



Universidade da Beira Interior

Departamento de Engenharia Civil e Arquitectura

## **COBERTURAS VERDES**

SEU CONTRIBUTO PARA A EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E SUSTENTABILIDADE

Filipe Daniel Painço Martins

Covilhã

2010

Dissertação apresentada para obtenção do grau de  
Mestre em Arquitectura pela Universidade da Beira  
Interior, sob orientação e co-orientação,  
respectivamente de:

Prof. Doutor João Carlos Gonçalves Lanzinha

Prof. Doutor Miguel João Mendes do Amaral Santiago  
Fernandes

## **Agradecimentos**

Quero expressar o meu agradecimento, em primeiro lugar, ao meu orientador Prof. Doutor João Carlos Gonçalves Lanzinha , pela ajuda concedida e pela revisão técnica, gramatical e ortográfica do presente trabalho.

Ao Prof. Doutor Miguel João Mendes do Amaral Santiago Fernandes, meu co-orientador, pelo interesse e apoio manifestados no decorrer do trabalho.

Aos meus professores e colegas de mestrado, pelo apoio demonstrado neste percurso académico e pela troca de informação.

A todos os meus amigos pelo seu apoio e incentivo que me motivaram a alcançar os objectivos traçados.

À minha família, que me apoiou incondicionalmente, não só neste trabalho, mas também ao longo dos anos do curso.

A todos aqueles que directa e indirectamente contribuíram para a concretização e conclusão deste trabalho.

## RESUMO

Este trabalho tem como objectivo abordar a tecnologia de construção de coberturas, denominada habitualmente por “coberturas verdes” que são elementos vivos e ajudam a amenizar problemas ambientais, melhorando a vida urbana nos grandes centros onde o desenvolvimento tecnológico trouxe graves danos à natureza.

Esta nova tecnologia, que traz um belo efeito paisagístico, vem-se espalhando por vários países variando de acordo com clima, cultura, e política de incentivo. Neste tipo de coberturas existem dois tipos principais: o intensivo, que comporta plantas maiores em áreas também maiores, e o extensivo, que se adapta com pouca espessura de substrato e usa plantas perenes e rasteiras, em locais onde não haverá tráfego e não vai necessitar de manutenção constante.

A captação de água que pode ser reaproveitada e o uso de energia solar e eólica, também beneficiam o lado económico e não só o ambiental. A impermeabilização e drenagem são itens importantes a serem tratados, diferenciando-se de acordo com o tipo de cobertura escolhido. A protecção da própria impermeabilização e o efeito térmico, por filtrar os raios solares, também interfere no campo ambiental e financeiro, pois poupam energia usada em condicionadores de ar. Outra característica da cobertura verde é a sua capacidade de equilibrar o ecossistema atraindo pássaros e insectos muitas vezes já desaparecidos de certas regiões. O uso de materiais reciclados nas camadas drenantes e de substrato também é relevante.

As pesquisas e aplicações começam agora a difundir-se nos países de língua inglesa, pois ficaram restritas muito tempo aos países da Europa Central. Sem dúvida a gestão de águas, o controle das enchentes através da diminuição do volume de água que aflui às redes de drenagem de águas pluviais, a colecta e reaproveitamento dessas águas, e a melhoria da qualidade do ar, são as propriedades que mais se destacam com a utilização de coberturas verdes.

A nova mentalidade de se construir com sustentabilidade reforça o valor e importância deste tipo de coberturas.

## **ABSTRACT**

The propose of this report is to attend the technology of construction of green roofs is about green roofs, which are made of live plants and help to ease environmental problems making urban life better in big cities where technological development has caused great damage to nature.

This new technology, which brings a great landscape effect, is being spread out across many countries according to their weather, culture and incentive policies. The two most important styles of roofs are the intensive ones, which hold bigger plants in bigger areas, and the extensive ones that adapt themselves with little substrate denseness and use perennial and creeping plants in places where there won't be any traffic and constant maintenance won't be necessary. The capture of the water that can be reused and the use of solar and wind energy benefits the environment and also the economy. The waterproofing and the drainage are important items to be taken into consideration and they differ themselves according to the type of the roof chosen. The protection from the waterproofing and the thermal effect due to sunshine rays filtering benefit the environment and also the economy because they save the energy used in the air conditionings. Another characteristic feature of green roof is its capability of balancing equally the ecosystem attracting back many birds and insects that had already disappeared from some regions. The use of recycled materials and substrate in the drainage layer also stands out. Researches are now starting to widespread in English spoken countries, after initial development in Germany. Beyond doubt, water management, flood control through reduction of the drainage system, water collecting and its reuse, and the improvement of air quality are the most important aspects and properties of green roofs.

The new mentality of sustainable building reinforces the value and the importance of green roofs.

Key words: plants, roof, environment, water, energy, green

## **ÍNDICE**

<b>Capítulo 1</b>	<b>1</b>
<b>Introdução</b>	
<b>Capítulo 2</b>	<b>8</b>
<b>Requisitos a satisfazer pelas coberturas em terraço</b>	
<b>Capítulo 3</b>	<b>13</b>
<b>Tipos de coberturas verdes</b>	
<b>Capítulo 4</b>	<b>28</b>
<b>Execução deste tipo de coberturas noutros países</b>	
<b>Capítulo 5</b>	<b>54</b>
<b>Benefícios e barreiras das coberturas verdes</b>	
<b>Capítulo 6</b>	<b>92</b>
<b>Seu contributo para a eficiência energética e sustentabilidade</b>	
<b>Capítulo 7</b>	<b>101</b>
<b>Requisitos técnicos a satisfazer na construção</b>	
<b>Capítulo 8</b>	<b>110</b>
<b>Exemplos práticos</b>	
<b>Capítulo 9</b>	<b>117</b>
<b>Recomendações construtivas</b>	
<b>Capítulo 10</b>	<b>126</b>
<b>Conclusões</b>	
<b>Referências bibliográficas</b>	<b>128</b>

## SUMÁRIO

	<b>Pág.</b>
<b>Capítulo 1 – Introdução</b>	<b>1</b>
1.1 História	3
1.2 Objectivos e estrutura do trabalho	6
<b>Capítulo 2 - Requisitos a satisfazer pelas coberturas em terraço</b>	<b>8</b>
2.1 Fixação dos componentes da cobertura	9
2.2 Estrutura resistente	9
2.3 Protecção térmica e acústica	10
2.4 Impermeabilização	10
2.5 Revestimentos de protecção e de circulação	10
2.6 Dispositivos de drenagem e evacuação de água	11
2.7 Notas	12
<b>Capítulo 3 - Tipos de coberturas verdes</b>	<b>13</b>
3.1 Cobertura ajardinada intensiva	14
3.1.1 Detalhes de pontos singulares	16
3.2 Cobertura ajardinada extensiva	19
3.2.1 Detalhes de pontos singulares	21
3.3 Cobertura ajardinada semi-intensiva	24
3.4 Descrição construtiva das coberturas verdes	25
3.5 Notas	27
<b>Capítulo 4 - Execução deste tipo de coberturas noutros países</b>	<b>28</b>
4.1 Alemanha	29
4.1.1 introdução ao FLL - Planeamento, Execução e manutenção de coberturas verdes	32
4.2 Canadá	35
4.3 Estados Unidos da América	38
4.4 Inglaterra	41
4.5 Japão	45
4.6 Suíça	48
4.7 Notas	53

<b>Capítulo 5 - Benefícios e barreiras das coberturas verdes</b>	<b>54</b>
5.1 Benefícios	55
5.1.1 Melhoria da qualidade do ar	56
5.1.2 Alterações climáticas – Mitigação e adaptação	57
5.1.3 Regulação da temperatura	58
5.1.4 Criação de microclimas	59
5.1.5 Insolação de plantas e edifícios	60
5.1.6 Moderação do efeito de aquecimento urbano	63
5.1.7 Trocas de dióxido de carbono e oxigénio	64
5.1.8 Gestão das águas pluviais	66
5.1.9 Filtração e aumento da qualidade da água	69
5.1.10 Outros benefícios derivados da água	70
5.1.11 Isolamento acústico	71
5.1.12 Protecção dos edifícios e tempo de vida útil	71
5.1.13 Melhorias estéticas	72
5.1.14 Saúde e terapia de horticulturas	73
5.1.15 Melhorias de segurança	74
5.1.16 Espaços de lazer/recreação	74
5.1.17 Criação de comunidade (edifícios multifamiliares)	75
5.1.18 Benefícios económicos	76
5.1.19 Criação de emprego	79
5.1.20. Preservação de habitats e biodiversidade	80
5.2 Barreiras	82
5.2.1 Falta de conhecimento	83
5.2.2 Falta de incentivos à implementação	86
5.2.3 Barreiras com base no seu custo inicial	87
5.2.4 Aspectos Técnicos e riscos associados à incerteza	88
5.3 Notas	91

<b>Capítulo 6 - Seu contributo para a eficiência energética e</b>	
<b>Sustentabilidade</b>	<b>92</b>
6.1 O habitat urbano insustentável	93
6.2 A reacção internacional	93
6.3 A sustentabilidade em Portugal	94
6.4 Alguns desafios da construção sustentável	94
6.5 A sustentabilidade no projecto de arquitectura	97
6.6 Algumas questões	98
6.7 Notas	100
<b>Capítulo 7 - Requisitos técnicos a satisfazer na construção</b>	<b>101</b>
7.1 Terra vegetal e vegetação	102
7.2 Camada filtrante	104
7.3 Camada drenante	104
7.4 Sistema de impermeabilização	105
7.5 Camada de forma	105
7.6 Estrutura resistente	106
7.7 Tecnologia	106
7.8 Manutenção e conservação	106
7.9 Notas	109
<b>Capítulo 8 - Exemplos práticos</b>	<b>110</b>
<b>Capítulo 9 - Recomendações construtivas</b>	<b>117</b>
9.1 Materiais constituintes	118
9.2 Coberturas planas (0°-10° de inclinação)	118
9.3 Coberturas inclinadas (10°-40° de inclinação)	120
9.4 Notas	125
<b>Capítulo 10 – Conclusões</b>	<b>126</b>
<b>Referências bibliográficas</b>	<b>128</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Capítulo 1</b>	<b>pág.</b>
Figura 1 Jardins suspensos da Babilónia	5
Fonte <a href="http://www.bepeli.com.br/educacional/sete_maravilhas_do_mundo/image002.jpg">http://www.bepeli.com.br/educacional/sete_maravilhas_do_mundo/image002.jpg</a> . [Consultado. 28 Jun. 2010].	
Figura 2 Coberturas curdas	5
Fonte <a href="http://cache1.asset-cache.net/xc/77426811.jpg?v=1&amp;c=IWSAsset&amp;k=2&amp;d=77BFBA49EF878921E86F5CE8BE5D78FB D346B5E17014EF69B0EA6E9F91A97E485D5ECA3E3C9A0A49">http://cache1.asset-cache.net/xc/77426811.jpg?v=1&amp;c=IWSAsset&amp;k=2&amp;d=77BFBA49EF878921E86F5CE8BE5D78FB D346B5E17014EF69B0EA6E9F91A97E485D5ECA3E3C9A0A49</a> [Consultado. 28 Jun. 2010].	
<b>Capítulo 3</b>	
Figura 3 Cobertura ajardinada intensiva sem isolamento térmico: Secção-Tipo	15
Fonte: Lopes, Jorge M. Grandão (2005), As especificidades das coberturas ajardinadas - Comunicação, Lisboa, Laboratório Nacional de Engenharia Civil. [Consultado. 28 Jun. 2010]	
Figura 4 Pormenor da ligação com o paramento vertical	16
Fonte: <a href="http://www.construlink.com/Homepage/2003_GuiaoTecnico/Ficheiros/gt_384_construlink_08_18_12_2006.pdf">http://www.construlink.com/Homepage/2003_GuiaoTecnico/Ficheiros/gt_384_construlink_08_18_12_2006.pdf</a> [Consultado. 28 Jun. 2010]	
Figura 5 - Pormenor da junta de dilatação	17
Fonte: <a href="http://www.composan.com/contenidos/docs/Publicaciones/Impermeabilizaciones/Manual%20Impermeabilizacion.pdf">http://www.composan.com/contenidos/docs/Publicaciones/Impermeabilizaciones/Manual%20Impermeabilizacion.pdf</a> [Consultado. 28 Jun. 2010]	
Figura 6 Pormenor da zona de escoamento de água	18
Fonte: <a href="http://www.composan.com/contenidos/docs/Publicaciones/Impermeabilizaciones/Manual%20Impermeabilizacion.pdf">http://www.composan.com/contenidos/docs/Publicaciones/Impermeabilizaciones/Manual%20Impermeabilizacion.pdf</a> [Consultado. 28 Jun. 2010]	
Figura 7 Cobertura ajardinada extensiva sem isolamento térmico: Secção-tipo	20
Fonte: <a href="http://www.composan.com/contenidos/docs/Publicaciones/Impermeabilizaciones/Manual%20Impermeabilizacion.pdf">http://www.composan.com/contenidos/docs/Publicaciones/Impermeabilizaciones/Manual%20Impermeabilizacion.pdf</a> [Consultado. 28 Jun. 2010]	
Figura 8 Pormenor da ligação com o paramento vertical	21
Fonte: <a href="http://www.construlink.com/Homepage/2003_GuiaoTecnico/Ficheiros/gt_384_construlink_08_18_12_2006.pdf">http://www.construlink.com/Homepage/2003_GuiaoTecnico/Ficheiros/gt_384_construlink_08_18_12_2006.pdf</a> [Consultado. 28 Jun. 2010]	
Figura 9 Pormenor da junta de dilatação	22
Fonte: <a href="http://www.composan.com/contenidos/docs/Publicaciones/Impermeabilizaciones/Manual%20Impermeabilizacion.pdf">http://www.composan.com/contenidos/docs/Publicaciones/Impermeabilizaciones/Manual%20Impermeabilizacion.pdf</a> [Consultado. 28 Jun. 2010]	
Figura 10 Pormenor da zona de escoamento de águas	23
Fonte: <a href="http://www.composan.com/contenidos/docs/Publicaciones/Impermeabilizaciones/Manual%20Impermeabilizacion.pdf">http://www.composan.com/contenidos/docs/Publicaciones/Impermeabilizaciones/Manual%20Impermeabilizacion.pdf</a> [Consultado. 28 Jun. 2010]	

