review of their Characteristics*. Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 41, p. 863-871. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.07.203>

Manso, M., Teotónio, I., Silva, C. M., Cruz, C.O. (2020). *Green Roof and Green Wall Benefits and Costs: A Review of the Quantitative Evidence*. Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 135. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.110111>

Marchi, M., Pulselli, R. M., Marchettini, N., Pulselli, F. M., Bastianoni, S. (2014). *Carbon Dioxide Sequestration Model of a Vertical Greenery System*. Ecological Modelling. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2014.08.013>

Masters, L. W., Brandt, E. (1987). Prediction of Service Life of Building Materials and Components. Materials and Structures, 20, p. 55-77. <https://doi.org/10.1007/BF02472728>

Mathew, J., Salot, A. (2014). *Feasibility Study of Green Walls*, University of Illinois: s.n.

Mazzali, U., Peron, F., Romagnoni, P., Pulselli, R. M., Bastianoni, S. (2013). *Experimental Investigation on the Energy Performance of Living Walls in a Temperate Climate*. Building and Environment.

McCullough, M. B., Martin, M. D., Sajady, M. A. (2018). *Implementing Green Walls in Schools*. Frontiers in Psychology. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.00619>

Mir, M. (2011). *Green Façades and Building Structures*. Delf: Delft University Of Technology.

Moravec, K. (2021). *Potential Barriers to Implementing Green Policies: The Role of Financial Incentives in the EU*. Obtido de <https://www.ucl.ac.uk/global-governance/news/2021/jun/political-barriers-implementing-green-policies-role-financial-incentives-eu>

Moura, D., Guerra, I., Seixas, J., & Freitas, M.J. (2006). *A Revitalização Urbana. Contributo para a Definição de um Conceito Operativo*. Artigo que é parte do relatório Políticas Públicas de Revitalização: reflexão para formulação estratégica e operacional das atuações a concretizar no QREN, Outubro de 2006. DOI: [10.7749/citiescommunitiesterritories.dez2006.012-013.art01](https://doi.org/10.7749/citiescommunitiesterritories.dez2006.012-013.art01)

Mourão, J., Pedro, J. Branco (2004). Arquitetura e Sustentabilidade Ecológica. Arquitectura e vida, Ano IV, n.º 48 (Abril de 2004), p. 28-31.

Muahram, A., Kennedy, J., Kanaani, M., Demircay, V. (2019). *Creating Urban Health Through the Promotion of Green Walls*. International Journal of Advanced Engineering Research and Science. DOI: [10.22161/ijaers.612.52](https://doi.org/10.22161/ijaers.612.52)

Othman, A. R., Sahidin, N. (2016). *Vertical Greening Façade as Passive Approach in Sustainable Design*. Procedia - Social and Behavioral Sciences, Volume 222, p.845-854. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2016.05.185>

Ottelé, M. (2011). *The Green Building Envelope - Vertical Greening*.

Ottelé, M., Perini, K., Fraaij, A. L. A., Haas, E. M., Raiteri, R. (2011). *Comparative Life Cycle Analysis for Green Façades and Living Wall Systems*. Energy and Buildings, Volume 43, Issue 12. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2011.09.010>

Peng, L. L. H., Jiang, Z., Yang, X., He, Y., Xu, T., Chen, S. S. (2019). *Cooling Effects of Block-scale Greening and Their Relationship with Urban Form*. Build and Environment. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2019.106552>

Pérez, G., Coma, J., Cabreza, L. F. (2018). *Vertical Greening Systems to Enhance the Thermal Performance of Buildings and Outdoor C34somfort*. Nature Based Strategies for Urban and Building Sustainability, p. 99-108. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-812150-4.00009-4>

Pérez, G., Coma, J., Sol, S., Cabeza, L. F. (2017). *Green Facade for Energy Savings in Buildings: The Influence of Leaf Area Index and Facade Orientation on the Shadow Effect*. Applied Energy, Volume 187, p. 424-437. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2016.11.055>

Pérez, G., Coma, J., Barreneche, C., Gracia, A., Urrestarazu, M., Bur  s, S., Cabeza, L. F. (2016). *Acoustic Insulation Capacity of Vertical Greenery Systems for Buildings*. Applied Acoustics, Volume 110, p. 218-226. <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2016.03.040>

Pérez, G., Coma, J., Martorell, I., Cabreza, L. J. (2014). *Vertical Greenery Systems (VGS) for Energy Saving in Buildings: Review*. Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 39, p. 139-165. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.07.055>

Pérez-Urrestarazu, L., Egea, G., Franco-Salas, A., Fernández-Canero, R. (2013). *Irrigation systems evaluation for living walls*. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, Volume 1440, Issue 4.

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, Issue 1, p. 406-414. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2012.02.045>

Perini, K., Ottelé, M., Haas, E. M., Raiteri, R. (2011). *Greening the building envelope, facade greening and living wall systems*. Open Journal of Ecology Vol 1, 1-8. <http://dx.doi.org/10.4236/oje.2011.11001>

Perini, K., Ottelé, M., Fraaij, A.L.A., Haas, E. M., Raiteri, R. (2011) (a). *Vertical Greening Systems and the Effect on Air Flow and Temperature on the Building Envelope*. Building and Environment, Volume 46, Issue 11, p. 2287-2294. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2011.05.009>

Perini, K., Rosasco, P. (2013). *Cost-benefit Analysis for Green Façades and Living Wall Systems*. Building and Environment, Volume 70, p. 110-121. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2013.08.012>

Perini, K., Ottelé, M. (2014). *Designing Green Facades and Living Wall Systems for Sustainable Constructions*. International Journal of Design & Nature and Ecodynamics, Volume 9, p. 31-46. <http://dx.doi.org/10.2495/DNE-V9-N1-31-46>

Pugh, T. A. M., MacKenzie, A. R., Whyatt, J. D., Hewitt, C. N. (2012). *Effectiveness of Green Infrastructure for Improvement of Air Quality in Urban Street Canyons*. Environmental Science & Technology. <https://doi.org/10.1021/es300826w>

Radic, M., Dodig, M. B., Auer, T. (2019). *Green Facades and Living Walls – A Review Establishing the Classification of Construction Types and Mapping the Benefits*. Sustainability, 4579. <https://doi.org/10.3390/su11174579>

Raji, B., Tenpierik, M. J., Van Den Dobbelsteen, A. (2015). *The Impact of Greening on Building Energy Performance: A Literature Review*. Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 45, p. 610-623. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.02.011>

Renterghem, T. V., Hornikx, M., Forssen, J. & Dick, B. (2013). *The potential of building envelope greening to achieve quietness*. Building and Environment, Volume 61, p. 34-44. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2012.12.001>

Riley, B. (2017). *The State of the Art of Living Walls: Lessons Learned*. Building and Environment, Volume 114, pp. 219-232. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2016.12.016>

Rodrigues, B. J. R. (2014). *Reabilitação Sustentável em Edifícios Habitacionais com Valor Histórico*. Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Civil, ISEP

Roehr, D., Laurenz, J. Living Skins (2008) *Environmental Benefits of Green Envelopes in the City Context*. WIT Transactions on Ecology and the Environment, Volume 113, p. 149-158. <http://dx.doi.org/10.2495/ARC080151>

Roofs (2008). *Introduction to Green Walls Technology, Benefits & Design*. Obtido de http://www.csaec.org/wp-content/uploads/2017/04/greenscreen_Introduction-to-Green-Walls.pdf

Rosasco, P., Perini, K. (2018). *Evaluating the Economic Sustainability of a Vertical Greening System: A Cost-Benefit Analysis of a Pilot Project in Mediterranean Area*. Build and Environment, Volume 142, p. 524-533. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2018.06.017>

Santos, F. C. (2017). *Uso de Vegetação na Envolvente Vertical dos Edifícios*. Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Civil, FEUP.

Sarnitz, A. (2009). LOOS. Taschen.

Scherer, M., Alves, T., & Redin, J. (2018). *Envoltórias Vegetadas Aplicadas em Edificações: Benefícios e Técnicas*. Revista de Arquitetura IMED, 7(1), 84-101. <https://doi.org/10.18256/2318-1109.2018.v7i1.2693>

Sekaran, V. (2015). *Exterior Green Wall Design*. The Images Publishing Group.

Serra, V., Bianco, L., Giordano, R., Montacchini, E., Tedesco, S., Larcher, F., Schiavi, A. (2017). *A novel vertical greenery module system for building envelopes: The results and outcomes of a multidisciplinary research project*. Energy and Buildings, Volume 146, p. 333–352. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2017.04.046>

Sesilja, D., Milankovic, T. (2010). *Green Roofs as a Method of Ecoremediation of Urban Ecosystems*. International Conference Degraded Areas and Ecoremediation. Faculty of Applied Ecology Futura. Belgrade. Serbia. p 415-425.

Sheweka, S., Magdy, N. (2011). *The Living Walls as an Approach for a Healthy Urban Environment*. Energy Procedia, Volume 6, p. 592-599. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2011.05.068>

Shiah, K., Kim, J. (2011). *An investigation into the application of vertical garden at the new SUB atrium*. <https://doi.org/10.14288/1.0108430>

Silva, P. W. S. (2018). *O Impacto das Fachadas Verdes nos Microclimas Urbanos*. Dissertação para obtenção do Título de Mestre em Arquitetura e Urbanismo, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo

Sternberg, T., Viles, H., Cathersides, A. (2010). *Evaluating the Role of Ivy (Hedera Helix) in Moderating Wall Surface Microclimate and Contributing to the Bioprotection of Historic Buildings*. Building and Environment, Volume 46, p. 293-297. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2010.07.017>

Susorova, I., Azimi, P., Stephens, B. (2014). *The Effects of Climbing Vegetation on the Local Microclimate, Thermal Performance, and Air Infiltration of Four Building Facade Orientations*. Building and Environment, Volume 76, p. 113-124. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2014.03.011>

Susorova, I., Bahrami, P. (2013). *Facade-integrated Vegetation as An Environmental Sustainable Solution for Energy-efficient Buildings*. MADE Research Journal of Cardiff University: Cardiff, UK, 6–14.

Teotónio, I., Cruz, C. O., Silva, C. M., Morais, J. (2020). *Investing in sustainable built environments: The Willingness to Pay for Green Roofs and Green Walls*. <https://doi.org/10.3390/su12083210>

Timur, O. B., Karaca, E. (2013). *Advances in Landscape Architecture*. IntechOpen. DOI: 10.5772/55763

Tirone, L.; Nunes, K. (2010). *Construção Sustentável - Soluções Eficientes Hoje, a nossa Riqueza de Amanhã*, Tirones Nunes, Portugal.

Ulrich, R. S. (2002). *Health benefits of gardens in hospitals*. Center for Health Systems and Design, Colleges of Architecture and Medicine, Texas A & M University, College State.

UN - United Nations, Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future (Chapter 2). World Commission on Environment and Development, Paris, 1987.

Vázquez, I. (2005). *A Reabilitação do Património Edificado no Contexto da Regeneração Urbana. 2º Seminário - A Intervenção no Património. Práticas de Conservação e Reabilitação*, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (2006).