Figura 11 Principais camadas duma cobertura verde 26  
Fonte: <http://www.composan.com/contenidos/docs/Publicaciones/Impermeabilizaciones/Manual%20Impermeabilizacion.pdf>[Consultado. 28 Jun. 2010]

## Capítulo 5

Figura 12 Comparação entre uma cobertura verde e uma normal da gestão das águas pluviais 69  
Fonte: LAAR, M. Et al. Estudo de aplicação de plantas em telhados vivos extensivos em cidades de clima tropical. In. ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO-ENCAC, 6. Anais...São Pedro, São Paulo, 2001. [Consultado. 28 Jun. 2010]

## Capítulo 7

Figura 13 Sedum Acre 103  
Fonte: <http://www.greenrooftops.co.uk/OurSedum.htm>[Consultado. 28 Jun. 2010].

Figura 14 Sedum Aizoon 103  
Fonte: <http://www.greenrooftops.co.uk/OurSedum.htm>[Consultado. 28 Jun. 2010].

Figura 15 Sedum Álbum 103  
Fonte: <http://www.greenrooftops.co.uk/OurSedum.htm>[Consultado. 28 Jun. 2010].

Figura 16 Sedum Ellacombianum 103  
Fonte: <http://www.greenrooftops.co.uk/OurSedum.htm>[Consultado. 28 Jun. 2010].

Figura 17 Sedum Floriferum 103  
Fonte: <http://www.greenrooftops.co.uk/OurSedum.htm>[Consultado. 28 Jun. 2010].

Figura 18 Sedum Hispanicum 103  
Fonte: <http://www.greenrooftops.co.uk/OurSedum.htm>[Consultado. 28 Jun. 2010].

Figura 19 Gold Sedum Czar hybridum 103  
Fonte: <http://www.greenrooftops.co.uk/OurSedum.htm>[Consultado. 28 Jun. 2010].

Figura 20 Sedum montanum 103  
Fonte: <http://www.greenrooftops.co.uk/OurSedum.htm>[Consultado. 28 Jun. 2010].

Figura 21 Sedum Oktoberfest 103  
Fonte: <http://www.greenrooftops.co.uk/OurSedum.htm>[Consultado. 28 Jun. 2010].

Figura 22 Sedum Oreganum 103  
Fonte: <http://www.greenrooftops.co.uk/OurSedum.htm>[Consultado. 28 Jun. 2010].

Figura 23 Sedum pulchellum 103  
Fonte: <http://www.greenrooftops.co.uk/OurSedum.htm>[Consultado. 28 Jun. 2010].

Figura 24 Sedum Rupestre 103  
Fonte: <http://www.greenrooftops.co.uk/OurSedum.htm>[Consultado. 28 Jun. 2010].

Figura 25 Sedum Sexangulare 103  
Fonte: <http://www.greenrooftops.co.uk/OurSedum.htm>[Consultado. 28 Jun. 2010].

Figura 26 Sedum spurium 103  
Fonte: <http://www.greenrooftops.co.uk/OurSedum.htm>[Consultado. 28 Jun. 2010].

Figura 27 Sedum Fabaria Telephium 103  
Fonte: <http://www.greenrooftops.co.uk/OurSedum.htm>[Consultado. 28 Jun. 2010].

## Capítulo 8

- Figura 28 LDS Assembly Hall - Salt Lake City, Utah 111  
Fonte: <http://www.hydrotechusa.com/garden-projects.htm>[Consultado. 28 Jun. 2010]
- Figura 29 LDS Assembly Hall - Salt Lake City, Utah 111  
Fonte: <http://www.hydrotechusa.com/garden-projects.htm>[Consultado. 28 Jun. 2010].
- Figura 30 Manhattan, New York 111  
Fonte: [http://en.wikipedia.org/wiki/Image:Green\\_City.jpg](http://en.wikipedia.org/wiki/Image:Green_City.jpg)[Consultado. 28 Jun. 2010].
- Figura 31 Hospital de reabilitação de Schwab - Chicago, Illinois 112  
Fonte: <http://www.hydrotechusa.com/garden-projects.htm>[Consultado. 28 Jun. 2010].
- Figura 32 Hospital de reabilitação de Schwab - Chicago, Illinois 112  
Fonte: <http://www.hydrotechusa.com/garden-projects.htm>[Consultado. 28 Jun. 2010].
- Figura 33 Hospital de reabilitação de Schwab - Chicago, Illinois 112  
Fonte: <http://www.hydrotechusa.com/garden-projects.htm>[Consultado. 28 Jun. 2010].
- Figura 34 Rua do Congresso 601 - Boston, Massachusetts 113  
Fonte: <http://www.hydrotechusa.com/garden-projects.htm>[Consultado. 28 Jun. 2010].
- Figura 35 Rua do Congresso 601 - Boston, Massachusetts 113  
Fonte: <http://www.hydrotechusa.com/garden-projects.htm>[Consultado. 28 Jun. 2010].
- Figura 36 Rua do Congresso 601 - Boston, Massachusetts 113  
Fonte: <http://www.hydrotechusa.com/garden-projects.htm>[Consultado. 28 Jun. 2010].
- Figura 37 Biblioteca de Ballard - Seattle, Washington 114  
Fonte: [http://www.hydrotechusa.com/rep\\_page/DCD-Seattle-11-06.pdf](http://www.hydrotechusa.com/rep_page/DCD-Seattle-11-06.pdf)[Consultado. 28 Jun. 2010].
- Figura 38 Biblioteca de Ballard - Seattle, Washington 114  
Fonte: [http://www.hydrotechusa.com/rep\\_page/DCD-Seattle-11-06.pdf](http://www.hydrotechusa.com/rep_page/DCD-Seattle-11-06.pdf)[Consultado. 28 Jun. 2010].
- Figura 39 Museu Histórico de la Vendée, no Oeste de França 114  
Fonte: [http://en.wikipedia.org/wiki/Green\\_roof](http://en.wikipedia.org/wiki/Green_roof)[Consultado. 28 Jun. 2010].
- Figura 40 Biblioteca da cidade de Vancouver - Vancouver, Colúmbia Britânica (Província do Canadá) 115  
Fonte: <http://www.hydrotechusa.com/garden-projects.htm>[Consultado. 28 Jun. 2010]
- Figura 41 Biblioteca da cidade de Vancouver - Vancouver, Colúmbia Britânica (Província do Canadá) 115  
Fonte: <http://www.hydrotechusa.com/garden-projects.htm>[Consultado. 28 Jun. 2010].
- Figura 42 Biblioteca da cidade de Vancouver - Vancouver, Colúmbia Britânica (Província do Canadá) 115  
Fonte: <http://www.hydrotechusa.com/garden-projects.htm>[Consultado. 28 Jun. 2010].
- Figura 43 Seattle City Hall, Washington 116  
Fonte: [http://www.hydrotechusa.com/rep\\_page/DCD-Seattle-11-06.pdf](http://www.hydrotechusa.com/rep_page/DCD-Seattle-11-06.pdf)[Consultado. 28 Jun. 2010].

Figura 44 Seattle City Hall, Washington

116

Fonte: [http://www.hydrotechusa.com/rep\\_page/DCD-Seattle-11-06.pdf](http://www.hydrotechusa.com/rep_page/DCD-Seattle-11-06.pdf)[Consultado. 28 Jun. 2010].

## **Capítulo 9**

Figura 45- 90 Fases construtivas de coberturas verdes recomendadas pêra OLDROYD

Fonte- [www.safeguardeurope.com](http://www.safeguardeurope.com) Consultado. 28 Jun. 2010].

## **ÍNDICE DE TABELAS E GRÁFICOS**

Tabela 1 – Critérios de comparação dos três tipos de coberturas verdes

24

Fonte- <http://www.igra-world.com/green-roof-types/index.html>[Consultado. 28 Jun. 2010]

# Capítulo 1

---

## Introdução

1.1 História

1.2 Objectivos e estrutura do trabalho

## 1. INTRODUÇÃO

O objectivo de diminuir a inclinação das coberturas, ou mesmo a sua ocultação, é uma característica da arquitectura clássica desde o século XVI. A partir do século XX, e devido à crescente falta de espaços ao ar livre, de sol e de ar puro nos espaços urbanos começou-se a sonhar em fazer terraços que possibilitassem colmatar essas carências. Ao mesmo tempo, a construção em betão armado, que se tornou corrente neste século, facilita a cofragem de coberturas planas sobre grandes superfícies horizontais, tornando-se mais úteis e com vantagens económicas relativamente às coberturas tradicionais, onde eram necessários elementos de ligação dispendiosos. Este tipo de solução construtiva veio permitir a realização de coberturas em terraço e proporcionar aos habitantes os espaços, que até aqui tinham sido “roubados” pelo crescimento das cidades.

Uma cobertura verde é uma cobertura de um edifício que está parcial ou completamente coberta com vegetação e solo sobre uma membrana impermeável. Pode incluir um sistema de drenagem e irrigação e também uma camada adicional que funcionará como uma barreira contra raízes. Também pode ser considerada verde, se possuir algum elemento “verde” (no sentido de ter benefícios ambientais), tal como painéis solares e sistemas fotovoltaicos.

As coberturas verdes surgiram no norte de Europa, onde coberturas e paredes com revestimentos de plantas herbáceas foram utilizadas como materiais de construção durante milhares de anos. Os desenvolvimentos mais recentes deram-se nas zonas urbanas da Alemanha, na década de 60. Devido à escassez de água potável e à inexistência de infra-estruturas para o controlo das inundações que ocorriam com frequência nestas regiões, houve necessidade de criar alternativas construtivas para combater tais dificuldades. Os aspectos económicos e ambientais estimularam o desenvolvimento de sistemas de coberturas verdes que forneceram o necessário tratamento contra inundações. Estima-se que hoje em dia, 10% das coberturas em toda a Alemanha são coberturas verdes.

Actualmente, é possível observar coberturas verdes em todo o mundo, proporcionando novos espaços de lazer nas cidades e soluções arquitectónicas que se adaptam às exigências de qualidade da sociedade moderna.

## **1.1 História**

De acordo com (*Nigel Dunnet e Noël Kingsbury-2004*), antigas civilizações como as dos vales dos rios Tigre e Eufrates, e os Romanos desenvolveram inicialmente jardins ornamentais nos telhados, sendo os mais famosos os Jardins Suspensos da Babilónia, em 78 a.C.

Com o desenvolvimento do betão armado assim como material de cobertura nos meados do sec. XVIII, começaram a ser construídas as coberturas planas nas maiores cidades da Europa e América. A exposição mundial de 1868, em Paris, incluiu um projeto de betão armado de cobertura natural, o primeiro de muitos projectos experimentais no oeste europeu.

A construção de blocos de apartamentos com terraços planos e jardins em Paris, em 1903, um restaurante com um jardim na cobertura em Chicago, em 1914, desenhado por Frank Lloyd Wright e um projecto similar por Walter Gropius em Colónia – Alemanha, no mesmo ano iniciaram esses projectos experimentais que a princípio tinham somente a visão ornamental.

O Arquitecto Le Corbusier foi talvez o primeiro a usar coberturas verdes de forma sistemática a partir dos anos 20, mas somente dentro do contexto de construções de elite, para clientes ricos.

Na segunda metade do século XX, novas tecnologias possibilitaram a construção de praças urbanas que tinham um enorme efeito paisagístico, mas numa forma que não deveriam ser reconhecidos pelo público em geral, sobre parques de estacionamento, ruas, estações de metro, etc.

A produção de telhados verdes extensivos, característicos de certas regiões geográficas por séculos e provavelmente milénios, nomeadamente, na Escandinávia e Curdistão (áreas da Turquia, Iraque, Irão e países vizinhos) onde a lama e terra são materiais tradicionais de construção nessa região. Os edifícios cobertos com lama começaram a germinar relva, produzindo o efeito de telhado verde. A combinação de solo e relva nas coberturas Escandinavas, ajudou a reduzir a perda de calor durante os invernos rigorosos e tradicional cobertura relvada Kurda servia para conservar o calor no inverno e refrescar no verão.

Os colonos Escandinavos que emigraram para os Estados Unidos da América e Canadá levaram este conceito consigo e durante algum tempo, coberturas relvadas eram usadas em alojamento dos colonizadores.

Na Escandinávia essa relva era vista como um material disponível e barato para construção e, juntamente com cascas, madeira, palha, funcionava em harmonia com a chuva em pequenas casas e chalés. A casca de mógno funcionava como membrana selante, as camadas de madeira como drenos, e a relva do prado era usado como isolamento para a casa e protecção das outras camadas contra o vento.

Nos países europeus de língua germânica nós temos que procurar pelas origens do que devemos reconhecer ser os telhados verdes contemporâneos. Aqui, a combinação entre uma consciência pública ambiental, a pressão de grupos ecológicos radicais e pesquisa científica, produziram, não só a tecnologia e significado do desenvolvimento das coberturas verdes, mas também, uma situação política social e económica.

Nos anos 70, muitos livros e artigos sobre coberturas verdes, foram publicados na Alemanha, a qual muito fez para promover a ideia em particular, encorajando arquitectos e designers a ir para além dos jardins de cobertura somente para as elites.

Um artigo particularmente influente foi do professor, paisagista e arquitecto, Hans Luz intitulado Telhado verde - Luxo ou Necessidade? Neste artigo foi proposto o telhado verde, como parte de uma estratégia de melhoramento ambiental urbano.

Algum tempo depois, ecologistas, assim como escritores e artistas começaram a imaginar o que as cidades do futuro poderiam parecer, diferentes lugares futuristas.

Alguns alemães previram enormes quantidades de folhagens em blocos de torres, todas as coberturas de apartamentos plantadas, e plantas penduradas em sacadas e topos de telhados.

Enquanto que as pesquisas e desenvolvimentos tecnológicos que tornam os telhados verdes mais viáveis, não eram uma parte do movimento de contracultura, há uma pequena dúvida de que esse movimento tenha feito muito para popularizar o conceito. Desde a formulação da distinção entre telhados verdes extensivos e intensivos, o estilo extensivo tem sido foco de mais investigação. A criação de um grupo de estudos, a sociedade para pesquisa do desenvolvimento da construção paisagística, as leis alemãs com actos de protecção e definição de especificações e a ambientação da indústria em amplo padrão, formam a base desse desenvolvimento. A pesquisa da cobertura verde alemã começou nos anos 50, como parte do movimento de reconhecimento do valor ecológico e ambiental do habitat urbano, e em particular, dos benefícios das plantas em coberturas, para a conservação de energia minimização

da falta de água. Algumas empresas começaram a oferecer especialistas em coberturas verdes e a estabelecer os seus próprios programas de pesquisa, como a ZinCo e Optigrün, perto de Estugarda, sul da Alemanha. Então, o crescimento de plantas nas coberturas e paredes, deixou de pertencer aos movimentos ambientais alternativos dado que encontraram suporte científico e sustentação económica.

As coberturas verdes estão a começar a utilizar-se em muitas regiões do mundo, sendo que os factores de motivação da implementação do sistema podem variar de acordo com clima, cultura e política; e também os resultados dos níveis e tipos de incentivos para os promover, vão variando.

Na Alemanha, a força que primeiro incentivou a sua instalação, foi a ambiental, em particular para atenuar a perda de habitat ou paisagens, como resultado da evolução deste tipo de construção.

Nos Estados Unidos da América as coberturas verdes têm sido instaladas largamente por razões económicas, como um custo menor do que o padrão de técnicas de engenharia e de mecanismos ambientais de construção.

Na Noruega os telhados verdes são vistos como parte do património nacional e estão ligados a sentimentos românticos profundos de proximidade com a natureza.

Os telhados verdes britânicos são vistos como um sistema construtivo importado, e um pouco diferente, ou como tecnologias estranhas. Essas diferenças reflectem a política, a cultura e a estrutura económica de vários países e regiões. O primeiro benefício das coberturas verdes pode mudar geograficamente, com a gestão de tempestades, surgindo como principal interesse em climas mais temperados e como factor motivador da redução das temperaturas em climas tropicais quentes.

Fig. 1 Jardins suspensos da Babilónia



Fig.2 Cobertura curda



## 1.2 Objectivos e estrutura do trabalho

Esta dissertação tem como objectivo principal abordar a tecnologia de construção de coberturas denominada habitualmente por “cobertura verde”, tendo em conta, que este tipo de coberturas se encontra em franco crescimento nalguns países e são apresentados como uma tecnologia sustentável. Irão ser estudados os vários tipos de coberturas verdes, soluções construtivas e respectivas acções de manutenção. Serão também evidenciados os benefícios deste tipo de solução construtiva em relação a outras soluções, nomeadamente nos aspectos eco-ambientais e de conforto térmico e acústico. Para concluir serão apresentados alguns exemplos práticos de execução deste tipo de coberturas juntamente com algumas recomendações construtivas.

O trabalho foi estruturado a partir de uma pesquisa bibliográfica e da recolha de documentos, capazes de contribuir para um constante desenvolvimento da dissertação. A metodologia aplicada foi faseada em quatro partes, nomeadamente: investigação, através da recolha de fontes bibliográficas e iconográficas, que culminou na composição de uma base de dados informatizada. Após tratamento e cruzamento de informação teórica, correspondente aos subtemas a abordar, realizou-se a estrutura da dissertação, dividindo-a em 10 capítulos estando alguns destes, divididos em subcapítulos.

Segue uma directriz evolutiva, no que diz respeito ao tratamento de informação, partindo da contextualização geral do tema coberturas verdes, (abordando a história, evolução, preocupações, contribuintes, causa/efeito, etc.), até aos nossos dias, mencionando arquitectos e artistas que contribuíram e que têm vindo a contribuir para o desenvolvimento do conceito de coberturas verdes. Nos últimos capítulos, faz referência a projectos que utilizam este método, através do estudo e análise de obras paradigmáticas, que foram escolhidas no decorrer da pesquisa e avalia-se a utilização de materiais neste tipo de cobertura e redigindo um conjunto de recomendações construtivas para os projectistas.

A primeira fase do trabalho consistiu na recolha de fontes bibliográficas e iconográficas, respeitantes ao tema, direccionando, deste modo, a questão principal, incutindo valores e símbolos arquitectónicos na mesma. Foram consideradas fontes escritas e iconográficas de outros autores. Numa segunda fase, pretendeu-se organizar

e cruzar, toda a informação encontrada e começar a definir os subtemas que iriam constituir a dissertação, abordando questões que conduziram ao aparecimento dos conceitos de coberturas verdes e a sua evolução ao longo do tempo.

A terceira fase do trabalho consistiu na organização e cruzamento, de informação referente às obras que utilizem este tipo de coberturas.

Este estudo tem o objectivo de abarcar e contemplar os conhecimentos adquiridos durante a formação académica, aplicando-os através de uma intensa e contínua investigação, de modo a alcançar competência para exercer a profissão. Desta forma, este longo percurso culminará com o estudo dos conceitos de Coberturas Verdes.

Com esta dissertação: definiu-se e caracterizou-se o conceito; estudando os autores mais marcantes na história das coberturas verdes; entender os motivos que levam, nos dias de hoje, a optar por estas coberturas; estudar materiais e técnicas actuais que contribuam para a sustentabilidade na arquitectura; analisar exemplos de obras paradigmáticas e divulgar o conceito redigindo um conjunto de recomendações práticas para os projectistas.

O objectivo principal é sobretudo, dar a conhecer novas possibilidades de (re) pensar a arquitectura segundo uma vertente ecológica, analisando detalhadamente todos os seus prós e contras que se associam directa e indirectamente à temática das Coberturas Verdes.

Perceber as questões técnicas, de detalhe da construção e da pormenorização das peças desenhadas tendo em conta a especificidade do tema abordado.

## Capítulo 2

---

### Requisitos a satisfazer pelas coberturas em terraço

- 2.1 Fixação dos componentes da cobertura
- 2.2 Estrutura resistente
- 2.3 Protecção térmica e acústica
- 2.4 Impermeabilização
- 2.5 Revestimentos de protecção e de circulação
- 2.6 Dispositivos de drenagem e evacuação de água
- 2.7 Notas

## **2. REQUISITOS A SATISFAZER PELAS COBERTURAS EM TERRAÇO**

São diversos os requisitos a satisfazer pelas coberturas em terraço. Podemos salientar como mais importantes:

- Fixação dos componentes da cobertura;
- Estrutura resistente;
- Protecção térmica e acústica;
- Impermeabilização;
- Permitir circulação de pessoas (Revestimento de protecção e de circulação);
- Dispositivos de drenagem e evacuação de água.

### **2.1 Fixação dos componentes da cobertura**

As propriedades requeridas para a fixação dos componentes da cobertura são:

- Resistência;
- Materiais compatíveis;
- Peso (leveza).

Os componentes devem ter boa aderência, boas características mecânicas e espessura adequada<sup>1</sup>.

### **2.2 Estrutura resistente**

As propriedades requeridas no suporte estrutural para cumprir as funções das coberturas em terraço são:

- Resistência;
- Rigidez.

O suporte estrutural deve cobrir e suportar a estrutura<sup>2</sup>.

## **2.3 Protecção térmica e acústica**

As coberturas em terraço devem assegurar as condições de habitabilidade pretendidas para o espaço coberto, reduzindo a influência das variações térmicas exteriores, quer diárias quer sazonais. Devem também, incluir elementos complementares de protecção térmica com vista a limitar as deformações de origem térmica e a eventual fissuração da laje da estrutura da cobertura.

Na sua constituição devem possuir elementos que permitam diminuir os ruídos provenientes do exterior, melhorando as condições de habitabilidade do edifício<sup>3</sup>.

## **2.4 Impermeabilização**

Devem possuir revestimentos de impermeabilização adicionais para a correcta vedação destas coberturas. Os revestimentos devem poder deformar-se, sem rotura ou fissuração, acompanhando os eventuais movimentos da laje da cobertura e, por outro lado, impedir a penetração da água que possa ficar estanque e aquela que circula sobre eles<sup>4</sup>.

## **2.5 Revestimentos de protecção e de circulação**

Devem ser providas de recobrimento de protecção devido à reduzida resistência a acções mecânicas e aos efeitos do envelhecimento dos sistemas de impermeabilização.

Nas coberturas acessíveis, em que o terraço é utilizado como piso de serviço, o revestimento de circulação que se tem de realizar pode assegurar a protecção necessária.

Nas coberturas em que o terraço tem apenas função de vedação superior do edifício, e não são acessíveis, senão por motivos de trabalho de reparação ou de manutenção, há necessidade de realizar o recobrimento de protecção, os quais variam com o sistema de impermeabilização utilizado<sup>5</sup>.

## **2.6 Dispositivos de drenagem e evacuação de água**

Exceptuando os casos dos terraços, em que é necessária uma camada, pouco espessa, de água confinada na área da cobertura, as coberturas em terraço têm de ser confinadas para facilitar a evacuação da água das chuvas recolhidas na sua superfície. A superfície da cobertura tem de definir-se em pendentes que conduzam as águas aos pontos de evacuação (caleiras e tubos de queda). Os limites admitidos para estas pendentes situam-se entre os 1,5 e os 3%, podendo ser maior quando o acabamento de protecção da impermeabilização é rugoso e irregular<sup>6</sup>.