Veisten, K., Smyrnova, Y., Klæboe, R., Hornikx, M., Mosslemi, M., Kang, J. (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. <https://doi.org/10.3390/ijerph9113770>

Vialard, N. (2010). *Jardinons à la Verticale*. França: Editions Rustica

Vieira, S. M. P. (2018). *Reabilitação sustentável – Um Exemplo da Sustentabilidade na Reabilitação: O Caso de um Edifício da Rua do Vale Formoso, Marvila, Lisboa*. Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Arquitetura. Faculdade de Arquitetura da Universidade de Lisboa

Virtudes, A. (2016). *Benefits of Greenery in Contemporary City*. IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 44 032020. DOI: [10.1088/1755-1315/44/3/032020](https://doi.org/10.1088/1755-1315/44/3/032020)

Vox, G., Blanco, I., Fuina, S., Campiotti, C. A., Mugnozza, G. S., Schettini, E. (2016). *Evaluation of Wall Surface Temperature in Green Facades*. Engineering Sustainability. <https://doi.org/10.1680/jensu.16.00019>

Weinmnaster, M. (2009). *Are Green Walls as "Green" as They Look? Na Introduction to the Various Technologies and Ecological Benefits of Green Walls*. Journal of Green Buildings. <https://doi.org/10.3992/jgb.4.4.3>

Werner, D., Pommer, G., Danzinger, K., Pomper, S. (2018). *Summary concerning the study "Fire Behavior of Green Facades in Large-scale Tests"*. Vienna.

Widiastuti, R., Zaini, J., Caesarendra, W. (2020). *Field Measurement on the Model of Green Facade Systems and Its Effect to Building Indoor Thermal Comfort*. Measurement, Volume 166. <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2020.108212>

Wong, N. H., Tan, A. Y. K., Chen, Y., Sekar, K., Tan, P. Y, Chan, D., Chiang, K., Wong, N. C. (2009). *Thermal evaluation of Vertical Greenery Systems for Building Walls*. Building and Environment, Volume 45, p. 663-672. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2009.08.005>

Wong, N. H., Tan, A. Y. K., Tan, P. Y., Wong, N. C. (2009) (a). *Energy Simulation of Vertical Greenery Systems*. Energy and Buildings, Volume 41, p.1401-1408. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2009.08.010>

Wood, A, Bahrami, P., Safarik, D. (2014). *Green Walls in High-Rise Buildings: An output of the CTBUH Sustainability Working Group*. Council on Tall Buildings and Urban Habitat: Chicago.

Wouw, P. M. F., Ros, E. J. M., Brouwers, H. J. H. (2017). *Precipitation Collection and Evapo(transpi)ration of Living Wall Systems: A Comparative Study Between a Panel System and a Planter Box System*. Building and Environment, Volume 126, p. 221-237. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2017.10.002>

Yang, J., Yu, Q., Gong, P. (2008). *Quantifying air pollution removal by green roofs in Chicago*. Atmospheric Environment, Volume 42, Issue 31, p. 7266-7273. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2008.07.003>

ANEXOS I

Tabela A.1 – Estudos analisados relativos à componente térmica

Referência	Clima	Localização	Tipo de Fachada	Estação do ano	Orientação	ΔT superficial exterior (diminuição)	ΔT interior (diminuição)	Experimental	Simulação	
Wong et al. (2010)	Tropical húmido	Singapura	Fachada Verde	Verão	-	1,1°C - 11,6°C (dia) ; 2°C - 9°C (noite)	-	X		
				Outono						
				Inverno						
				Primavera						
Haggag et al. (2014)	Seco	Abu Dabhi	Parede Viva	Verão	-	-	5°C	X		
Di et al. (1999)	Temperado com inverno rigoroso	Pequim (China)	Fachada Verde	Verão	Sul	8,2°C	-	X		
				Oeste						
Chen et al. (2013)	Temperado com inverno rigoroso	Pequim (China)	Parede Viva	Verão	Oeste	20,8°C	7,7°C	X		
Hoyano (1988)	Temperado com inverno rigoroso	Tóquio (Japão)	Fachada Verde	Verão	Oeste	13°C	7°C			
Hoyama et al. (2013)	Temperado com inverno rigoroso	Kanawaga (Japão)	Fachada Verde	Verão		3,7°C - 11,3°C	-	X		
Susurova et al. (2013)	Temperado com inverno rigoroso	Illinois, Chicago (USA)	Fachada Verde	Verão	Sul	4,7°C	2°C	X		
Susurova et al. (2014)	Temperado com inverno rigoroso	Chicago (USA)	Fachada Verde	Verão	Este	12,6°C	-	X		
Perini et al. (2011) (a)	Temperado com inverno suave	Delft (Holanda)	Fachada Verde	Verão ; Inverno	Noroeste	1,2°C	-	X		
		Roterdão (Holanda)	Parede Viva		Noroeste	2,7°C				
		Benthuizen (Holanda)	Parede Viva		Oeste	3,85°C				
Hoelscher et al. (2016)	Temperado com inverno suave	Berlim (Alemanha)	Fachada Verde	Verão	Sul	15,5°C	1,7°C	X		
					Este	10,5°C				
					Oeste	13,9°C				
Djedjig et al. (2017)	Temperado com inverno suave	França	Parede Viva	Verão	Oeste	15°C	5°C	X		
Olivieri et al. (2013)	Temperado com inverno suave	Colmenar Viejo (Espanha)	Parede Viva	Verão	Sul	15,1°C - 31,9°C	-	X		
				Outono						
				Inverno						
				Primavera						
Olivieri et al. (2014)	Temperado com inverno suave	Madrid (Espanha)	Parede Verde	Verão	-	-	4°C - 5°C	X		
Eumorfopoulou et al. (2009)	Temperado com inverno suave	Saloniki (Grécia)	Fachada Verde	Verão	Norte	1,9°C - 8,3°C	-	X		
					Sul					
					Este					
					Oeste					
Eumorfopoulou et al. (2009)	Temperado com inverno suave	Thessaloniki (Grécia)	Parede Verde	Verão	Este	5,7 °C	0,9°C T _{si} -T _i < 1°C	X		
Pérez et al. (2011)	Temperado com inverno suave	Lleida (Espanha)	Parede Verde	Verão	Sul	16°C	2,5°C	X		
					Este	15°C				
					Oeste	16,4°C				
Coma et al. (2017)	Temperado com inverno suave	Catalunha (Espanha)	Parede Verde	Inverno	Sul	16,5°C	-	X		
					Este	4,5°C				
					Oeste	6,5°C				
Vox et al. (2016)	Temperado com inverno suave	Itália	Fachada Verde	Verão	Sul	1,6°C - 5°C	-	X		
Vox et al. (2017)	Temperado com inverno suave	Bari (Itália)	Fachada Verde	Verão	Sul	9°C	-	X		
				Inverno		4°C - 5°C				
Sendra-Arnanz et al. (2020)	Temperado com inverno suave	Madrid (Espanha)	Parede Viva	Verão	-	20°C	-	X		
				Inverno		8°C				
Mazzali et al. (2013)	Temperado com inverno suave	Veneza (Itália)	Parede Viva	Verão	Sul; Oeste	12°C - 20°C (dia) ; 2°C - 3°C (noite)	-	X		
		Lonigo (Itália)		Inverno		16°C (dia) ; 6°C (noite)				
		Pisa (Itália)				12°C (dia) ; 3°C (noite)				
Ottele et al. (2017)	-	-	Fachada Verde	Inverno	-	1,7°C	-	X		
			Parede Viva			8,4°C				

ANEXOS II

Tabela A.2 – Tabela com os valores da Tse, da fachada sul, no período de inverno

FACHADA SUL				
		Parede Normal	Parede Verde	
Data	Tempo	Temperatura Superficial Exterior (°C)		Δ Tse (°C)
14.01.2021	08.00	11,95	14,21	2,26
14.01.2021	09.00	12,56	11,79	-0,77
14.01.2021	10.00	20,09	10,71	-9,39
14.01.2021	11.00	28,12	10,37	-17,75
14.01.2021	12.00	34,59	10,42	-24,16
14.01.2021	13.00	38,73	10,65	-28,09
14.01.2021	14.00	40,23	10,88	-29,35
14.01.2021	15.00	38,93	11,02	-27,91
14.01.2021	16.00	34,62	11,00	-23,63
14.01.2021	17.00	26,36	10,63	-15,73
14.01.2021	18.00	16,84	9,90	-6,93
14.01.2021	19.00	12,25	9,23	-3,02
14.01.2021	20.00	9,84	8,61	-1,23
14.01.2021	21.00	8,44	8,08	-0,36
14.01.2021	22.00	7,54	7,61	0,08
14.01.2021	23.00	6,88	7,22	0,34
15.01.2021	00.00	6,35	6,87	0,52
15.01.2021	01.00	5,91	6,56	0,65
15.01.2021	02.00	5,51	6,28	0,77
15.01.2021	03.00	5,15	6,02	0,88
15.01.2021	04.00	4,80	5,78	0,97
15.01.2021	05.00	4,48	5,54	1,06
15.01.2021	06.00	4,17	5,32	1,15
15.01.2021	07.00	3,99	5,18	1,19

Tabela A.3 – Tabela com os valores da Tse, da fachada oeste, no período de inverno

FACHADA OESTE				
		Parede Normal	Parede Verde	
Data	Tempo	Temperatura Superficial Exterior (°C)		Δ Tse (°C)
14.01.2021	08.00	10,55	12,30	1,75
14.01.2021	09.00	8,32	9,99	1,66
14.01.2021	10.00	8,36	9,07	0,70
14.01.2021	11.00	9,13	8,75	-0,37
14.01.2021	12.00	9,98	8,72	-1,26
14.01.2021	13.00	10,95	8,90	-2,04
14.01.2021	14.00	14,60	9,07	-5,53
14.01.2021	15.00	18,67	9,21	-9,45
14.01.2021	16.00	20,91	9,36	-11,55
14.01.2021	17.00	18,18	9,30	-8,88
14.01.2021	18.00	11,41	9,07	-2,34
14.01.2021	19.00	9,04	8,80	-0,24
14.01.2021	20.00	8,05	8,52	0,48
14.01.2021	21.00	7,51	8,25	0,74
14.01.2021	22.00	7,14	8,00	0,86
14.01.2021	23.00	6,82	7,75	0,93
15.01.2021	00.00	6,53	7,51	0,98
15.01.2021	01.00	6,25	7,28	1,03
15.01.2021	02.00	5,98	7,05	1,07
15.01.2021	03.00	5,71	6,83	1,11
15.01.2021	04.00	5,45	6,60	1,15
15.01.2021	05.00	5,19	6,38	1,19
15.01.2021	06.00	4,93	6,15	1,22
15.01.2021	07.00	4,88	6,10	1,22

Tabela A.4 – Tabela com os valores da Tse, da fachada norte, no período de inverno