## 2.7 Notas

1-[http://irc.web-t.cisti.nrc.ca/practice/roo1\\_E.html](http://irc.web-t.cisti.nrc.ca/practice/roo1_E.html)

2-[http://irc.web-t.cisti.nrc.ca/practice/roo1\\_E.html](http://irc.web-t.cisti.nrc.ca/practice/roo1_E.html)

3- Gomes, R. José (1981), Informação técnica edifícios - Coberturas em terraço, Lisboa: Laboratório Nacional de Engenharia Civil.

4- Gomes, R. José (1981), Informação técnica edifícios - Coberturas em terraço, Lisboa: Laboratório Nacional de Engenharia Civil.

5- Gomes, R. José (1981), Informação técnica edifícios - Coberturas em terraço, Lisboa: Laboratório Nacional de Engenharia Civil.

6- Gomes, R. José (1981), Informação técnica edifícios - Coberturas em terraço, Lisboa: Laboratório Nacional de Engenharia Civil.

## Capítulo 3

---

### Tipos de coberturas verdes

3.1 Cobertura ajardinada intensiva

3.2 Cobertura ajardinada extensiva

3.3 Cobertura ajardinada semi-intensiva

3.4 Descrição construtiva das coberturas verdes

3.5 Notas

### 3. TIPOS DE COBERTURAS VERDES

De acordo com diferentes autores e entidades, existem diferentes tipos de coberturas verdes. A entidade *International Green Roof Association* (IGRA)<sup>1</sup> define três tipos de coberturas verdes:

- 1 – Intensiva;
- 2– Semi-intensiva;
- 3– Extensiva.

Os três tipos de coberturas distinguem-se, principalmente, pela profundidade da sua camada de solo (terra vegetal) e pela espécie das plantas utilizadas para o revestimento.

#### 3.1 Cobertura ajardinada intensiva

As coberturas ajardinadas intensivas são espaços verdes construídos sobre os edifícios, destinadas a serem utilizadas como áreas de plantação com fins recreativos, estéticos e ambientais.

Não existe limitação na escolha de árvores ou arbustos, excepto nos casos em que as suas raízes sejam de grande comprimento.

Deve-se ter especial atenção à selecção de plantas a utilizar na camada de terra vegetal devido às condições de adaptação ao lugar de plantação (reduzido volume de terra vegetal predominantemente mineral, temperaturas extremas e alta radiação).

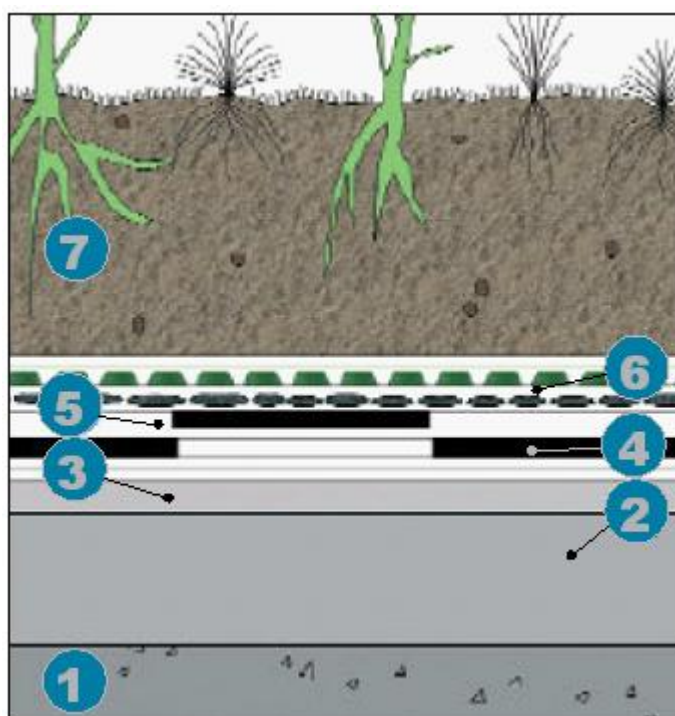
A espessura da camada de terra vegetal deve ser superior a 15 cm, dependendo do tipo de plantação que se queira colocar. O peso da camada de terra vegetal e da camada de vegetação, (a considerar nos cálculos de estabilidade) pode ser superior a 1,2 kN/m<sup>2</sup>.<sup>2</sup>

A camada de terra vegetal desempenha funções de absorção de nutrientes, água e oxigénio, assim como suporte físico da vegetação. A decomposição biológica e a compactação desta camada deverá ser mínima, sendo constituída na sua maioria por componentes inorgânicos e com uma camada superficial de materiais porosos de natureza mineral que provenha dos efeitos do vento.

A camada filtrante deverá estar situada em cima da camada drenante para impedir a passagem de partículas finas do substrato e, portanto, a obstrução da camada drenante. Esta última, deverá situar-se acima da membrana impermeabilizante, assegurando a sua funcionalidade em condições de chuva continuada e intensa. Para realizar ambas as funções, filtração e drenagem, utiliza-se um geocomposto drenante, formado por um geotêxtil de tecido termo-soldado de filamento contínuo de polipropileno de 125 g/m<sup>2</sup>, que actuará como camada filtrante, “colado” a uma malha de polietileno de alta densidade, que actuará como camada drenante<sup>3</sup>.

As membranas impermeabilizantes utilizadas neste tipo de coberturas deverão apresentar como características particulares resistência à perfuração por raízes e a microrganismos.

Este tipo de cobertura requer rega e uma manutenção periódica. Os jardins sobre garagens subterrâneas e coberturas dedicadas ao lazer podem pertencer a este grupo.



- 1 – Suporte estrutural
- 2 – Suporte de base
- 3 – Tratamento asfáltico
- 4 – Membrana de impermeabilização
- 5 – Membrana impermeabilizante
- 6 – Membrana drenante e filtrante
- 7 – Camada de terra vegetal

fig. 3 – Cobertura ajardinada intensiva sem isolamento térmico: Secção-Tipo<sup>4</sup>

### 3.1.1 Detalhes de pontos singulares da cobertura ajardinada intensiva

- Ligação com o paramento vertical

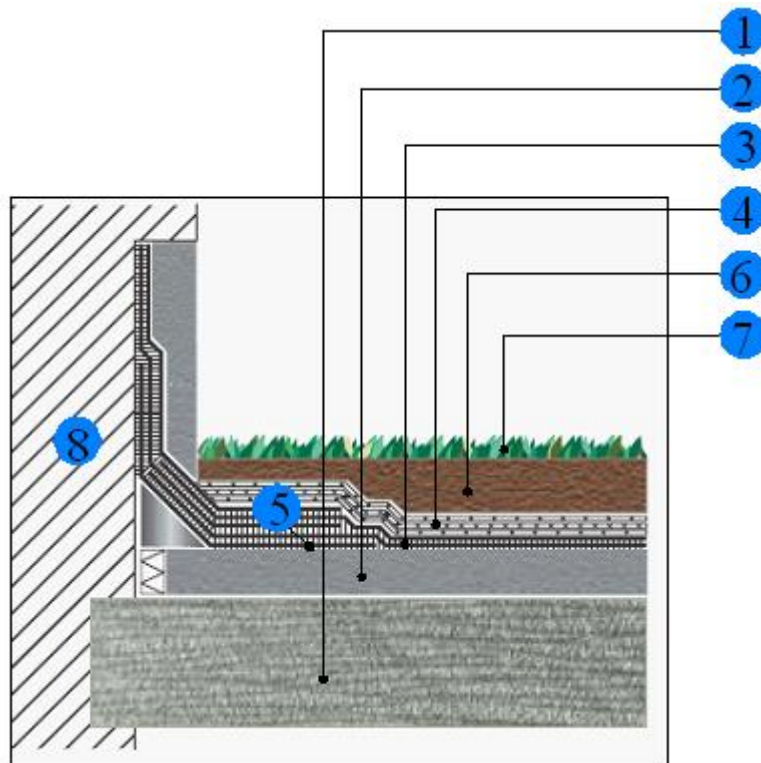


fig. 4 – Pormenor da ligação com o paramento vertical<sup>5</sup>

- 1 – Suporte estrutural
- 2 – Suporte de base
- 3 – Membrana impermeabilizante
- 4 – Camada drenante
- 5 – Banda de reforço (mínimo de 30 cm de largura)
- 6 – Camada de terra vegetal
- 7 – Vegetação

▪ Junta de dilatação

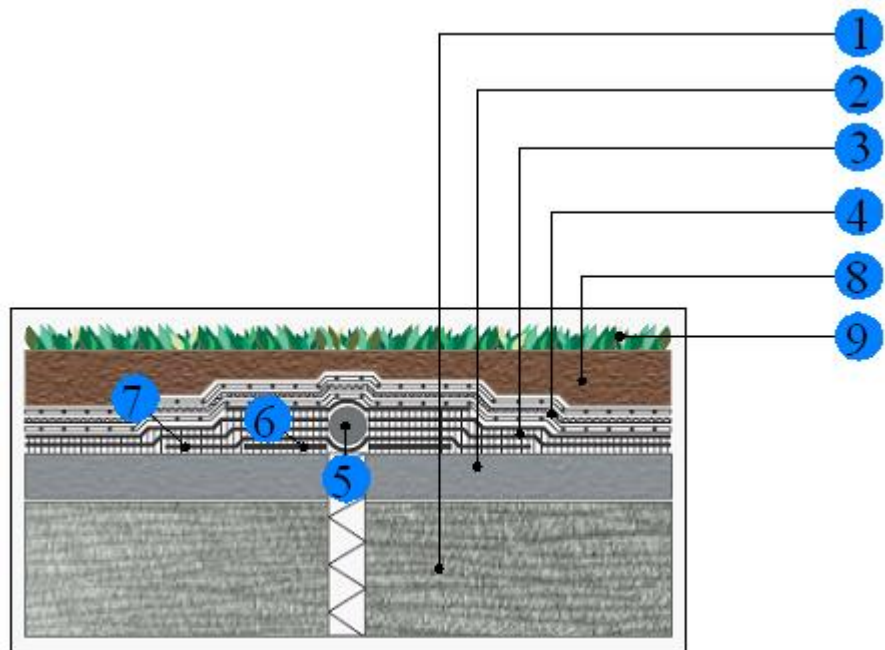


fig. 5 - Pormenor da junta de dilatação<sup>6</sup>

1 – Suporte estrutural

2 – Suporte de base

3 – Membrana impermeabilizante

4 – Camada drenante

5 – Cordão de fundo da junta

6 – Banda aderente (mínimo 30 cm de largura)

7 – Banda de reforço (mínimo 45 cm de largura)

8 – Camada de terra vegetal

9 – Vegetação

▪ Zona de escoamento de águas

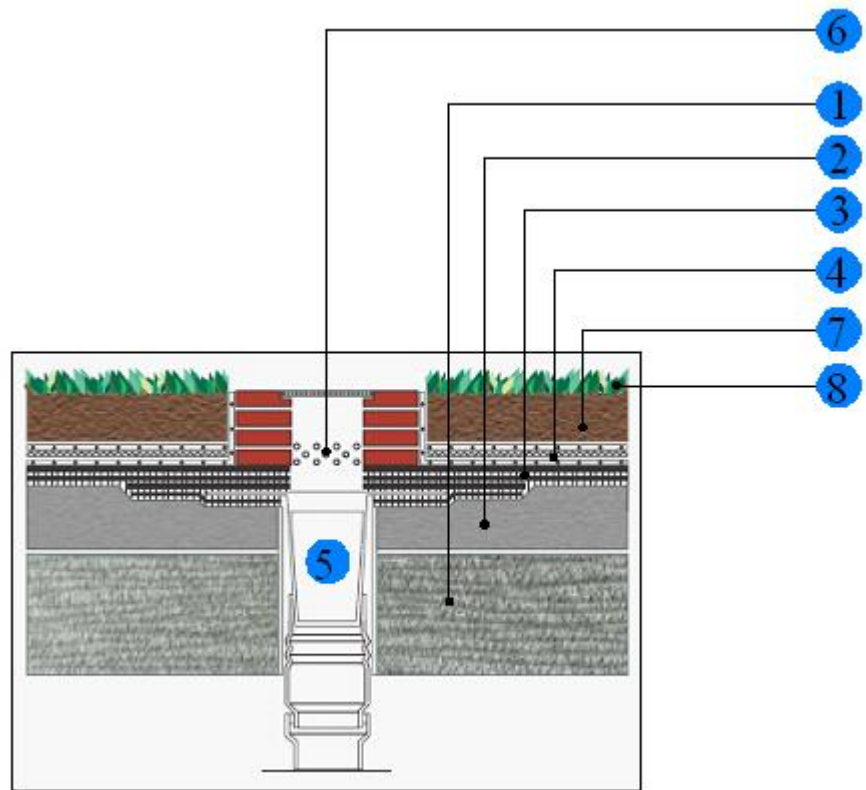


fig. 6 – Pormenor da zona de escoamento de águas<sup>7</sup>

1 – Suporte estrutural

2 – Suporte de base

3 – Membrana impermeabilizante

4 – Camada drenante

5 – Sumidouro pré-fabricado

6 – Filtro

7 – Camada de terra vegetal

8 – Vegetação

### **3.2 Cobertura ajardinada extensiva (também chamada “ecológica”)**

As coberturas ajardinadas extensivas são também espaços verdes construídos sobre os edifícios, destinadas a serem utilizadas como áreas de plantação com fins recreativos, estéticos e ambientais.

A camada de vegetação é a camada superior formada por plantas adaptadas às condições de baixa manutenção e destinadas a dar à cobertura um acabamento vegetal de carácter ecológico e sustentável. As plantas utilizadas neste tipo de coberturas deverão necessitar de uma manutenção reduzida e poder adaptar-se às condições limites do lugar de plantação, tendo em conta os condicionamentos próprios da zona e deverão ser de baixo porte e não podem ultrapassar os 10 a 12 cm de altura. Deverão utilizar-se sistemas radiculares de pouca profundidade, com boa capacidade de regeneração e com uma altura de crescimento normal inferior a 50 cm<sup>8</sup>.

As coberturas ajardinadas extensivas são aquelas, em que a espessura da camada de terra vegetal é inferior a 15cm. O peso da camada de substrato e da capa de vegetação deve ser inferior a 1,2 kN/m<sup>2</sup><sup>9</sup>.

A camada de terra vegetal desempenha as funções de absorção de nutrientes, água e oxigénio, assim como suporte físico da vegetação. Recomenda-se, que tenha uma espessura mínima de 4 cm e máxima de 15 cm<sup>10</sup>. A decomposição biológica e a compactação desta camada deverá ser mínima, contendo na sua maioria componentes inorgânicos e com uma camada superficial de materiais porosos de natureza mineral que provenha dos efeitos do vento.

A camada filtrante situa-se acima da camada drenante para impedir a passagem das partículas finas do substrato e, portanto, a obstrução da camada drenante. Para isso utiliza-se uma camada separadora de geotêxtil, colocado sobre a totalidade da camada drenante.

A camada drenante deverá situar-se acima da membrana impermeabilizante como meio de drenagem e protecção mecânica da membrana, assegurando a sua funcionalidade em condições de chuva continuada e intensa. Para tal utiliza-se um geocomposto drenante formado por uma lâmina alveolar de polietileno de alta densidade encostada a um geotêxtil de tecido termo-soldado, formando os alvéolos uma câmara entre o geocomposto e a membrana impermeabilizante através da qual circula o ar e o vapor de água<sup>11</sup>.

Como nas coberturas ajardinadas intensivas, as membranas impermeabilizantes utilizadas deverão apresentar como características particulares resistência à perfuração por raízes e a microrganismos.

As necessidades de manutenção e rega devem ser mínimas.

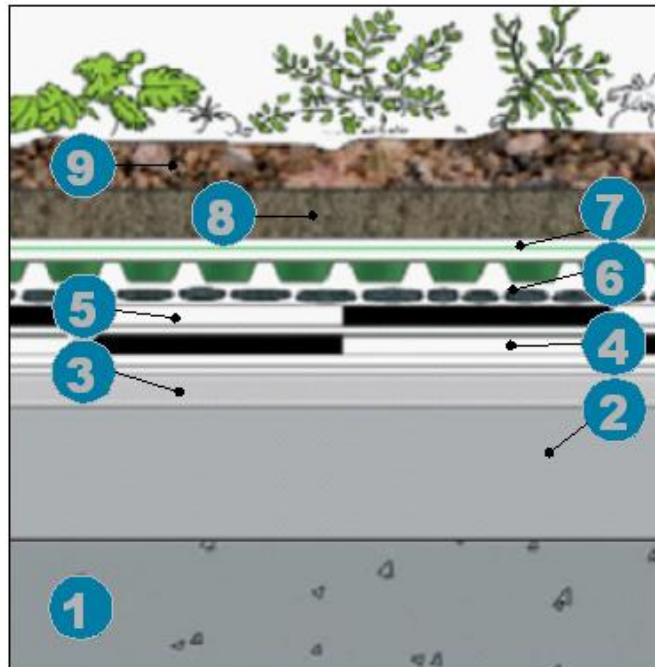


fig. 7 – Cobertura ajardinada extensiva sem isolamento térmico: Seção-tipo<sup>12</sup>

- 1 – Suporte estrutural
- 2 – Suporte de base
- 3 – Tratamento asfáltico
- 4 – Membrana de impermeabilização
- 5 – Membrana impermeabilizante
- 6 – Membrana para retenção de água
- 7 – Perfil metálico selado
- 8 – Reforço para escoamento de água
- 9 – Camada de terra vegetal

### 3.1.2 Detalhes de pontos singulares da cobertura ajardinada extensiva

- Ligação com o paramento vertical

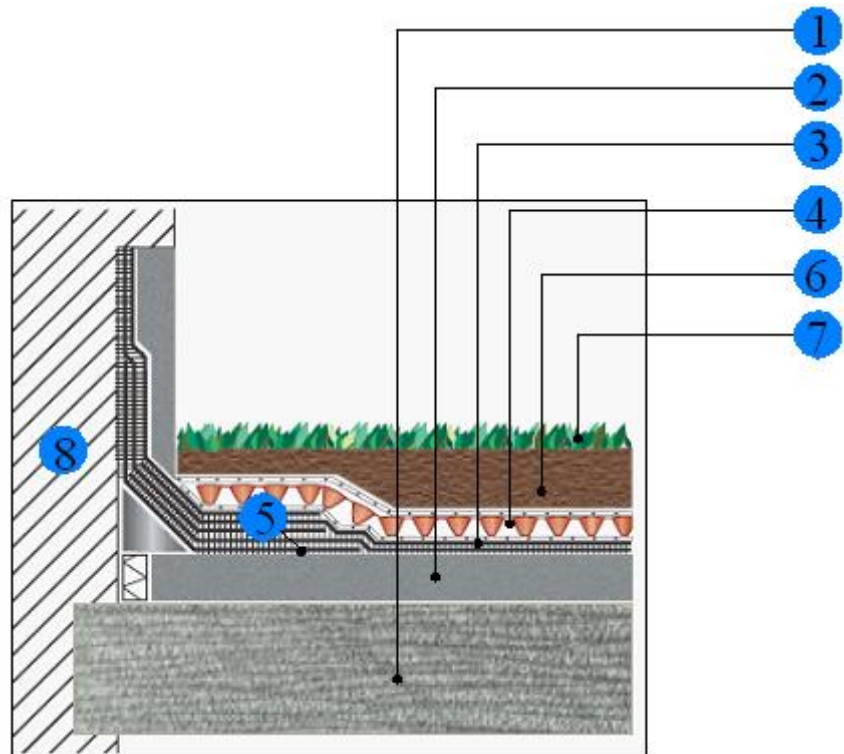


fig. 8 – Pormenor da ligação com o paramento vertical<sup>13</sup>

- 1 – Suporte estrutural
- 2 – Suporte de base
- 3 – Membrana impermeabilizante
- 4 – Camada drenante
- 5 – Banda de reforço (mínimo de 30 cm de largura)
- 6 – Camada de terra vegetal
- 7 – Vegetação
- 8 – Paramento vertical

▪ Junta de dilatação

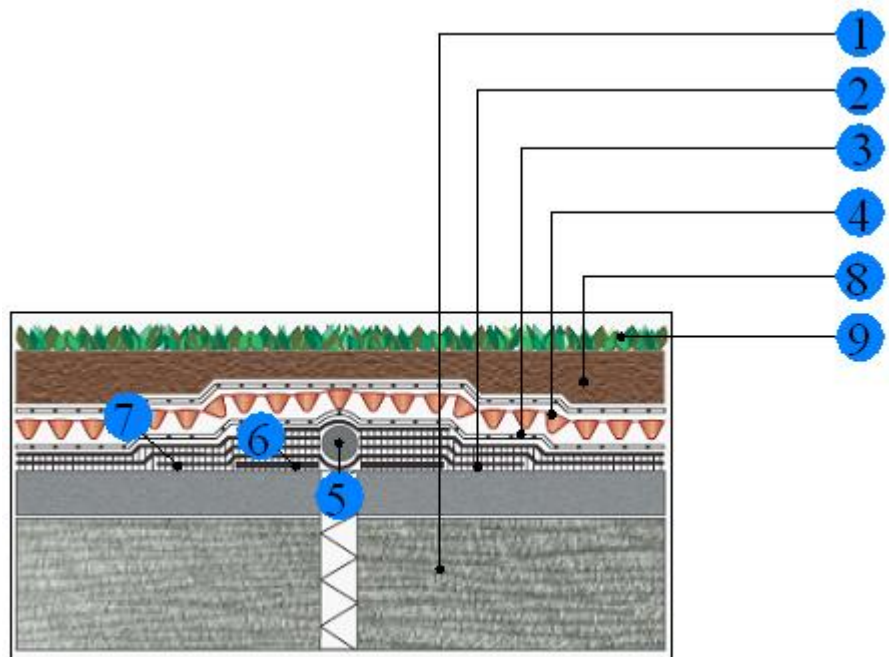


fig. 9 - Pormenor da junta de dilatação<sup>14</sup>

1 – Suporte estrutural

2 – Suporte de base

3 – Membrana impermeabilizante

4 – Camada drenante

5 – Cordão de fundo da junta

6 – Banda aderente (mínimo de 30 cm de largura)

7 – Banda de reforço (mínimo de 45 cm de largura)

▪ Zona de escoamento de águas

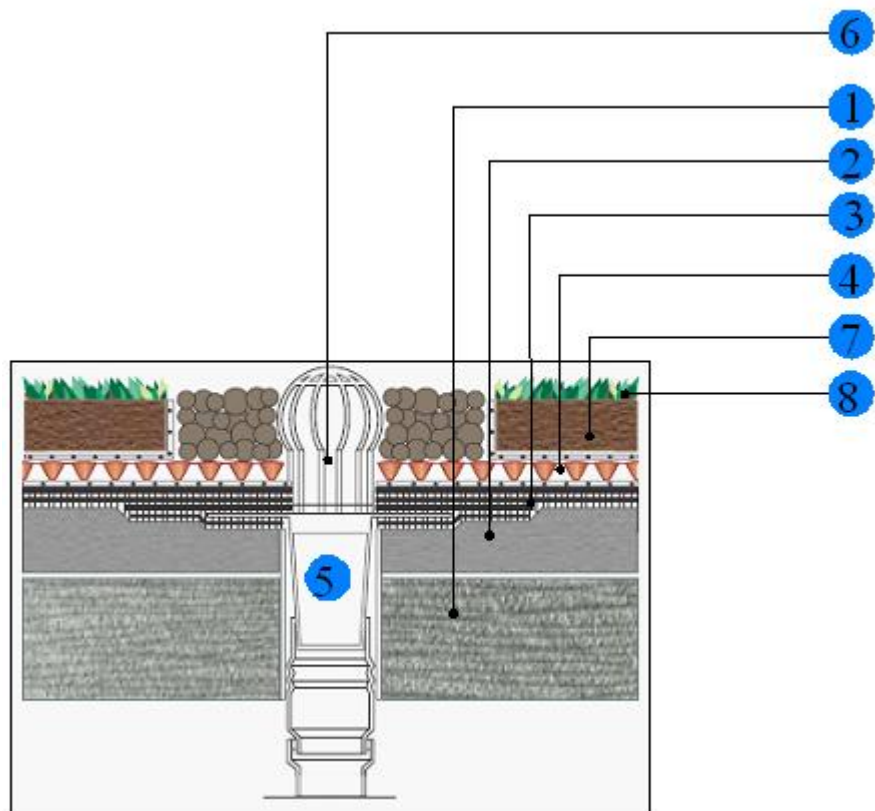


fig. 10 – Pormenor da zona de escoamento de águas<sup>15</sup>

1 – Suporte estrutural

2 – Suporte de base

3 – Membrana  
impermeabilizante

4 – Camada drenante

5 – Sumidouro pré-fabricado

6 – Filtro

### 3.3 Cobertura ajardinada semi-intensiva

As coberturas ajardinadas semi-intensivas, em termos de exigências, situam-se entre as coberturas ajardinadas intensivas e extensivas. Maior manutenção, custos mais elevados e maior peso são características das coberturas ajardinadas semi-intensivas quando comparadas com as coberturas ajardinadas extensivas.