FACHADA NORTE				
		Parede Normal	Parede Verde	
Data	Tempo	Temperatura Superficial Exterior (°C)		Δ Tse (°C)
14.01.2021	08.00	11,32	13,32	2,00
14.01.2021	09.00	8,74	10,75	2,01
14.01.2021	10.00	8,52	9,50	0,98
14.01.2021	11.00	9,20	8,93	-0,27
14.01.2021	12.00	10,08	8,70	-1,38
14.01.2021	13.00	10,82	8,64	-2,18
14.01.2021	14.00	11,21	8,64	-2,57
14.01.2021	15.00	11,16	8,64	-2,51
14.01.2021	16.00	10,62	8,61	-2,02
14.01.2021	17.00	9,45	8,41	-1,04
14.01.2021	18.00	8,14	8,10	-0,03
14.01.2021	19.00	7,41	7,82	0,41
14.01.2021	20.00	6,95	7,56	0,61
14.01.2021	21.00	6,60	7,31	0,72
14.01.2021	22.00	6,29	7,08	0,78
14.01.2021	23.00	6,01	6,85	0,84
15.01.2021	00.00	5,74	6,62	0,89
15.01.2021	01.00	5,47	6,40	0,93
15.01.2021	02.00	5,21	6,18	0,97
15.01.2021	03.00	4,95	5,96	1,01
15.01.2021	04.00	4,69	5,74	1,06
15.01.2021	05.00	4,43	5,52	1,09
15.01.2021	06.00	4,17	5,31	1,13
15.01.2021	07.00	4,09	5,22	1,13

Tabela A.5 – Tabela com os valores da Tse, da fachada este, no período de inverno

FACHADA ESTE				
		Parede Normal	Parede Verde	
Data	Tempo	Temperatura Superficial Exterior (°C)		Δ Tse (°C)
14.01.2021	08.00	10,59	12,35	1,76
14.01.2021	09.00	12,42	10,13	-2,29
14.01.2021	10.00	17,73	9,43	-8,30
14.01.2021	11.00	19,36	9,29	-10,07
14.01.2021	12.00	17,68	9,30	-8,38
14.01.2021	13.00	14,08	9,32	-4,75
14.01.2021	14.00	12,40	9,26	-3,14
14.01.2021	15.00	11,62	9,23	-2,40
14.01.2021	16.00	10,89	9,23	-1,66
14.01.2021	17.00	9,74	9,09	-0,65
14.01.2021	18.00	8,56	8,84	0,28
14.01.2021	19.00	7,96	8,60	0,64
14.01.2021	20.00	7,57	8,36	0,79
14.01.2021	21.00	7,25	8,13	0,88
14.01.2021	22.00	6,96	7,91	0,94
14.01.2021	23.00	6,69	7,68	0,99
15.01.2021	00.00	6,42	7,46	1,04
15.01.2021	01.00	6,16	7,24	1,08
15.01.2021	02.00	5,90	7,02	1,12
15.01.2021	03.00	5,65	6,80	1,15
15.01.2021	04.00	5,40	6,58	1,19
15.01.2021	05.00	5,14	6,36	1,22
15.01.2021	06.00	4,89	6,14	1,25
15.01.2021	07.00	4,85	6,10	1,25

Tabela A.6 – Tabela com os valores da Ta, da fachada sul, no período de inverno

FACHADA SUL				
		Parede Normal	Parede Verde	
Data	Tempo	Temperatura do Ar Exterior perto da Fachada (°C)		Δ Ta (°C)
14.01.2021	08.00	8,02	7,71	-0,31
14.01.2021	09.00	8,30	8,76	0,46
14.01.2021	10.00	8,83	10,01	1,18
14.01.2021	11.00	9,37	10,91	1,54
14.01.2021	12.00	9,85	11,53	1,69
14.01.2021	13.00	10,23	11,95	1,72
14.01.2021	14.00	10,51	12,14	1,63
14.01.2021	15.00	10,69	12,11	1,41
14.01.2021	16.00	10,80	11,82	1,03
14.01.2021	17.00	10,41	10,62	0,21
14.01.2021	18.00	10,05	9,57	-0,48
14.01.2021	19.00	9,79	9,28	-0,51
14.01.2021	20.00	9,55	9,02	-0,53
14.01.2021	21.00	9,31	8,76	-0,56
14.01.2021	22.00	9,08	8,51	-0,57
14.01.2021	23.00	8,84	8,26	-0,58
15.01.2021	00.00	8,60	8,01	-0,59
15.01.2021	01.00	8,36	7,77	-0,59
15.01.2021	02.00	8,12	7,53	-0,59
15.01.2021	03.00	7,88	7,29	-0,59
15.01.2021	04.00	7,63	7,04	-0,59
15.01.2021	05.00	7,39	6,81	-0,58
15.01.2021	06.00	7,14	6,56	-0,58
15.01.2021	07.00	7,36	6,77	-0,59

Tabela A.7 – Tabela com os valores da Ta, da fachada oeste, no período de inverno

FACHADA OESTE				
		Parede Normal	Parede Verde	
Data	Tempo	Temperatura do Ar Exterior perto da Fachada (°C)		Δ Ta (°C)
14.01.2021	08.00	7,92	7,75	-0,17
14.01.2021	09.00	8,18	8,06	-0,12
14.01.2021	10.00	8,61	8,53	-0,08
14.01.2021	11.00	9,09	9,04	-0,05
14.01.2021	12.00	9,54	9,51	-0,04
14.01.2021	13.00	9,97	10,10	0,13
14.01.2021	14.00	10,34	10,42	0,07
14.01.2021	15.00	10,64	10,63	-0,02
14.01.2021	16.00	10,86	10,79	-0,06
14.01.2021	17.00	10,46	10,35	-0,11
14.01.2021	18.00	10,04	9,96	-0,08
14.01.2021	19.00	9,75	9,71	-0,04
14.01.2021	20.00	9,50	9,47	-0,03
14.01.2021	21.00	9,25	9,22	-0,03
14.01.2021	22.00	9,01	8,98	-0,02
14.01.2021	23.00	8,75	8,73	-0,02
15.01.2021	00.00	8,49	8,47	-0,02
15.01.2021	01.00	8,25	8,22	-0,02
15.01.2021	02.00	7,99	7,97	-0,02
15.01.2021	03.00	7,74	7,72	-0,02
15.01.2021	04.00	7,48	7,46	-0,02
15.01.2021	05.00	7,22	7,20	-0,02
15.01.2021	06.00	6,96	6,94	-0,02
15.01.2021	07.00	7,24	7,22	-0,01

Tabela A.8 – Tabela com os valores da Ta, da fachada norte, no período de inverno

FACHADA NORTE				
		Parede Normal	Parede Verde	
Data	Tempo	Temperatura do Ar Exterior perto da Fachada (°C)		Δ Ta (°C)
14.01.2021	08.00	7,89	7,45	-0,44
14.01.2021	09.00	8,19	7,73	-0,46
14.01.2021	10.00	8,65	8,32	-0,33
14.01.2021	11.00	9,11	8,90	-0,22
14.01.2021	12.00	9,56	9,41	-0,15
14.01.2021	13.00	9,95	9,81	-0,14
14.01.2021	14.00	10,26	10,07	-0,19
14.01.2021	15.00	10,51	10,20	-0,31
14.01.2021	16.00	10,71	10,23	-0,48
14.01.2021	17.00	10,35	9,70	-0,66
14.01.2021	18.00	10,03	9,30	-0,73
14.01.2021	19.00	9,77	9,04	-0,73
14.01.2021	20.00	9,53	8,80	-0,73
14.01.2021	21.00	9,27	8,55	-0,73
14.01.2021	22.00	9,03	8,30	-0,73
14.01.2021	23.00	8,77	8,05	-0,72
15.01.2021	00.00	8,51	7,79	-0,72
15.01.2021	01.00	8,26	7,54	-0,72
15.01.2021	02.00	8,00	7,28	-0,72
15.01.2021	03.00	7,75	7,03	-0,72
15.01.2021	04.00	7,48	6,77	-0,71
15.01.2021	05.00	7,23	6,52	-0,71
15.01.2021	06.00	6,97	6,26	-0,71
15.01.2021	07.00	7,26	6,53	-0,73

Tabela A.9 – Tabela com os valores da Ta, da fachada este, no período de inverno

FACHADA ESTE				
		Parede Normal	Parede Verde	
Data	Tempo	Temperatura do Ar Exterior perto da Fachada (°C)		Δ Ta (°C)
14.01.2021	08.00	7,92	7,73	-0,19
14.01.2021	09.00	8,25	8,41	0,17
14.01.2021	10.00	8,81	9,15	0,34
14.01.2021	11.00	9,31	9,65	0,34
14.01.2021	12.00	9,72	9,92	0,20
14.01.2021	13.00	10,04	10,19	0,15
14.01.2021	14.00	10,26	10,19	-0,06
14.01.2021	15.00	10,46	10,38	-0,08
14.01.2021	16.00	10,64	10,57	-0,07
14.01.2021	17.00	10,29	10,24	-0,05
14.01.2021	18.00	9,97	9,93	-0,04
14.01.2021	19.00	9,72	9,69	-0,03
14.01.2021	20.00	9,48	9,45	-0,03
14.01.2021	21.00	9,23	9,20	-0,02
14.01.2021	22.00	8,99	8,96	-0,02
14.01.2021	23.00	8,73	8,71	-0,02
15.01.2021	00.00	8,48	8,46	-0,02
15.01.2021	01.00	8,23	8,21	-0,02
15.01.2021	02.00	7,98	7,96	-0,02
15.01.2021	03.00	7,73	7,71	-0,02
15.01.2021	04.00	7,47	7,46	-0,02
15.01.2021	05.00	7,22	7,21	-0,02
15.01.2021	06.00	6,97	6,95	-0,02
15.01.2021	07.00	7,24	7,22	-0,01

Tabela A.10 – Tabela com os valores da Tsi, da fachada sul, no período de inverno

FACHADA SUL				
		Parede Normal	Parede Verde	
Data	Tempo	Temperatura Superficial Interior (°C)		Δ Tsi (°C)
14.01.2021	08.00	19,85	19,85	0,00
14.01.2021	09.00	19,83	19,83	0,00
14.01.2021	10.00	19,77	19,78	0,01
14.01.2021	11.00	19,69	19,69	0,01
14.01.2021	12.00	19,60	19,58	-0,02
14.01.2021	13.00	19,53	19,45	-0,08
14.01.2021	14.00	19,50	19,32	-0,19
14.01.2021	15.00	19,52	19,18	-0,34
14.01.2021	16.00	19,57	19,05	-0,52
14.01.2021	17.00	19,64	18,92	-0,72
14.01.2021	18.00	19,71	18,78	-0,93
14.01.2021	19.00	19,75	18,63	-1,12
14.01.2021	20.00	19,73	18,46	-1,27
14.01.2021	21.00	19,66	18,27	-1,39
14.01.2021	22.00	19,54	18,08	-1,47
14.01.2021	23.00	19,38	17,87	-1,51
15.01.2021	00.00	19,17	17,65	-1,53
15.01.2021	01.00	18,94	17,42	-1,52
15.01.2021	02.00	18,69	17,19	-1,50
15.01.2021	03.00	18,42	16,95	-1,47
15.01.2021	04.00	18,13	16,71	-1,42
15.01.2021	05.00	17,84	16,46	-1,38
15.01.2021	06.00	17,53	16,21	-1,32
15.01.2021	07.00	17,23	15,97	-1,26

Tabela A.11 – Tabela com os valores da Tsi, da fachada oeste, no período de inverno

FACHADA OESTE				
		Parede Normal	Parede Verde	
Data	Tempo	Temperatura Superficial Interior (°C)		Δ Tsi (°C)
14.01.2021	08.00	19,85	19,85	0,00
14.01.2021	09.00	19,83	19,83	0,00
14.01.2021	10.00	19,77	19,77	0,01
14.01.2021	11.00	19,66	19,68	0,02
14.01.2021	12.00	19,53	19,55	0,02
14.01.2021	13.00	19,40	19,41	0,02
14.01.2021	14.00	19,26	19,27	0,01
14.01.2021	15.00	19,14	19,12	-0,02
14.01.2021	16.00	19,04	18,98	-0,06
14.01.2021	17.00	18,96	18,84	-0,13
14.01.2021	18.00	18,90	18,69	-0,21
14.01.2021	19.00	18,82	18,52	-0,30
14.01.2021	20.00	18,72	18,35	-0,38
14.01.2021	21.00	18,60	18,16	-0,44
14.01.2021	22.00	18,45	17,96	-0,49
14.01.2021	23.00	18,27	17,75	-0,53
15.01.2021	00.00	18,08	17,53	-0,55
15.01.2021	01.00	17,87	17,31	-0,56
15.01.2021	02.00	17,65	17,08	-0,57
15.01.2021	03.00	17,42	16,85	-0,57
15.01.2021	04.00	17,18	16,62	-0,56
15.01.2021	05.00	16,93	16,38	-0,55
15.01.2021	06.00	16,68	16,15	-0,54
15.01.2021	07.00	16,43	15,91	-0,52

Tabela A.12 – Tabela com os valores da Tsi, da fachada norte, no período de inverno

FACHADA NORTE				
		Parede Normal	Parede Verde	
Data	Tempo	Temperatura Superficial Interior (°C)		Δ Tsi (°C)
14.01.2021	08.00	19,85	19,85	0,00
14.01.2021	09.00	19,83	19,83	0,00
14.01.2021	10.00	19,77	19,78	0,01
14.01.2021	11.00	19,67	19,69	0,02
14.01.2021	12.00	19,54	19,57	0,02
14.01.2021	13.00	19,41	19,43	0,02
14.01.2021	14.00	19,27	19,29	0,01
14.01.2021	15.00	19,15	19,14	-0,01
14.01.2021	16.00	19,04	19,00	-0,05
14.01.2021	17.00	18,94	18,85	-0,09
14.01.2021	18.00	18,83	18,70	-0,14
14.01.2021	19.00	18,72	18,53	-0,18
14.01.2021	20.00	18,58	18,35	-0,23
14.01.2021	21.00	18,42	18,15	-0,27
14.01.2021	22.00	18,24	17,94	-0,30
14.01.2021	23.00	18,05	17,73	-0,32
15.01.2021	00.00	17,84	17,50	-0,34
15.01.2021	01.00	17,63	17,27	-0,36
15.01.2021	02.00	17,40	17,04	-0,36
15.01.2021	03.00	17,17	16,80	-0,37
15.01.2021	04.00	16,93	16,56	-0,37
15.01.2021	05.00	16,69	16,32	-0,36
15.01.2021	06.00	16,44	16,08	-0,36
15.01.2021	07.00	16,19	15,84	-0,35

Tabela A.13 – Tabela com os valores da Tsi, da fachada este, no período de inverno

FACHADA ESTE				
		Parede Normal	Parede Verde	
Data	Tempo	Temperatura Superficial Interior (°C)		Δ Tsi (°C)
14.01.2021	08.00	19,85	19,85	0,00
14.01.2021	09.00	19,83	19,83	0,00
14.01.2021	10.00	19,77	19,77	0,01
14.01.2021	11.00	19,68	19,68	0,00
14.01.2021	12.00	19,58	19,56	-0,02
14.01.2021	13.00	19,48	19,42	-0,06
14.01.2021	14.00	19,39	19,28	-0,12
14.01.2021	15.00	19,31	19,13	-0,18
14.01.2021	16.00	19,23	18,99	-0,24
14.01.2021	17.00	19,15	18,85	-0,30
14.01.2021	18.00	19,06	18,70	-0,36
14.01.2021	19.00	18,95	18,54	-0,41
14.01.2021	20.00	18,82	18,36	-0,45
14.01.2021	21.00	18,66	18,17	-0,49
14.01.2021	22.00	18,48	17,97	-0,51
14.01.2021	23.00	18,28	17,76	-0,53
15.01.2021	00.00	18,07	17,54	-0,54
15.01.2021	01.00	17,85	17,31	-0,54
15.01.2021	02.00	17,62	17,09	-0,54
15.01.2021	03.00	17,38	16,86	-0,53
15.01.2021	04.00	17,14	16,62	-0,52
15.01.2021	05.00	16,89	16,39	-0,50
15.01.2021	06.00	16,64	16,15	-0,49
15.01.2021	07.00	16,38	15,91	-0,47

Tabela A.14 – Tabela com os valores da Ti, da fachada sul, no período de inverno

FACHADA SUL				
		Parede Normal	Parede Verde	
Data	Tempo	Temperatura Interior (°C)		Δ Ti (°C)
14.01.2021	08.00	19,85	19,85	0,00
14.01.2021	09.00	19,81	19,81	0,00
14.01.2021	10.00	19,71	19,71	0,00
14.01.2021	11.00	19,55	19,56	0,01
14.01.2021	12.00	19,38	19,38	0,00
14.01.2021	13.00	19,22	19,21	-0,02
14.01.2021	14.00	19,11	19,06	-0,05
14.01.2021	15.00	19,03	18,93	-0,09
14.01.2021	16.00	18,97	18,82	-0,15
14.01.2021	17.00	18,93	18,71	-0,22
14.01.2021	18.00	18,88	18,58	-0,30
14.01.2021	19.00	18,79	18,42	-0,37
14.01.2021	20.00	18,65	18,22	-0,43
14.01.2021	21.00	18,47	17,98	-0,49
14.01.2021	22.00	18,26	17,73	-0,53
14.01.2021	23.00	18,02	17,47	-0,56
15.01.2021	00.00	17,77	17,20	-0,57
15.01.2021	01.00	17,51	16,92	-0,59
15.01.2021	02.00	17,23	16,65	-0,59
15.01.2021	03.00	16,96	16,37	-0,59
15.01.2021	04.00	16,67	16,09	-0,58
15.01.2021	05.00	16,39	15,82	-0,57
15.01.2021	06.00	16,10	15,54	-0,56
15.01.2021	07.00	15,81	15,27	-0,54

Tabela A.15 – Tabela com os valores da Ti, da fachada oeste, no período de inverno

FACHADA OESTE				
		Parede Normal	Parede Verde	
Data	Tempo	Temperatura Interior (°C)		Δ Ti (°C)
14.01.2021	08.00	19,85	19,85	0,00
14.01.2021	09.00	19,81	19,81	0,00
14.01.2021	10.00	19,71	19,71	0,00
14.01.2021	11.00	19,55	19,56	0,01
14.01.2021	12.00	19,38	19,38	0,00
14.01.2021	13.00	19,22	19,21	-0,02
14.01.2021	14.00	19,11	19,06	-0,05
14.01.2021	15.00	19,03	18,93	-0,09
14.01.2021	16.00	18,97	18,82	-0,15
14.01.2021	17.00	18,93	18,71	-0,22
14.01.2021	18.00	18,88	18,58	-0,30
14.01.2021	19.00	18,79	18,42	-0,37
14.01.2021	20.00	18,65	18,22	-0,43
14.01.2021	21.00	18,47	17,98	-0,49
14.01.2021	22.00	18,26	17,73	-0,53
14.01.2021	23.00	18,02	17,47	-0,56
15.01.2021	00.00	17,77	17,20	-0,57
15.01.2021	01.00	17,51	16,92	-0,59
15.01.2021	02.00	17,23	16,65	-0,59
15.01.2021	03.00	16,96	16,37	-0,59
15.01.2021	04.00	16,67	16,09	-0,58
15.01.2021	05.00	16,39	15,82	-0,57
15.01.2021	06.00	16,10	15,54	-0,56
15.01.2021	07.00	15,81	15,27	-0,54

Tabela A.16 – Tabela com os valores da Ti, da fachada norte, no período de inverno

FACHADA NORTE				
		Parede Normal	Parede Verde	
Data	Tempo	Temperatura Interior (°C)		Δ Ti (°C)
14.01.2021	08.00	19,85	19,85	0,00
14.01.2021	09.00	19,81	19,81	0,00
14.01.2021	10.00	19,71	19,71	0,00
14.01.2021	11.00	19,55	19,56	0,01
14.01.2021	12.00	19,38	19,38	0,00
14.01.2021	13.00	19,22	19,21	-0,02
14.01.2021	14.00	19,11	19,06	-0,05
14.01.2021	15.00	19,03	18,93	-0,09
14.01.2021	16.00	18,97	18,82	-0,15
14.01.2021	17.00	18,93	18,71	-0,22
14.01.2021	18.00	18,88	18,58	-0,30
14.01.2021	19.00	18,79	18,42	-0,37
14.01.2021	20.00	18,65	18,22	-0,43
14.01.2021	21.00	18,47	17,98	-0,49
14.01.2021	22.00	18,26	17,73	-0,53
14.01.2021	23.00	18,02	17,47	-0,56
15.01.2021	00.00	17,77	17,20	-0,57
15.01.2021	01.00	17,51	16,92	-0,59
15.01.2021	02.00	17,23	16,65	-0,59
15.01.2021	03.00	16,96	16,37	-0,59
15.01.2021	04.00	16,67	16,09	-0,58
15.01.2021	05.00	16,39	15,82	-0,57
15.01.2021	06.00	16,10	15,54	-0,56
15.01.2021	07.00	15,81	15,27	-0,54

Tabela A.17 – Tabela com os valores da Ti, da fachada este, no período de inverno

FACHADA ESTE				
		Parede Normal	Parede Verde	
Data	Tempo	Temperatura Interior (°C)		Δ Ti (°C)
14.01.2021	08.00	19,85	19,85	0,00
14.01.2021	09.00	19,81	19,81	0,00
14.01.2021	10.00	19,71	19,71	0,00
14.01.2021	11.00	19,55	19,56	0,01
14.01.2021	12.00	19,38	19,38	0,00
14.01.2021	13.00	19,22	19,21	-0,02
14.01.2021	14.00	19,11	19,06	-0,05
14.01.2021	15.00	19,03	18,93	-0,09
14.01.2021	16.00	18,97	18,82	-0,15
14.01.2021	17.00	18,93	18,71	-0,22
14.01.2021	18.00	18,88	18,58	-0,30
14.01.2021	19.00	18,79	18,42	-0,37
14.01.2021	20.00	18,65	18,22	-0,43
14.01.2021	21.00	18,47	17,98	-0,49
14.01.2021	22.00	18,26	17,73	-0,53
14.01.2021	23.00	18,02	17,47	-0,56
15.01.2021	00.00	17,77	17,20	-0,57
15.01.2021	01.00	17,51	16,92	-0,59
15.01.2021	02.00	17,23	16,65	-0,59
15.01.2021	03.00	16,96	16,37	-0,59
15.01.2021	04.00	16,67	16,09	-0,58
15.01.2021	05.00	16,39	15,82	-0,57
15.01.2021	06.00	16,10	15,54	-0,56
15.01.2021	07.00	15,81	15,27	-0,54