A profundidade da camada de terra vegetal permite mais possibilidades para o projecto. Como revestimento podem utilizar-se várias plantas herbáceas (grama por exemplo) dado que árvores ou arbustos não crescem.

Todas as camadas que compõem as coberturas ajardinadas semi-intensivas são semelhantes aos outros dois tipos dependendo só da vegetação a utilizar como revestimento.

Tabela 1 – Critérios de comparação dos três tipos de coberturas verdes<sup>16</sup>

	<b>Cobertura verde extensiva</b>	<b>Cobertura verde semi-intensiva</b>	<b>Cobertura verde intensiva</b>
<b>Manutenção</b>	Baixa	Periódica	Alta
<b>Rega</b>	Não	Periódica	Regular
<b>Altura da camada de terra vegetal</b>	6 – 20 cm	12 cm – 25 cm	15 – 40 cm Garagens subterrâneas > 100 cm
<b>Peso</b>	0,6 – 1,5 kN/m <sup>2</sup>	1,2 – 2,0 kN/m <sup>2</sup>	1,8 – 5,0 kN/m <sup>2</sup>
<b>Custo</b>	Baixo	Médio	Alto
<b>Utilidade</b>	“Camada de protecção ecológica”	“Designada cobertura verde”	“Parque como jardim”

### **3.4 Descrição construtiva das coberturas verdes**

As especificidades das coberturas verdes resultam essencialmente da necessidade de emprego duma cobertura de terra vegetal com a correspondente vegetação.

Na zona corrente da cobertura, as principais camadas das coberturas verdes, por ordem decrescente, são as seguintes<sup>17</sup>:

- Vegetação e terra vegetal;
- Camada filtrante;
- Camada drenante;
- Sistema de impermeabilização;
- Camada de forma, formando ou não por si só a camada de regularização;
- Estrutura resistente.

A necessidade de aplicar uma camada de isolamento térmico deve ser estudada caso a caso, tendo em conta, principalmente, a espessura da camada de terra vegetal.

De referir, que à semelhança das coberturas sem vegetação, a camada de isolamento térmico pode ser aplicada sob o sistema de impermeabilização, designadas de coberturas “tradicionais” ou sobre o sistema de impermeabilização, designadas de coberturas “invertidas”.

A aplicação de uma camada específica de protecção da impermeabilização (Ver fig.11) pode ser condicionada pelo tipo de impermeabilização e pela camada drenante subjacente.

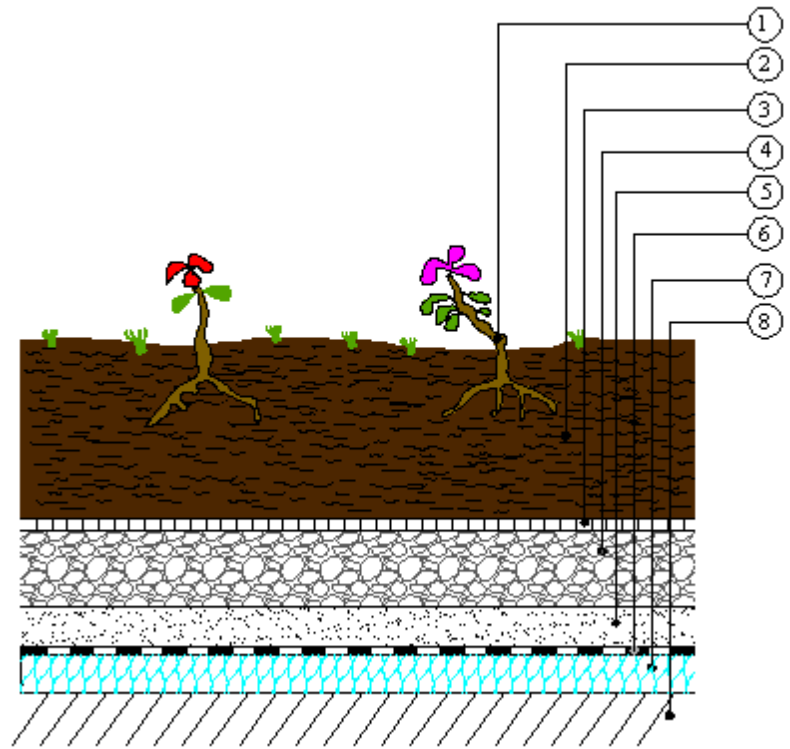


Fig.11 – Principais camadas duma cobertura verde <sup>18</sup>

- 1 – Vegetação
- 2 – Terra vegetal
- 3 – Camada filtrante
- 4 – Camada drenante
- 5 – Protecção (eventual) da impermeabilização
- 6 – Revestimento de impermeabilização
- 7 – Suporte isolante térmico
- 8 – Estrutura resistente

### 3.5 Notas

1. <http://www.igra-world.com/green-roof-types/index.html>
2. <http://www.composan.com/contenidos/docs/Publicaciones/Impermeabilizaciones/Manual%20Impermeabilizacion.pdf>
3. <http://www.composan.com/contenidos/docs/Publicaciones/Impermeabilizaciones/Manual%20Impermeabilizacion.pdf>
4. [http://www.construlink.com/Homepage/2003\\_GuiaoTecnico/Ficheiros/gt\\_384\\_construlink\\_08\\_18\\_12\\_2006.pdf](http://www.construlink.com/Homepage/2003_GuiaoTecnico/Ficheiros/gt_384_construlink_08_18_12_2006.pdf)
5. <http://www.composan.com/contenidos/docs/Publicaciones/Impermeabilizaciones/Manual%20Impermeabilizacion.pdf>
6. <http://www.composan.com/contenidos/docs/Publicaciones/Impermeabilizaciones/Manual%20Impermeabilizacion.pdf>
7. <http://www.composan.com/contenidos/docs/Publicaciones/Impermeabilizaciones/Manual%20Impermeabilizacion.pdf>
8. <http://www.composan.com/contenidos/docs/Publicaciones/Impermeabilizaciones/Manual%20Impermeabilizacion.pdf>
9. <http://www.composan.com/contenidos/docs/Publicaciones/Impermeabilizaciones/Manual%20Impermeabilizacion.pdf>
10. <http://www.composan.com/contenidos/docs/Publicaciones/Impermeabilizaciones/Manual%20Impermeabilizacion.pdf>
11. <http://www.composan.com/contenidos/docs/Publicaciones/Impermeabilizaciones/Manual%20Impermeabilizacion.pdf>
12. [http://www.construlink.com/Homepage/2003\\_GuiaoTecnico/Ficheiros/gt\\_384\\_construlink\\_08\\_18\\_12\\_2006.pdf](http://www.construlink.com/Homepage/2003_GuiaoTecnico/Ficheiros/gt_384_construlink_08_18_12_2006.pdf)
13. <http://www.composan.com/contenidos/docs/Publicaciones/Impermeabilizaciones/Manual%20Impermeabilizacion.pdf>
14. <http://www.composan.com/contenidos/docs/Publicaciones/Impermeabilizaciones/Manual%20Impermeabilizacion.pdf>
15. <http://www.composan.com/contenidos/docs/Publicaciones/Impermeabilizaciones/Manual%20Impermeabilizacion.pdf>
16. <http://www.igra-world.com/green-roof-types/index.html>
17. Lopes, Jorge M. Grandão (2005), As especificidades das coberturas ajardinadas - Comunicação, Lisboa, Laboratório Nacional de Engenharia Civil.
18. Lopes, Jorge M. Grandão (2005), As especificidades das coberturas ajardinadas - Comunicação, Lisboa, Laboratório Nacional de Engenharia Civil.

## Capítulo 4

---

### Execução deste tipo de coberturas noutros países

- 4.1 Alemanha
- 4.2 Canadá
- 4.3 Estados Unidos da América
- 4.4 Inglaterra
- 4.5 Japão
- 4.6 Suíça
- 4.7 Notas

## 4.1 Alemanha<sup>1</sup>

### Caso de estudo - Berlim

#### Descrição

Berlim é a capital federal da Alemanha reunificada e é uma das três cidades-estado alemãs, que combina as funções de cidade e estado, com um senado com funções executivas. Novas abordagens ao desenho urbano têm sido e continuarão a ser aplicadas em Berlim, para projectos relativamente grandes e importantes. A oportunidade única para desenvolver a extensa área central após a reunificação, proviu um campo de ensaio para projectos inovadores e de grande escala. O oásis de urbanismo verde é em grande parte resultado do Programa de Paisagem de Berlim 1984-1994 com os seus quatro planos directores (para a protecção da natureza e da fauna, recursos naturais, da paisagem e áreas de lazer) que definiram o alto valor atribuído à natureza.

#### Motivadores-chave

Berlim tem-se preocupado com os efeitos crescentes da urbanização, tais como a falta de espaços verdes e de gestão de águas pluviais, desde 1970. Densamente desenvolvida no terreno, é extremamente limitada na sua função, por:

- Uma elevada percentagem de solo impermeável
- Reposição inadequada das águas subterrâneas resultantes de escoamento rápido de chuva na rede de esgoto
- Falta de humidade e excesso de aquecimento do ar
- Uma diminuição constante na vegetação e habitats para os animal devido à insuficiência de espaço verde.

#### Descrição da política

Berlim estabeleceu um Factor Área Biótopo (FAB ou BFF para *BiotopFlächenFaktor*) na década de 1980 no sector ocidental antes da reunificação.

Assemelha-se a outros instrumentos de planeamento urbanístico, tais como a relação espaço. O FAB contribui para a padronização do ambiente com seguintes objectivos:

- melhorar o microclima e higiene atmosférica
- manutenção e desenvolvimento da função do solo e balanço hídrico
- criar e melhorar a qualidade de habitats de plantas e animais, especialmente as espécies selvagens
- Melhorar o ambiente residencial.

O FAB é necessário em áreas com uma paisagem plana vinculativa juridicamente. Há cerca de 13 áreas em Berlim. Fora dessas áreas, o FAB é voluntário e pode ser usado como orientação para as medidas ambientais quando as alterações nas estruturas do edifício existente são propostas.

### **Cálculo da FAB**

O FAB expressa a razão entre a superfície ecologicamente eficaz e a área total do território. Para cada tipo de forma urbana, os planeadores definiram um valor FAB alvo. Por exemplo, as novas estruturas residenciais têm uma meta de 0,60 FAB e as novas estruturas comerciais têm uma meta de 0,30 FAB. Para renovações, o FAB alvo podem variar dependendo do grau de cobertura existente. Por exemplo, uma renovação residencial, com um grau de cobertura de mais de 0,50 tem uma meta de 0,30 FAB. Cada tipo de superfície sobre o plano proposto é medido e atribuído uma medida da importância relativa de acordo com seu valor ecológico.

### **Processo de estabelecer a política**

Berlim tem uma longa história de política de coberturas verdes. Em 1970, pesquisadores da Universidade Técnica de Berlim começaram a examinar a ecologia dos telhados verdes da cidade. Ao mesmo tempo os cidadãos começaram a pressionar para obter apoio para cidades mais amigas do ambiente. Muitos projectos foram implementados, impulsionados pelo movimento ambientalista.

Entre 1983 e 1996, um Programa para pátios verdes visa acrescentar espaços verdes sob a forma de coberturas verdes, fachadas verdes e hortas comunitárias para as áreas mais densamente fechados da cidade. Através do programa cerca de 65.750 m<sup>2</sup> de extensas coberturas verdes foram subsidiadas. O programa reembolsou os

residentes em cerca de metade de suas despesas de instalação. Berlim, devido a problemas financeiros, desde então não ofereceu mais incentivos financeiros directos.

Berlim tem também uma taxa de águas pluviais, administrada pela água Berlim Corporation, uma empresa de 50,1 por cento de capitais públicos. A taxa de águas pluviais para 2004 é de 1,407 € m<sup>2</sup>/ano, com base em superfícies impermeáveis. Os telhados verdes não ganham um desconto, no entanto, se não está conectado ao sistema público de drenagem das águas residuais, a área do telhado não é contado. Os telhados verdes são, por vezes integrados em planos de uso do solo local, quer como fonte de controlo de medidas, ou como medidas de compensação da natureza. Esta é administrada pelos bairros.

### **Eficácia**

Os objectivos desta política são numerosos e visam melhorar a qualidade geral da paisagem urbana. Há muitos factores envolvidos o que torna difícil quantificar os benefícios. Os planeadores da cidade receberam um *feedback* positivo de arquitectos e proprietários que gostam da FAB, porque é fácil de usar e os melhoramentos visuais são imediatos, bem como a poupança de energia. Além disso, ele deixa aos projectistas e proprietários de imóveis um espaço para a individualidade, criatividade e a flexibilidade.