Tabela A.18 – Tabela com os valores da Tse, da fachada sul, no período de verão

FACHADA SUL				
		Parede Normal	Parede Verde	
Data	Tempo	Temperatura Superficial Exterior (°C)		Δ Tse (°C)
14.07.2021	08.00	18,74	17,99	-0,76
14.07.2021	09.00	20,44	17,78	-2,66
14.07.2021	10.00	25,20	18,14	-7,06
14.07.2021	11.00	31,22	18,65	-12,57
14.07.2021	12.00	36,88	19,41	-17,47
14.07.2021	13.00	41,29	20,35	-20,93
14.07.2021	14.00	43,83	21,31	-22,52
14.07.2021	15.00	44,29	22,26	-22,03
14.07.2021	16.00	42,71	23,14	-19,57
14.07.2021	17.00	38,74	23,55	-15,19
14.07.2021	18.00	34,82	23,35	-11,47
14.07.2021	19.00	30,83	22,77	-8,06
14.07.2021	20.00	27,12	22,09	-5,03
14.07.2021	21.00	24,82	21,42	-3,40
14.07.2021	22.00	23,19	20,75	-2,44
14.07.2021	23.00	21,87	20,09	-1,78
15.07.2021	00.00	20,70	19,43	-1,28
15.07.2021	01.00	19,61	18,76	-0,85
15.07.2021	02.00	18,57	18,09	-0,48
15.07.2021	03.00	17,55	17,40	-0,14
15.07.2021	04.00	16,54	16,71	0,17
15.07.2021	05.00	15,55	16,01	0,46
15.07.2021	06.00	14,57	15,30	0,72
15.07.2021	07.00	15,14	15,05	-0,09

Tabela A.19 – Tabela com os valores da Tse, da fachada oeste, no período de verão

FACHADA OESTE				
		Parede Normal	Parede Verde	
Data	Tempo	Temperatura Superficial Exterior (°C)		Δ Tse (°C)
14.07.2021	08.00	18,79	18,09	-0,70
14.07.2021	09.00	20,39	18,43	-1,95
14.07.2021	10.00	22,61	19,30	-3,31
14.07.2021	11.00	25,00	20,37	-4,62
14.07.2021	12.00	27,38	21,59	-5,78
14.07.2021	13.00	30,09	22,90	-7,20
14.07.2021	14.00	36,13	24,22	-11,92
14.07.2021	15.00	42,70	25,54	-17,16
14.07.2021	16.00	47,81	26,77	-21,03
14.07.2021	17.00	49,84	27,06	-22,78
14.07.2021	18.00	48,00	26,59	-21,41
14.07.2021	19.00	40,92	25,79	-15,13
14.07.2021	20.00	30,18	24,89	-5,29
14.07.2021	21.00	26,19	24,02	-2,17
14.07.2021	22.00	24,19	23,15	-1,04
14.07.2021	23.00	22,80	22,29	-0,52
15.07.2021	00.00	21,63	21,43	-0,20
15.07.2021	01.00	20,53	20,57	0,04
15.07.2021	02.00	19,47	19,70	0,23
15.07.2021	03.00	18,43	18,83	0,41
15.07.2021	04.00	17,39	17,95	0,56
15.07.2021	05.00	16,36	17,06	0,69
15.07.2021	06.00	15,34	16,16	0,82
15.07.2021	07.00	16,11	16,25	0,14

Tabela A.20 – Tabela com os valores da Tse, da fachada norte, no período de verão

FACHADA NORTE				
		Parede Normal	Parede Verde	
Data	Tempo	Temperatura Superficial Exterior (°C)		Δ Tse (°C)
14.07.2021	08.00	21,36	18,09	-3,27
14.07.2021	09.00	21,57	18,16	-3,42
14.07.2021	10.00	23,09	18,80	-4,29
14.07.2021	11.00	25,33	19,56	-5,77
14.07.2021	12.00	27,79	20,56	-7,24
14.07.2021	13.00	30,21	21,66	-8,56
14.07.2021	14.00	32,34	22,79	-9,55
14.07.2021	15.00	33,99	23,92	-10,08
14.07.2021	16.00	34,97	24,98	-9,99
14.07.2021	17.00	34,50	25,32	-9,18
14.07.2021	18.00	34,26	24,99	-9,27
14.07.2021	19.00	32,42	24,30	-8,13
14.07.2021	20.00	27,47	23,47	-4,00
14.07.2021	21.00	24,90	22,69	-2,21
14.07.2021	22.00	23,26	21,91	-1,35
14.07.2021	23.00	21,98	21,12	-0,86
15.07.2021	00.00	20,84	20,33	-0,51
15.07.2021	01.00	19,77	19,53	-0,24
15.07.2021	02.00	18,73	18,72	0,00
15.07.2021	03.00	17,70	17,91	0,21
15.07.2021	04.00	16,68	17,08	0,40
15.07.2021	05.00	15,67	16,25	0,58
15.07.2021	06.00	14,66	15,41	0,75
15.07.2021	07.00	18,19	15,52	-2,67

Tabela A.21 – Tabela com os valores da Tse, da fachada este, no período de verão

FACHADA ESTE				
		Parede Normal	Parede Verde	
Data	Tempo	Temperatura Superficial Exterior (°C)		Δ Tse (°C)
14.07.2021	08.00	32,81	18,20	-14,62
14.07.2021	09.00	38,51	18,64	-19,87
14.07.2021	10.00	40,53	19,60	-20,93
14.07.2021	11.00	39,76	20,71	-19,05
14.07.2021	12.00	37,02	21,87	-15,15
14.07.2021	13.00	33,56	23,07	-10,50
14.07.2021	14.00	33,20	24,26	-8,94
14.07.2021	15.00	33,95	25,45	-8,51
14.07.2021	16.00	34,61	26,56	-8,05
14.07.2021	17.00	33,89	26,78	-7,11
14.07.2021	18.00	31,82	26,30	-5,52
14.07.2021	19.00	29,03	25,52	-3,52
14.07.2021	20.00	26,32	24,66	-1,67
14.07.2021	21.00	24,73	23,85	-0,88
14.07.2021	22.00	23,50	23,03	-0,47
14.07.2021	23.00	22,40	22,21	-0,19
15.07.2021	00.00	21,36	21,39	0,03
15.07.2021	01.00	20,32	20,55	0,22
15.07.2021	02.00	19,30	19,70	0,39
15.07.2021	03.00	18,29	18,84	0,55
15.07.2021	04.00	17,29	17,97	0,68
15.07.2021	05.00	16,28	17,09	0,81
15.07.2021	06.00	15,28	16,21	0,92
15.07.2021	07.00	24,14	16,34	-7,80

Tabela A.22 – Tabela com os valores da Ta, da fachada sul, no período de verão

FACHADA SUL				
		Parede Normal	Parede Verde	
Data	Tempo	Temperatura do Ar Exterior perto da Fachada (°C)		Δ Ta (°C)
14.07.2021	08.00	19,81	20,09	0,28
14.07.2021	09.00	21,30	21,73	0,42
14.07.2021	10.00	22,83	23,37	0,54
14.07.2021	11.00	24,25	24,58	0,33
14.07.2021	12.00	25,64	26,14	0,51
14.07.2021	13.00	27,05	27,96	0,90
14.07.2021	14.00	28,48	29,33	0,85
14.07.2021	15.00	29,86	30,65	0,79
14.07.2021	16.00	31,08	31,63	0,55
14.07.2021	17.00	30,46	30,66	0,20
14.07.2021	18.00	29,36	28,91	-0,45
14.07.2021	19.00	28,13	27,56	-0,57
14.07.2021	20.00	27,04	26,45	-0,58
14.07.2021	21.00	26,09	25,50	-0,59
14.07.2021	22.00	25,14	24,53	-0,61
14.07.2021	23.00	24,19	23,57	-0,62
15.07.2021	00.00	23,24	22,61	-0,63
15.07.2021	01.00	22,27	21,64	-0,64
15.07.2021	02.00	21,31	20,66	-0,65
15.07.2021	03.00	20,34	19,67	-0,67
15.07.2021	04.00	19,36	18,68	-0,68
15.07.2021	05.00	18,37	17,67	-0,69
15.07.2021	06.00	17,37	16,67	-0,70
15.07.2021	07.00	18,53	17,99	-0,54

Tabela A.23 – Tabela com os valores da Ta, da fachada oeste, no período de verão

FACHADA OESTE				
		Parede Normal	Parede Verde	
Data	Tempo	Temperatura do Ar Exterior perto da Fachada (°C)		Δ Ta (°C)
14.07.2021	08.00	19,52	19,43	-0,09
14.07.2021	09.00	21,09	20,98	-0,11
14.07.2021	10.00	22,65	22,53	-0,12
14.07.2021	11.00	24,16	24,03	-0,13
14.07.2021	12.00	25,70	25,59	-0,10
14.07.2021	13.00	27,27	27,19	-0,08
14.07.2021	14.00	28,88	28,77	-0,10
14.07.2021	15.00	30,44	30,31	-0,13
14.07.2021	16.00	31,84	31,65	-0,19
14.07.2021	17.00	31,07	30,77	-0,30
14.07.2021	18.00	29,86	29,52	-0,34
14.07.2021	19.00	28,46	28,16	-0,29
14.07.2021	20.00	27,14	27,01	-0,13
14.07.2021	21.00	26,07	26,00	-0,07
14.07.2021	22.00	25,03	24,98	-0,05
14.07.2021	23.00	24,00	23,95	-0,04
15.07.2021	00.00	22,97	22,93	-0,04
15.07.2021	01.00	21,93	21,90	-0,03
15.07.2021	02.00	20,90	20,86	-0,04
15.07.2021	03.00	19,86	19,83	-0,04
15.07.2021	04.00	18,82	18,78	-0,04
15.07.2021	05.00	17,77	17,73	-0,05
15.07.2021	06.00	16,73	16,68	-0,05
15.07.2021	07.00	18,11	18,07	-0,05

Tabela A.24 – Tabela com os valores da Ta, da fachada norte, no período de verão

FACHADA NORTE				
		Parede Normal	Parede Verde	
Data	Tempo	Temperatura do Ar Exterior perto da Fachada (°C)		Δ Ta (°C)
14.07.2021	08.00	19,55	19,79	0,24
14.07.2021	09.00	21,13	21,48	0,34
14.07.2021	10.00	22,70	23,12	0,41
14.07.2021	11.00	24,21	24,39	0,17
14.07.2021	12.00	25,75	25,92	0,17
14.07.2021	13.00	27,31	27,48	0,17
14.07.2021	14.00	28,87	29,00	0,13
14.07.2021	15.00	30,39	30,44	0,06
14.07.2021	16.00	31,75	31,68	-0,06
14.07.2021	17.00	30,90	30,66	-0,23
14.07.2021	18.00	29,67	29,29	-0,38
14.07.2021	19.00	28,33	27,75	-0,57
14.07.2021	20.00	27,11	26,59	-0,52
14.07.2021	21.00	26,07	25,57	-0,50
14.07.2021	22.00	25,02	24,53	-0,50
14.07.2021	23.00	23,98	23,50	-0,49
15.07.2021	00.00	22,94	22,46	-0,48
15.07.2021	01.00	21,89	21,41	-0,48
15.07.2021	02.00	20,85	20,36	-0,49
15.07.2021	03.00	19,80	19,31	-0,49
15.07.2021	04.00	18,76	18,26	-0,50
15.07.2021	05.00	17,70	17,19	-0,51
15.07.2021	06.00	16,64	16,13	-0,51
15.07.2021	07.00	18,09	18,22	0,13

Tabela A.25 – Tabela com os valores da Ta, da fachada este, no período de verão

FACHADA ESTE				
		Parede Normal	Parede Verde	
Data	Tempo	Temperatura do Ar Exterior perto da Fachada (°C)		Δ Ta (°C)
14.07.2021	08.00	19,79	19,60	-0,19
14.07.2021	09.00	21,41	21,15	-0,26
14.07.2021	10.00	22,98	22,69	-0,29
14.07.2021	11.00	24,41	24,16	-0,25
14.07.2021	12.00	25,84	25,63	-0,21
14.07.2021	13.00	27,31	27,18	-0,13
14.07.2021	14.00	28,77	28,67	-0,09
14.07.2021	15.00	30,20	30,11	-0,09
14.07.2021	16.00	31,50	31,40	-0,10
14.07.2021	17.00	30,73	30,58	-0,16
14.07.2021	18.00	29,56	29,39	-0,16
14.07.2021	19.00	28,25	28,12	-0,13
14.07.2021	20.00	27,06	26,99	-0,07
14.07.2021	21.00	26,03	25,98	-0,05
14.07.2021	22.00	25,01	24,97	-0,04
14.07.2021	23.00	23,99	23,96	-0,04
15.07.2021	00.00	22,97	22,94	-0,03
15.07.2021	01.00	21,94	21,92	-0,03
15.07.2021	02.00	20,92	20,89	-0,03
15.07.2021	03.00	19,89	19,86	-0,03
15.07.2021	04.00	18,86	18,83	-0,03
15.07.2021	05.00	17,82	17,79	-0,04
15.07.2021	06.00	16,79	16,75	-0,04
15.07.2021	07.00	18,29	18,20	-0,09

Tabela A.26 – Tabela com os valores da Tsi, da fachada sul, no período de verão

FACHADA SUL				
		Parede Normal	Parede Verde	
Data	Tempo	Temperatura Superficial Interior (°C)		Δ Tsi (°C)
14.07.2021	08.00	19,85	19,85	0,00
14.07.2021	09.00	19,85	19,85	0,00
14.07.2021	10.00	19,86	19,85	-0,01
14.07.2021	11.00	19,91	19,87	-0,03
14.07.2021	12.00	19,99	19,92	-0,08
14.07.2021	13.00	20,14	19,99	-0,15
14.07.2021	14.00	20,36	20,10	-0,26
14.07.2021	15.00	20,64	20,24	-0,41
14.07.2021	16.00	20,99	20,41	-0,58
14.07.2021	17.00	21,38	20,60	-0,78
14.07.2021	18.00	21,79	20,80	-0,98
14.07.2021	19.00	22,20	21,02	-1,18
14.07.2021	20.00	22,59	21,22	-1,37
14.07.2021	21.00	22,94	21,40	-1,53
14.07.2021	22.00	23,22	21,56	-1,66
14.07.2021	23.00	23,46	21,69	-1,77
15.07.2021	00.00	23,63	21,79	-1,84
15.07.2021	01.00	23,76	21,87	-1,89
15.07.2021	02.00	23,84	21,92	-1,92
15.07.2021	03.00	23,89	21,96	-1,93
15.07.2021	04.00	23,90	21,97	-1,93
15.07.2021	05.00	23,87	21,96	-1,91
15.07.2021	06.00	23,82	21,93	-1,89
15.07.2021	07.00	23,73	21,88	-1,85

Tabela A.27 – Tabela com os valores da Tsi, da fachada oeste, no período de verão

FACHADA OESTE				
		Parede Normal	Parede Verde	
Data	Tempo	Temperatura Superficial Interior (°C)		Δ Tsi (°C)
14.07.2021	08.00	19,85	19,85	0,00
14.07.2021	09.00	19,85	19,85	0,00
14.07.2021	10.00	19,86	19,85	-0,01
14.07.2021	11.00	19,90	19,88	-0,03
14.07.2021	12.00	19,98	19,92	-0,06
14.07.2021	13.00	20,11	20,00	-0,11
14.07.2021	14.00	20,29	20,12	-0,17
14.07.2021	15.00	20,53	20,27	-0,26
14.07.2021	16.00	20,83	20,46	-0,37
14.07.2021	17.00	21,18	20,67	-0,51
14.07.2021	18.00	21,57	20,90	-0,68
14.07.2021	19.00	22,00	21,13	-0,87
14.07.2021	20.00	22,43	21,36	-1,08
14.07.2021	21.00	22,83	21,56	-1,27
14.07.2021	22.00	23,17	21,74	-1,43
14.07.2021	23.00	23,44	21,88	-1,56
15.07.2021	00.00	23,65	22,00	-1,65
15.07.2021	01.00	23,81	22,10	-1,72
15.07.2021	02.00	23,92	22,16	-1,75
15.07.2021	03.00	23,98	22,21	-1,77
15.07.2021	04.00	24,00	22,22	-1,78
15.07.2021	05.00	23,99	22,22	-1,77
15.07.2021	06.00	23,94	22,19	-1,75
15.07.2021	07.00	23,86	22,14	-1,72

Tabela A.28 – Tabela com os valores da Tsi, da fachada norte, no período de verão

FACHADA NORTE				
		Parede Normal	Parede Verde	
Data	Tempo	Temperatura Superficial Interior (°C)		Δ Tsi (°C)
14.07.2021	08.00	19,85	19,85	0,00
14.07.2021	09.00	19,86	19,85	-0,01
14.07.2021	10.00	19,87	19,85	-0,02
14.07.2021	11.00	19,92	19,87	-0,05
14.07.2021	12.00	20,01	19,92	-0,09
14.07.2021	13.00	20,14	20,00	-0,14
14.07.2021	14.00	20,33	20,11	-0,22
14.07.2021	15.00	20,57	20,26	-0,31
14.07.2021	16.00	20,85	20,43	-0,42
14.07.2021	17.00	21,17	20,63	-0,54
14.07.2021	18.00	21,53	20,85	-0,67
14.07.2021	19.00	21,89	21,08	-0,81
14.07.2021	20.00	22,24	21,29	-0,95
14.07.2021	21.00	22,56	21,49	-1,08
14.07.2021	22.00	22,84	21,65	-1,19
14.07.2021	23.00	23,07	21,79	-1,28
15.07.2021	00.00	23,25	21,90	-1,35
15.07.2021	01.00	23,39	21,98	-1,41
15.07.2021	02.00	23,49	22,05	-1,44
15.07.2021	03.00	23,55	22,08	-1,46
15.07.2021	04.00	23,57	22,10	-1,47
15.07.2021	05.00	23,56	22,09	-1,48
15.07.2021	06.00	23,53	22,06	-1,47
15.07.2021	07.00	23,46	22,01	-1,45

Tabela A.29 – Tabela com os valores da Tsi, da fachada este, no período de verão

FACHADA ESTE				
		Parede Normal	Parede Verde	
Data	Tempo	Temperatura Superficial Interior (°C)		Δ Tsi (°C)
14.07.2021	08.00	19,85	19,85	0,00
14.07.2021	09.00	19,87	19,85	-0,02
14.07.2021	10.00	19,92	19,85	-0,06
14.07.2021	11.00	20,02	19,88	-0,15
14.07.2021	12.00	20,19	19,93	-0,26
14.07.2021	13.00	20,41	20,01	-0,40
14.07.2021	14.00	20,68	20,13	-0,56
14.07.2021	15.00	20,99	20,28	-0,71
14.07.2021	16.00	21,32	20,46	-0,85
14.07.2021	17.00	21,67	20,68	-1,00
14.07.2021	18.00	22,04	20,90	-1,13
14.07.2021	19.00	22,40	21,14	-1,26
14.07.2021	20.00	22,74	21,36	-1,37
14.07.2021	21.00	23,04	21,57	-1,47
14.07.2021	22.00	23,29	21,74	-1,55
14.07.2021	23.00	23,49	21,89	-1,61
15.07.2021	00.00	23,65	22,00	-1,65
15.07.2021	01.00	23,76	22,09	-1,67
15.07.2021	02.00	23,83	22,16	-1,68
15.07.2021	03.00	23,87	22,20	-1,67
15.07.2021	04.00	23,88	22,22	-1,66
15.07.2021	05.00	23,86	22,22	-1,64
15.07.2021	06.00	23,80	22,19	-1,62
15.07.2021	07.00	23,73	22,14	-1,59

Tabela A.30 – Tabela com os valores da Ti, da fachada sul, no período de verão

FACHADA SUL				
		Parede Normal	Parede Verde	
Data	Tempo	Temperatura Interior (°C)		Δ Ti (°C)
14.07.2021	08.00	19,85	19,85	0,00
14.07.2021	09.00	19,86	19,85	-0,01
14.07.2021	10.00	19,90	19,88	-0,02
14.07.2021	11.00	20,01	19,96	-0,05
14.07.2021	12.00	20,21	20,10	-0,10
14.07.2021	13.00	20,49	20,31	-0,18
14.07.2021	14.00	20,86	20,59	-0,27
14.07.2021	15.00	21,30	20,93	-0,38
14.07.2021	16.00	21,79	21,29	-0,50
14.07.2021	17.00	22,31	21,68	-0,63
14.07.2021	18.00	22,83	22,06	-0,77
14.07.2021	19.00	23,33	22,41	-0,91
14.07.2021	20.00	23,76	22,71	-1,05
14.07.2021	21.00	24,10	22,93	-1,17
14.07.2021	22.00	24,34	23,07	-1,26
14.07.2021	23.00	24,49	23,15	-1,34
15.07.2021	00.00	24,58	23,18	-1,40
15.07.2021	01.00	24,61	23,17	-1,43
15.07.2021	02.00	24,59	23,13	-1,46
15.07.2021	03.00	24,53	23,07	-1,47
15.07.2021	04.00	24,44	22,98	-1,47
15.07.2021	05.00	24,32	22,86	-1,46
15.07.2021	06.00	24,17	22,73	-1,44
15.07.2021	07.00	24,00	22,58	-1,42