Os planeadores da cidade perceberem que o FAB segue a mesma lógica de planeamento de outros índices e rácios, funcionando também bem em bairros já existentes, onde há falta de espaços verdes.

### **Lições aprendidas**

Não há exigências específicas do desenho ou metas de desempenho para telhados verdes. Eles devem simplesmente obedecer aos padrões da indústria. Dito isto, as questões técnicas são muito importantes. No início, quando as normas não foram bem desenvolvidas e os trabalhadores não tinham conhecimento e experiência, houve problemas, como a erosão de substratos, vazamentos na impermeabilização e manutenção inadequada, o que resultou no crescimento de espécies de plantas indesejáveis cujas raízes danificavam, às vezes a camada de impermeabilização.

Formação do pessoal da cidade para o FAB é bastante simples devido à semelhança de outros instrumentos de planeamento alemão. No entanto, a falta de pessoal tem

dificultado a verificação do cumprimento. Vários anos podem passar para que um telhado verde seja inspeccionado.

#### **4.1.1 INTRODUÇÃO AO FLL - Planeamento, Execução e manutenção de coberturas verdes<sup>2</sup>**

O desenvolvimento das coberturas verdes no mercado português começa a difundir-se, e cada vez mais pessoas estudam, projectam, especificam, instalam, e realizam manutenção neste tipo de coberturas. Ao contrário da Alemanha, onde os telhados verdes são já altamente padronizados, a maioria dos poucos projectos portugueses são soluções personalizadas e individuais, devido ao facto de não existirem normas ou padrões. A avaliação individual dos resultados da investigação e informações técnicas dos fabricantes e fornecedores dos materiais é muito difícil, porém, especialmente sem definições, requisitos e métodos de ensaio geralmente aceites. Enquanto não existir regulamentação neste campo, poderiam ser usados os padrões desenvolvidos na Europa. O objectivo é fornecer uma base comum e para evitar falhas.

Torna-se assim, importante uma introdução às directrizes alemãs nesta tecnologia e discutir sua relevância para o mercado português.

*A Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V (FLL) - Pesquisa, Desenvolvimento e Sociedade da Construção Paisagística - é uma organização alemã independente e sem fins lucrativos. Foi fundada em 1975 por oito organizações profissionais para "a melhoria das condições ambientais, através da promoção e divulgação de investigação de plantas e suas aplicações planeadas "(3). O grupo de trabalho sobre coberturas verdes da FLL é apenas uma de 40 comissões que publicou uma longa lista de orientações e instruções de trabalho.*

A FLL tem vindo a trabalhar sobre as normas para a tecnologia de coberturas verde há 25 anos. A sua "orientação para o planeamento, execução e manutenção de coberturas verdes (FLL-guidelines) reflecte os desenvolvimentos do conhecimento alemão desta tecnologia. Embora as directrizes não dão soluções para todos os

problemas das coberturas verdes são uma ferramenta básica para a construção de coberturas verdes de confiança e de alta qualidade não só na Alemanha.

A última edição data de Janeiro de 2002, e foi lançado em uma versão em Inglês em 2004. De ponto de vista jurídico esta directriz alemã não pode substituir ou parar futuras normas noutra país, mas é uma fonte de informações muito confiável que se baseia na experiência de quase um bilhão de metros quadrados de telhados verdes construídos.

O desenvolvimento do mercado alemão em coberturas verde tem sido muito mais lento em comparação com o de outros países, porque a própria tecnologia ainda não havia sido desenvolvida. Houve, por tanto, tempo suficiente para desenvolver padrões simultaneamente ao progresso tecnológico. Para o mercado português a tecnologia importada destas coberturas está disponível de imediato, mas o desenvolvimento, definições, normas e procedimentos de ensaio vão levar algum tempo a ser realizados.

Até agora, os guias da FLL, são os mais mencionados e aceites sobre os requisitos para a drenagem, substratos, materiais e vegetação, bem como para a resistência às raízes das membranas de impermeabilização. Mas as suas orientações têm muito mais a oferecer como os métodos a serem empregues na investigação de plantas e substratos, dos tipos de materiais de drenagem utilizados na nestas coberturas.

As definições dos diferentes tipos coberturas e do tipo de vegetação adequada para as coberturas intensivas, semi-intensivas e extensivas, por exemplo, é definido como uma “natureza virtual” da paisagem que exige pouca manutenção e onde a “vegetação sofrerá um natural processo de mudança ou evolução, incluindo o surgimento de novos tipos de plantas que aumentam o stock de flora no decurso das tempo”<sup>2</sup> Isso reflecte a expressão de uma longa experiência que a vegetação de uma cobertura extensa só pode ser mantida com um esforço de manutenção muito elevado, que entra em conflito com a função ecológica primária. Prestar atenção para este facto pode evitar frustrações futuras de projectistas dos proprietários da construção, que desejam que a sua da ideia de uma cobertura duradoura e constante longo dos anos. As coberturas extensivas são, em especial, mais um pedaço da natureza, do que uma parte do projecto arquitectónico, onde é necessário identificar e avaliar as condições do local para a vegetação de uma cobertura específica e determinar os factores que serão úteis. "Se as coberturas verdes devem ser um

sucesso duradouro, é essencial que as condições do local são identificadas, para ver se elas são adequadas para vegetação. "4 A lista distingue clima e factores climáticos dependentes, factores estruturais e factores dependentes do planeamento que devem ser tidos em conta, usando uma lista de verificação que pode ajudar a evitar erros e falhas.

Para quem tem mais interesses nos benefícios dos telhados verdes, e não em detalhes, A directriz fornece um catálogo de funções e efeitos, que são divididos em aspectos do planeamento da cidade, da ecologia e da economia. As funções listadas e os efeitos também podem ser usados no contexto da regulamentação do impacto ambiental.

Nos capítulos dos requisitos relacionados com a construção e materiais e requisitos técnicos para a construção de coberturas verdes, os projectistas podem encontrar as respostas para as suas questões, o que deve ser considerado aquando da construção de uma cobertura ajardinada. Por exemplo:

- As inclinações/pendentes adequados
- Como as cargas tem que ser ajustadas
- Como a drenagem e rega são efectuados
- Que os telhados verdes deve ser acessíveis para manutenção
- Garantia de dispositivos de protecção, se houver potencial perigo de quedas
- Telhados verdes precisam de uma membrana resistente de raízes
- Como a membrana pode ser protegida contra choques mecânicos
- Como devem ser construídos os pontos singulares
- A elevação da membrana acima da superfície do telhado verde
- Quão quente ou frio o ar proveniente dos sistemas de AC ou de chaminés afectará o telhado verde
- Efeito de cargas do vento nas diferentes áreas de uma cobertura
- Quando um telhado verde pode ser considerado resistente ao fogo
- Quando os telhados inclinados necessidade de medidas especiais para evitar deslizamento
- Como as áreas pavimentadas devem ser construídas

## **Conclusão**

A FLL-Orientação para o Planeamento, Execução e Manutenção de coberturas verdes foi desenvolvido durante os últimos 25 anos na Alemanha e representa a amplamente reconhecida estado da arte e da tecnologia. Embora as orientações não apresentam os materiais necessários, podem fornecer uma grande quantidade de informações muito úteis sobre os telhados verdes.

## **4.2 Canadá<sup>5</sup>**

### **Caso de estudo - Montréal, Quebeque**

#### **Descrição**

Montréal, no sul do Quebeque, é a segunda maior cidade do Canadá, tem invernos muito frios, no verão períodos quentes e uma boa quantidade de chuvas durante todo o ano e queda de neve nos meses de inverno Geograficamente, está num arquipélago onde o Rio Ottawa e o Rio St. Lawrence se encontram.

Uma das mais antigas cidades na América do Norte, Montréal é um dos líderes comerciais, industriais e centros de serviço do Canadá. A área metropolitana tem uma população de mais de 3,5 milhões de habitantes.

Montréal tem um clima do norte, com temperaturas que variam de -40° a 40°C. A harmonização do ambiente construído a uma altura relativamente baixa, o uso de madeira como material tipo e o carácter familiar das áreas baixas ao redor da cidade, que parece estar a conduzir o interesse actual em telhados verdes.

Montréal também considerou telhados verdes para a agricultura. As universidades em Montreal e no Quebec iniciaram a investigação relacionada com as plantas em telhados verdes e agricultura urbana.

Até agora, a execução de telhados verdes em Montréal tem sido esporádica. No entanto, o recentemente trabalho realizado pelo Centro de Ecologia Urbana, uma organização sem fins lucrativos, está a conseguir trazer muitas partes interessadas, incluindo funcionários municipais, e promotores. O Plano Director da cidade agora contém linguagem específica relacionada com telhados verdes.

Existe um programa de incentivos directos, de 5\$ US dólares por metro quadrado para a instalação de cobertura verde, oferecido pelo Fundo de Eficiência Energética de Quebec. A Gaz Métropolitain (o utilitário de gás), prevê esse financiamento e apoiou

também um projecto de pesquisa sobre o meio ambiente do Canadá para o modelo de poupança de energia a partir de telhados verdes.

As coberturas verdes são consideradas como tendo o potencial para reduzir o consumo de energia nos edifícios.

### **Motivações chave**

Os motivações chave para a implementação do telhado verde são um interesse nos benefícios da eficiência energética, devidos aos extremos do clima e do uso de telhados verdes para oferecer oportunidades à agricultura urbana. Outras motivações identificadas incluem escoamento de águas pluviais, redução dos efeitos de ilha de calor urbano e da melhoria da qualidade do ar.

Um incentivo para Montréal é o desejo de transformar em verde os telhados de asfalto da cidade é típico da habitação multifamiliar em pequena altura.

### **Descrição da política**

Actualmente não há políticas municipais relativas à declarou telhados verdes embora o Plateau (um bairro de Montréal) está considerando exigir novos edifícios municipais para que tenham coberturas verdes.

O Montréal Plano municipal de Montréal identifica duas áreas onde os telhados verdes podem encontrar os objectivos:

- Objectivo 17: assegurar a gestão otimizada dos recursos num contexto urbano, que faz parte da meta para o meio ambiente saudável. Este objectivo pode ser alcançado através do desenvolvimento e implementação de incentivos para melhorar os padrões de eficiência energética e da aplicação de técnicas inovadoras, tais como telhados verdes para a construção de novos edifícios existentes.
- Objectivo 12: Promover uma arquitectura de qualidade e consolidar o ambiente construído em harmonia com a natureza circundante. Este objectivo pode ser alcançado através do desenvolvimento e implementação de incentivos para estimular a integração de métodos eficientes de energia e ecologicamente sensíveis inovações arquitectónicas, como coberturas verdes, em novas construção ou reconstruções de projectos

Além disso, o governo municipal apoia iniciativas relacionadas com coberturas verdes tais como o financiamento parcial de um telhado de demonstração pelo Centro de Ecologia Urbana (UEC) e do financiamento de um simpósio sobre os telhados verdes organizado pelo Telhados Verdes para Cidades Saudáveis.

### **Consciência coberturas verdes**

A cidade de Montréal foi co-anfitriã de um simpósio sobre coberturas verdes - Telhados Verdes para Cidades Saudáveis, em Novembro de 2004, com 100 participantes. Após o simpósio, Montréal estabeleceu uma comissão para investigar formas de promover estas coberturas.

Noutras outras actividades, dois fornecedores locais de sistemas de telhado verde, Hydrotech e Soprema, pesquisaram os sistemas de telhado verde em Quebec através do trabalho das universidades locais. Além disso, Marie Anne Boivin, através Soprema, tem feito um trabalho extenso sobre meio de cultura e a selecção de plantas para o clima canadiano.

### **Eficácia**

A linguagem no Plano municipal de Montréal sugere que a consciência telhado verde está crescendo em Montréal. É cada vez mais reconhecida a nível político. Sob o incentivo oferecido pelo Fundo de Eficiência Energética, havia três projectos aprovados nos primeiros três anos do programa. Como as pessoas se tornam mais conscientes do programa, mais projectos podem beneficiar do incentivo.

Como aumenta a consciência de telhados verdes, mais projectos são esperados. A sede do Cirque du Soleil é um exemplo de um grande desenvolvimento local recente com um telhado verde.

### **Previsões**

No Quebec, a Agence d'efficacité énergétique recentemente aumentou o incentivo para que os telhados verdes, para 5 \$ US /m<sup>2</sup>. Junto com os produtos de informação e as actividades recentes do Centro de Ecologia Urbana (UEC), a acção sobre os telhados verdes continuará a aumentar em Montréal.