Tabela A.31 – Tabela com os valores da Ti, da fachada oeste, no período de verão

FACHADA OESTE				
		Parede Normal	Parede Verde	
Data	Tempo	Temperatura Interior (°C)		Δ Ti (°C)
14.07.2021	08.00	19,85	19,85	0,00
14.07.2021	09.00	19,86	19,85	-0,01
14.07.2021	10.00	19,90	19,88	-0,02
14.07.2021	11.00	20,01	19,96	-0,05
14.07.2021	12.00	20,21	20,10	-0,10
14.07.2021	13.00	20,49	20,31	-0,18
14.07.2021	14.00	20,86	20,59	-0,27
14.07.2021	15.00	21,30	20,93	-0,38
14.07.2021	16.00	21,79	21,29	-0,50
14.07.2021	17.00	22,31	21,68	-0,63
14.07.2021	18.00	22,83	22,06	-0,77
14.07.2021	19.00	23,33	22,41	-0,91
14.07.2021	20.00	23,76	22,71	-1,05
14.07.2021	21.00	24,10	22,93	-1,17
14.07.2021	22.00	24,34	23,07	-1,26
14.07.2021	23.00	24,49	23,15	-1,34
15.07.2021	00.00	24,58	23,18	-1,40
15.07.2021	01.00	24,61	23,17	-1,43
15.07.2021	02.00	24,59	23,13	-1,46
15.07.2021	03.00	24,53	23,07	-1,47
15.07.2021	04.00	24,44	22,98	-1,47
15.07.2021	05.00	24,32	22,86	-1,46
15.07.2021	06.00	24,17	22,73	-1,44
15.07.2021	07.00	24,00	22,58	-1,42

Tabela A.32 – Tabela com os valores da Ti, da fachada norte, no período de verão

FACHADA NORTE				
		Parede Normal	Parede Verde	
Data	Tempo	Temperatura Interior (°C)		Δ Ti (°C)
14.07.2021	08.00	19,85	19,85	0,00
14.07.2021	09.00	19,86	19,85	-0,01
14.07.2021	10.00	19,90	19,88	-0,02
14.07.2021	11.00	20,01	19,96	-0,05
14.07.2021	12.00	20,21	20,10	-0,10
14.07.2021	13.00	20,49	20,31	-0,18
14.07.2021	14.00	20,86	20,59	-0,27
14.07.2021	15.00	21,30	20,93	-0,38
14.07.2021	16.00	21,79	21,29	-0,50
14.07.2021	17.00	22,31	21,68	-0,63
14.07.2021	18.00	22,83	22,06	-0,77
14.07.2021	19.00	23,33	22,41	-0,91
14.07.2021	20.00	23,76	22,71	-1,05
14.07.2021	21.00	24,10	22,93	-1,17
14.07.2021	22.00	24,34	23,07	-1,26
14.07.2021	23.00	24,49	23,15	-1,34
15.07.2021	00.00	24,58	23,18	-1,40
15.07.2021	01.00	24,61	23,17	-1,43
15.07.2021	02.00	24,59	23,13	-1,46
15.07.2021	03.00	24,53	23,07	-1,47
15.07.2021	04.00	24,44	22,98	-1,47
15.07.2021	05.00	24,32	22,86	-1,46
15.07.2021	06.00	24,17	22,73	-1,44
15.07.2021	07.00	24,00	22,58	-1,42

Tabela A.33 – Tabela com os valores da Ti, da fachada este, no período de verão

FACHADA ESTE				
		Parede Normal	Parede Verde	
Data	Tempo	Temperatura Interior (°C)		Δ Ti (°C)
14.07.2021	08.00	19,85	19,85	0,00
14.07.2021	09.00	19,86	19,85	-0,01
14.07.2021	10.00	19,90	19,88	-0,02
14.07.2021	11.00	20,01	19,96	-0,05
14.07.2021	12.00	20,21	20,10	-0,10
14.07.2021	13.00	20,49	20,31	-0,18
14.07.2021	14.00	20,86	20,59	-0,27
14.07.2021	15.00	21,30	20,93	-0,38
14.07.2021	16.00	21,79	21,29	-0,50
14.07.2021	17.00	22,31	21,68	-0,63
14.07.2021	18.00	22,83	22,06	-0,77
14.07.2021	19.00	23,33	22,41	-0,91
14.07.2021	20.00	23,76	22,71	-1,05
14.07.2021	21.00	24,10	22,93	-1,17
14.07.2021	22.00	24,34	23,07	-1,26
14.07.2021	23.00	24,49	23,15	-1,34
15.07.2021	00.00	24,58	23,18	-1,40
15.07.2021	01.00	24,61	23,17	-1,43
15.07.2021	02.00	24,59	23,13	-1,46
15.07.2021	03.00	24,53	23,07	-1,47
15.07.2021	04.00	24,44	22,98	-1,47
15.07.2021	05.00	24,32	22,86	-1,46
15.07.2021	06.00	24,17	22,73	-1,44
15.07.2021	07.00	24,00	22,58	-1,42

Tabela A.34 – Tabela com os valores da Tse média, de acordo com a % cobertura da fachada, no período de inverno, às 16h

Parede Verde 0%		Parede Verde 25%		Parede Verde 50%		Parede Verde 75%		Parede Verde 100%	
Ponto	Tse Média (°C)	Ponto	Tse Média (°C)	Ponto	Tse Média (°C)	Ponto	Tse Média (°C)	Ponto	Tse Média (°C)
1	30,98	1	11,38	1	11,37	1	11,02	1	11,37
2	31,97	2	31,95	2	11,41	2	11,35	2	11,408
3	32,22	3	32,20	3	32,19	3	31,01	3	11,431
4	32,36	4	32,35	4	32,34	4	11,44	4	11,468
5	32,23	5	32,21	5	32,20	5	11,34	5	11,396
6	34,21	6	34,20	6	11,13	6	11,12	6	11,129
7	34,47	7	11,08	7	11,07	7	11,06	7	11,065
8	34,63	8	34,61	8	34,60	8	34,24	8	11,052
9	32,55	9	11,38	9	11,38	9	11,38	9	11,372
10	34,66	10	34,65	10	34,63	10	34,27	10	10,987
11	34,56	11	34,54	11	34,52	11	11,01	11	11,022
12	34,68	12	34,67	12	11,04	12	10,96	12	11,03
13	32,68	13	32,66	13	32,65	13	11,37	13	11,362
14	34,63	14	34,62	14	34,60	14	34,24	14	10,994
15	34,36	15	34,34	15	11,09	15	11,07	15	11,076
16	34,47	16	11,08	16	11,07	16	11,02	16	11,061
17	32,72	17	32,70	17	32,69	17	31,61	17	11,356
18	34,62	18	11,01	18	11,01	18	10,99	18	10,997
19	34,30	19	34,29	19	34,27	19	11,07	19	11,083
20	34,42	20	34,41	20	11,08	20	11,02	20	11,065
21	32,69	21	32,68	21	11,36	21	11,36	21	11,354
22	32,62	22	34,61	22	34,59	22	10,98	22	10,987
23	34,31	23	11,09	23	11,08	23	11,06	23	11,07
24	34,41	24	34,39	24	34,37	24	34,11	24	11,058
25	32,60	25	32,59	25	32,58	25	11,36	25	11,355
26	34,58	26	11,00	26	10,99	26	10,96	26	10,987
27	34,33	27	34,31	27	34,30	27	33,96	27	11,053
28	34,36	28	34,35	28	11,07	28	10,98	28	11,059
29	32,42	29	11,37	29	11,37	29	11,36	29	11,361
30	34,32	30	34,31	30	11,06	30	11,01	30	11,049
31	34,21	31	34,20	31	34,18	31	11,02	31	11,075
32	34,19	32	34,17	32	34,16	32	33,97	32	11,108
33	32,02	33	32,01	33	32,00	33	11,30	33	11,381
34	33,52	34	33,51	34	33,49	34	33,01	34	11,184
35	33,51	35	33,50	35	11,21	35	11,15	35	11,197
36	33,50	36	11,25	36	11,24	36	11,17	36	11,234
37	30,81	37	30,80	37	30,79	37	29,34	37	11,313
38	31,44	38	11,39	38	11,38	38	11,24	38	11,375
39	31,50	39	31,49	39	31,47	39	11,29	39	11,39
40	31,56	40	31,55	40	11,43	40	11,34	40	11,421
Média (°C)	33,4	Média (°C)	27,9	Média (°C)	22,3	Média (°C)	16,6	Média (°C)	11,2

Tabela A.35 – Tabela com os valores da Tse média, de acordo com a % cobertura da fachada, no período de verão, às 16h

Parede Verde 0%		Parede Verde 25%		Parede Verde 50%		Parede Verde 75%		Parede Verde 100%	
Ponto	Tse Média (°C)	Ponto	Tse Média (°C)	Ponto	Tse Média (°C)	Ponto	Tse Média (°C)	Ponto	Tse Média (°C)
1	41,43	1	24,80	1	24,79	1	24,79	1	24,79
2	41,54	2	40,80	2	24,56	2	24,56	2	24,55
3	41,62	3	40,95	3	40,92	3	40,90	3	24,60
4	41,74	4	41,10	4	41,07	4	24,67	4	24,67
5	41,95	5	41,16	5	41,14	5	24,39	5	24,38
6	42,41	6	42,02	6	23,54	6	23,54	6	23,54
7	42,45	7	23,49	7	23,49	7	23,48	7	23,48
8	42,55	8	42,25	8	42,23	8	42,20	8	23,50
9	42,11	9	24,27	9	24,27	9	24,26	9	24,26
10	42,67	10	42,36	10	42,34	10	42,32	10	23,22
11	42,60	11	42,28	11	42,26	11	23,22	11	23,22
12	42,67	12	42,38	12	23,20	12	23,20	12	23,20
13	42,17	13	41,42	13	41,41	13	24,21	13	24,21
14	42,70	14	42,39	14	42,37	14	42,35	14	23,15
15	42,48	15	42,13	15	23,28	15	23,28	15	23,28
16	42,49	16	23,27	16	23,27	16	23,27	16	23,26
17	42,19	17	41,45	17	41,43	17	41,41	17	24,19
18	42,71	18	23,14	18	23,14	18	23,14	18	23,14
19	42,43	19	42,08	19	42,06	19	23,28	19	23,28
20	42,45	20	42,13	20	23,27	20	23,27	20	23,26
21	42,18	21	41,43	21	24,19	21	24,19	21	24,19
22	42,70	22	42,39	22	42,37	22	23,14	22	23,14
23	42,43	23	23,27	23	23,27	23	23,27	23	23,27
24	42,43	24	42,12	24	42,10	24	42,08	24	23,26
25	42,13	25	41,38	25	41,36	25	24,21	25	24,21
26	42,64	26	23,17	26	23,17	26	23,17	26	23,17
27	42,43	27	42,10	27	42,08	27	42,06	27	23,25
28	42,40	28	42,11	28	23,28	28	23,28	28	23,27
29	42,05	29	24,27	29	24,27	29	24,27	29	24,27
30	42,49	30	42,16	30	23,32	30	23,32	30	23,32
31	42,36	31	42,05	31	42,03	31	23,34	31	23,34
32	42,34	32	42,04	32	42,02	32	42,00	32	23,41
33	41,88	33	41,07	33	41,06	33	24,39	33	24,38
34	42,12	34	41,68	34	41,66	34	41,64	34	23,63
35	42,03	35	41,63	35	23,65	35	23,65	35	23,64
36	42,05	36	23,73	36	23,73	36	23,73	36	23,72
37	41,39	37	40,45	37	40,43	37	40,41	37	24,74
38	41,32	38	24,55	38	24,55	38	24,54	38	24,54
39	41,30	39	40,59	39	40,57	39	24,60	39	24,59
40	41,37	40	40,68	40	24,67	40	24,67	40	24,66
Média (°C)	42,2	Média (°C)	37,2	Média (°C)	32,7	Média (°C)	28,3	Média (°C)	23,8

Tabela A.36 – Tabela com os valores da T_i de acordo com a % cobertura da fachada, no período de inverno

Data	Tempo	Parede Verde 0%			Parede Verde 25%			Parede Verde 50%			Parede Verde 75%			Parede Verde 100%		
		Temperatura Interior (°C)	Temperatura Interior (°C)	ΔT_i (°C)	Temperatura Interior (°C)	Temperatura Interior (°C)	ΔT_i (°C)	Temperatura Interior (°C)	Temperatura Interior (°C)	ΔT_i (°C)	Temperatura Interior (°C)	Temperatura Interior (°C)	ΔT_i (°C)	Temperatura Interior (°C)	Temperatura Interior (°C)	ΔT_i (°C)
14.01.2021	08.00	19,847	19,847	0	19,847	19,847	0	19,847	19,847	0	19,847	19,848	0,001	19,848	19,848	0,000
14.01.2021	09.00	19,81	19,81	0,00	19,81	19,81	0,00	19,81	19,81	0,00	19,81	19,81	0,00	19,81	19,81	0,00
14.01.2021	10.00	19,71	19,71	0,00	19,71	19,71	0,00	19,71	19,71	0,00	19,71	19,71	0,00	19,71	19,71	0,00
14.01.2021	11.00	19,55	19,55	0,00	19,55	19,55	0,00	19,55	19,55	0,00	19,55	19,56	0,01	19,56	19,56	0,00
14.01.2021	12.00	19,38	19,38	0,00	19,38	19,38	0,00	19,38	19,38	0,00	19,36	19,38	0,02	19,38	19,38	0,00
14.01.2021	13.00	19,22	19,22	-0,01	19,22	19,21	-0,01	19,21	19,19	-0,02	19,19	19,21	0,02	19,21	19,21	0,00
14.01.2021	14.00	19,11	19,09	-0,01	19,09	19,08	-0,01	19,08	19,03	-0,05	19,03	19,06	0,03	19,06	19,06	0,00
14.01.2021	15.00	19,03	19,00	-0,03	19,00	18,98	-0,02	18,98	18,90	-0,08	18,90	18,93	0,03	18,93	18,93	0,00
14.01.2021	16.00	18,97	18,94	-0,03	18,94	18,90	-0,04	18,90	18,79	-0,11	18,79	18,82	0,03	18,82	18,82	0,00
14.01.2021	17.00	18,93	18,88	-0,05	18,88	18,82	-0,06	18,82	18,68	-0,14	18,68	18,71	0,03	18,71	18,71	0,00
14.01.2021	18.00	18,88	18,80	-0,08	18,80	18,73	-0,07	18,73	18,55	-0,18	18,55	18,58	0,03	18,58	18,58	0,00
14.01.2021	19.00	18,79	18,69	-0,10	18,69	18,60	-0,09	18,60	18,40	-0,20	18,40	18,42	0,02	18,42	18,42	0,00
14.01.2021	20.00	18,65	18,54	-0,11	18,54	18,43	-0,11	18,43	18,21	-0,22	18,21	18,22	0,01	18,22	18,22	0,00
14.01.2021	21.00	18,47	18,35	-0,12	18,35	18,23	-0,12	18,23	17,99	-0,24	17,99	17,98	0,01	17,98	17,98	0,00
14.01.2021	22.00	18,26	18,13	-0,13	18,13	17,99	-0,14	17,99	17,75	-0,24	17,75	17,73	0,02	17,73	17,73	0,00
14.01.2021	23.00	18,02	17,88	-0,14	17,88	17,75	-0,13	17,75	17,50	-0,25	17,50	17,47	0,03	17,47	17,47	0,00
15.01.2021	00.00	17,77	17,63	-0,14	17,63	17,48	-0,15	17,48	17,23	-0,25	17,23	17,20	0,03	17,20	17,20	0,00
15.01.2021	01.00	17,51	17,36	-0,15	17,36	17,21	-0,15	17,21	16,97	-0,24	16,97	16,92	0,05	16,92	16,92	0,00
15.01.2021	02.00	17,23	17,09	-0,14	17,09	16,94	-0,15	16,94	16,70	-0,24	16,70	16,65	0,05	16,65	16,65	0,00
15.01.2021	03.00	16,96	16,81	-0,15	16,81	16,66	-0,15	16,66	16,43	-0,23	16,43	16,37	0,06	16,37	16,37	0,00
15.01.2021	04.00	16,67	16,53	-0,14	16,53	16,38	-0,15	16,38	16,16	-0,22	16,16	16,09	0,07	16,09	16,09	0,00
15.01.2021	05.00	16,39	16,24	-0,15	16,24	16,10	-0,14	16,10	15,89	-0,21	15,89	15,82	0,07	15,82	15,82	0,00
15.01.2021	06.00	16,10	15,96	-0,14	15,96	15,82	-0,14	15,82	15,62	-0,20	15,62	15,54	0,08	15,54	15,54	0,00
15.01.2021	07.00	15,81	15,68	-0,13	15,68	15,54	-0,14	15,54	15,35	-0,20	15,35	15,27	0,08	15,27	15,27	0,00

Tabela A.37 – Tabela com os valores da Ti, de acordo com a % cobertura da fachada, no período de verão

Data	Parede Verde 0%			Parede Verde 25%			Parede Verde 50%			Parede Verde 75%			Parede Verde 100%		
	Tempo	Temperatura Interior (°C)	Δ Ti (°C)	Temperatura Interior (°C)	Δ Ti (°C)	Temperatura Interior (°C)	Temperatura Interior (°C)	Δ Ti (°C)	Temperatura Interior (°C)	Δ Ti (°C)	Temperatura Interior (°C)	Δ Ti (°C)	Temperatura Interior (°C)	Δ Ti (°C)	Temperatura Interior (°C)
14.01.2021	08.00	19,85	0,00	19,85	0,00	19,85	19,85	0,00	19,85	0,00	19,85	0,00	19,85	0,00	19,85
14.01.2021	09.00	19,86	0,00	19,86	0,00	19,86	19,86	0,00	19,86	0,00	19,86	0,00	19,85	-0,01	19,85
14.01.2021	10.00	19,90	-0,01	19,89	-0,01	19,89	19,89	-0,01	19,89	-0,02	19,88	-0,02	19,88	-0,02	19,88
14.01.2021	11.00	20,01	-0,02	19,99	-0,02	19,98	19,98	-0,04	19,97	-0,04	19,96	-0,04	19,96	-0,05	19,96
14.01.2021	12.00	20,21	-0,05	20,15	-0,05	20,14	20,14	-0,07	20,12	-0,09	20,10	-0,10	20,10	-0,10	20,10
14.01.2021	13.00	20,49	-0,09	20,40	-0,09	20,37	20,37	-0,12	20,34	-0,15	20,31	-0,18	20,31	-0,18	20,31
14.01.2021	14.00	20,86	-0,13	20,73	-0,13	20,68	20,68	-0,18	20,64	-0,22	20,59	-0,27	20,59	-0,27	20,59
14.01.2021	15.00	21,30	-0,19	21,12	-0,19	21,05	21,05	-0,25	20,99	-0,31	20,93	-0,38	20,93	-0,38	20,93
14.01.2021	16.00	21,79	-0,24	21,55	-0,24	21,47	21,47	-0,33	21,38	-0,41	21,29	-0,50	21,29	-0,50	21,29
14.01.2021	17.00	22,31	-0,30	22,01	-0,30	21,90	21,90	-0,41	21,79	-0,52	21,68	-0,63	21,68	-0,63	21,68
14.01.2021	18.00	22,83	-0,36	22,47	-0,36	22,33	22,33	-0,50	22,20	-0,63	22,06	-0,77	22,06	-0,77	22,06
14.01.2021	19.00	23,33	-0,42	22,91	-0,42	22,74	22,74	-0,58	22,58	-0,75	22,41	-0,91	22,41	-0,91	22,41
14.01.2021	20.00	23,76	-0,47	23,28	-0,47	23,09	23,09	-0,66	22,90	-0,86	22,71	-1,05	22,71	-1,05	22,71
14.01.2021	21.00	24,10	-0,52	23,58	-0,52	23,36	23,36	-0,73	23,15	-0,95	22,93	-1,17	22,93	-1,17	22,93
14.01.2021	22.00	24,34	-0,55	23,79	-0,55	23,55	23,55	-0,79	23,31	-1,03	23,07	-1,26	23,07	-1,26	23,07
14.01.2021	23.00	24,49	-0,57	23,92	-0,57	23,66	23,66	-0,83	23,41	-1,08	23,15	-1,34	23,15	-1,34	23,15
15.01.2021	00.00	24,58	-0,59	23,99	-0,59	23,72	23,72	-0,86	23,45	-1,13	23,18	-1,40	23,18	-1,40	23,18
15.01.2021	01.00	24,61	-0,59	24,02	-0,59	23,73	23,73	-0,87	23,45	-1,15	23,17	-1,43	23,17	-1,43	23,17
15.01.2021	02.00	24,59	-0,59	24,00	-0,59	23,71	23,71	-0,88	23,42	-1,17	23,13	-1,46	23,13	-1,46	23,13
15.01.2021	03.00	24,53	-0,59	23,95	-0,59	23,65	23,65	-0,88	23,36	-1,17	23,07	-1,47	23,07	-1,47	23,07
15.01.2021	04.00	24,44	-0,58	23,86	-0,58	23,57	23,57	-0,88	23,27	-1,17	22,98	-1,47	22,98	-1,47	22,98
15.01.2021	05.00	24,32	-0,57	23,75	-0,57	23,45	23,45	-0,87	23,16	-1,16	22,86	-1,46	22,86	-1,46	22,86
15.01.2021	06.00	24,17	-0,56	23,61	-0,56	23,32	23,32	-0,85	23,02	-1,15	22,73	-1,44	22,73	-1,44	22,73
15.01.2021	07.00	24,00	-0,54	23,45	-0,54	23,16	23,16	-0,84	22,87	-1,13	22,58	-1,42	22,58	-1,42	22,58



2021

BEATRIZ NORONHA

A UTILIZAÇÃO DE PAREDES VERDES NA REABILITAÇÃO