O UEC acredita que o teto nova manifestação, junto com movimentos de base, irá resultar em:

- Conclusão da investigação sobre os telhados verdes na moldura de madeira de construção para compreender o fogo necessário, das intervenções arquitectónicas e estruturais que podem ser necessários e os benefícios que podem advir para os edifícios em Montréal.
- Organização dos programas de educação para divulgar os benefícios de telhados verdes.
- Identificação dos custos e benefícios relacionados a telhados verdes.
- Colaboração entre as partes interessadas na promoção de telhados verdes.
- Incentivo à cidade de Montréal e de outros níveis de governo para implementar um programa de subvenção telhado verde e de telhado verde em regulamentos de construção.

### 4.3 Estados Unidos da América<sup>6</sup>

#### Caso de estudo - Chicago

##### Descrição

Em 2002, o presidente de Chicago Richard Daley proclamou que Chicago se tornaria "cidade mais verde da América" e deve fazer jus ao seu lema, *Urbe no horto* (Cidade num jardim).

Apesar de alguns problemas com a temperatura alta de verão e húmido, invernos frios, as coberturas verdes estão sendo construídas e declarou meios para suportar maior reflectividade solar (ou seja, aplicações que reduzem a absorção da energia solar), atenuar os efeitos de ilha de calor urbano e melhorar a qualidade do ar Chicago.

O Departamento de Planeamento e Desenvolvimento de Chicago tem incentivado activamente à instalação de coberturas verdes nos edifícios de Chicago desde 2003. Actualmente, a cidade de Chicago tem desenvolvido uma política Green Building/Green Roof (edifício verde/telhado verde) que se aplica a projectos de construção que recebem assistência pública ou estão sujeitos a fiscalização do Departamento de Planeamento e Desenvolvimento como planos de desenvolvimento ou Protecção da Frente do Lago.

Chicago está localizado no extremo sudoeste do Lago Michigan. A cidade tem uma população de 2,87 milhões de habitantes e ocupa uma área total de 606,1 km<sup>2</sup>. Dos quais cerca de três por cento são ramos do rio Chicago. O tempo pode ser extremo no verão, com calor e alta humidade (Chicago teve muitas mortes provocadas pelo calor excessivo), enquanto no inverno pode ser frio e húmido. As localizações da cidade, no Lago Michigan, juntamente com o terreno plano do Centro-Oeste, combinam-se, por vezes, fenómenos meteorológicos imprevisíveis e ocasionalmente de extremos.

A maior parte do tecido urbano de Chicago, cobre a terra vegetativa (solo e cobertura) em quase 40 por cento, seguido por superfícies pavimentadas (31 por cento) e área coberta total (27 por cento). Chicago orgulha de ter cinco dos 10 edifícios mais altos nos Estados Unidos de 1991 a 1998, Chicago plantou mais de 500 mil árvores e conta agora com um número bastante expressivo de 4,1 milhões de árvores.

### **Motivações chave**

A cidade de Chicago está preocupada com o efeito de ilhas de calor urbanas e má qualidade do ar na saúde humana e qualidade de vida. Ordens tais como o Código de Conservação de Energia, aprovada em 2001, ajudaram a promover os telhados verdes, exigindo que todas as novas coberturas devem satisfazer um padrão mínimo de refletância solar (0,25 reflectância é um código de exigência). A cidade considerou que os telhados verdes eram um meio aceitável para uma reflectividade menor, reduzindo assim o efeito de ilhas de calor urbano e melhorar a qualidade do ar.

### **Descrição da política**

O Departamento de Planeamento e Desenvolvimento de Chicago tem incentivado activamente na instalação de telhados verdes nos seus edifícios desde 2003. O resumo da matriz da cidade Edifício Verde / Verde telhado, mostra o que os projectos estão sujeitos à política e que estratégias "verdes" são promovidas através da política.

Basicamente, a cidade de Chicago garante uma densidade bónus, opção para os desenvolvedores sob a forma de um prémio de superfície do solo. Para se qualificar para um desenvolvimento mais intenso ou mais andares em novos projectos de edifícios, pelo menos 50 por cento da superfície do telhado ou um mínimo de 185,8 m<sup>2</sup>

- o que for maior - deve ser coberta por vegetação - tipicamente sob a forma de um telhado verde.

### **Processo para estabelecer a política**

O Interesse pelos telhados verdes em Chicago começou quando o presidente Daley visitou a Europa em 1998 e notou o grande número de telhados verdes. Em 2003, a Secretaria Municipal do Meio Ambiente projectou e instalou um 1886 m<sup>2</sup> no projecto no telhado da Câmara Municipal. Outros projectos foram patrocinados pela cidade como o Centro para a Tecnologia Verde de Chicago e a subestação da autoridade de trânsito de Chicago.

Em 2003, para incentivar o sector privado a desempenhar um papel de liderança na criação de telhados verdes, o Departamento de Planeamento e Desenvolvimento contratou o Chicago Urban Land Institute (ULI), uma organização sem fins lucrativos de profissionais do sector imobiliário, para realizar seminários sobre os telhados verdes dissipou medos e ideias erradas sobre os telhados verdes. Da mesma forma, os profissionais foram entrevistados para determinar quais os incentivos seriam mais atraentes para eles instalarem telhados verdes.

### **Eficácia**

De acordo com Michael Berkshire, Administrador dos projectos verdes do Departamento da Planificação e Desenvolvimento de Chicago, existem mais de 92.903 m<sup>2</sup> de coberturas verdes em Chicago. A cidade tem um site na internet que suporta a instalação das coberturas verdes, onde inclui informação e assistência técnica que inclui:

- Um guia de jardinagem nas coberturas
- Orientações para telhados verdes
- Telhados verdes extensivos - quais os benefícios das coberturas verdes?
- Regras base das coberturas verdes (informações estruturais relacionadas)
- Projectos de edifícios verdes, incluindo aqueles com coberturas verdes
- Um guia para a gestão de águas pluviais.

### **Lições aprendidas**

Apesar de Chicago oferecer um crédito de retenção de águas pluviais para coberturas verdes por causa da sua capacidade de reduzir e retardar o escoamento de águas pluviais, não há taxa de incidência de águas pluviais. Da mesma forma, as partes de Chicago, como o Plano da Área Central, não exige grau de detenção de águas pluviais, mas em vez disso, exige que as águas pluviais sejam liberadas numa taxa desejada para o sistema de águas pluviais no subsolo. Enquanto o Departamento de Planeamento e Desenvolvimento criou matrizes para edifício verde/telhado verde para orientar o desenvolvimento da cidade, não há exigência de utilização de coberturas verdes ou estratégias de edifícios verdes no sector privado.

### **Previsões**

O número de coberturas verdes em Chicago, está a crescer a cada ano, e existe um forte apoio da administração da cidade para as infra-estruturas verdes. Apesar da falta de regulamentação formal de apoio à instalação de coberturas novas, e os custos iniciais possam inibir sua rápida utilização, os telhados verdes são previstos para ter um crescimento no mercado de Chicago.

## **4.4 Inglaterra<sup>5</sup>**

### **Caso de estudo - Londres**

#### **Descrição**

O clima geral na Inglaterra é temperado marítimo, húmido e sujeito a frequentes mudanças no clima. O Oceano Atlântico e o aquecimento das águas locais pela corrente do Golfo proporcionam um clima temperado.

#### **Motivações chave**

A motivação fundamental é a protecção do redstart preto (*Phoenicurus ochruros*), uma ave ameaçada que se reproduz em ninhos nas zonas industriais urbanas na Área Metropolitana de Londres.

Em Londres, a estratégia da biodiversidade apresentada pelo seu presidente, suporta a tecnologia de coberturas verdes, dizendo que “através de substratos adequados sobre os telhados, permitirá à flora e fauna para se colonizar

naturalmente.” Refere também os benefícios físicos e psicológicos para os residentes de Londres devido a um maior contacto com espaços verdes.

A maior aprovação de telhados verdes vem sob o título de “biodiversidade em terrenos baldios.” Este documento diz que “onde habitats de terrenos baldios são perdidos para o desenvolvimento é importante que a mitigação e compensação devem concentrar-se na prestação de habitats semelhantes ... como a criação de habitats em cima de telhados”.

### **Descrição da política**

Actualmente não há planeamento ou códigos de construção para incentivar a concepção e execução de coberturas verdes na Grã-Bretanha. A política nacional de planeamento não se refere directamente a coberturas verdes nem implicitamente as inclui, não existindo incentivos do governo para a sua construção. O primeiro relatório no Reino Unido que apela para o renascimento da qualidade do desenho urbano, com mais de 20 anos, não menciona os telhados verdes.

### **Processo de estabelecer a política**

A actual legislação sobre o planeamento, permite às autoridades locais na Área Metropolitana de Londres, que sejam preparadas orientações de planeamento complementar (SPG – supplementary planning guidance) sobre questões de relevância para a sua localização. Algumas autoridades usam o SPG para melhorar a eficiência térmica, a energia e o uso de água, a drenagem e os materiais de construção. A SPG de Westminster, Londres, de 2003 faz referência a telhados verdes. O maior apoio para as coberturas verdes, vai para as referências do British Council of Offices’s (empresa sediada em Londres), onde a investigação sobre os telhados verdes (2003), tem sido levado muito a sério pelos profissionais planeamento.

O programa do governo sobre Comunidades Sustentáveis de 22 biliões de libras de fundo, lançado em Fevereiro de 2003, estabeleceu um programa de acção para resolver uma série de questões de infra-estruturas, no contexto da escassez de habitações em todo o Reino Unido, em 4,4 milhões de novas casas previsto até 2021. As coberturas verdes, aparecem apenas como uma receita de um vasto complexo de características de sustentabilidade, para atender cada vez mais, aos critérios rigorosos de impacto ambiental. O optimismo para a implementação de coberturas verdes,

surge do papel, através do presidente de Londres, Ken Livingstone, que lidera o Greater London Authority (GLA). As funções e competências do GLA incluem a elaboração de estratégias para expressar o desenvolvimento económico de Londres, a biodiversidade, a poupança de energia e muitos outros ao mesmo tempo em consonância com os princípios de saúde, igualdade e desenvolvimento sustentável. O GLA é a autoridade de planeamento estratégico que publicou o Plano de Londres. Os planos de bairros circundantes devem estar em conformidade com o plano de Londres, que "sempre que apropriado, o desenvolvimento deve incluir habitats novos ou melhorados, ou tecnologias (por exemplo, as coberturas verdes) e paisagismo, que promovam a biodiversidade e disposição para a sua gestão."

### **Eficácia**

De acordo com Livingroofs.org, as coberturas verdes têm aparecido com mais frequência em todo o Reino Unido desde 2003.

Livingroofs.org é uma organização sem fins lucrativos criada para promover, aconselhar e procurar a investigação sobre as coberturas verdes e estruturas similares, no âmbito da regeneração urbana e rural. Não fornece produtos para as coberturas, mas dispõe de:

- Pareceres profissionais e independentes sobre as coberturas verdes através dos seus contactos com os consultores e indústria destas coberturas.
- Consultores independentes para projectos/temas específicos.
- Relatórios estratégicos sobre como as coberturas verdes podem desempenhar um papel real em termos de sustentabilidade em áreas de regeneração urbana, planos de autoridade local e regional, etc.
- Informação online para pesquisadores, planeadores, programadores, profissionais de regeneração, ecologistas, arquitectos, engenheiros e outros.
- Documentação online sobre as coberturas verdes.
- Portfólio de projectos bem sucedidos de coberturas verdes, com informações sobre os seus custos e da sua construção.
- Informação sobre os principais fabricantes de sistema, produtos e recursos de coberturas verdes.

- Oradores para conferências e eventos sobre coberturas verdes e as características na regeneração urbana e sustentabilidade.

Muita da actividade em relação às coberturas verdes no Reino Unido, tem sido efectuada no sector comercial, onde a protecção das biodiversidades das zonas industriais em áreas urbanas, é o seu principal foco. Este é o habitat natural do redstart preto, que está protegido por lei.

A maior cobertura verde no Reino Unido, 40.000 m<sup>2</sup> foi recentemente instalado na nova fábrica da Rolls Royce, em Chichester, West Sussex. (Rolls Royce é da propriedade da BMW na Alemanha, onde os seu edifícios têm coberturas deste tipo). Na região de West Midlands, a estação de autocarros Walsall Bus Garage, a Universidade de Wolverhampton e o Hospital de Birmingham têm coberturas verdes.

No projecto BedZED (Beddington Zero Emission Development), no bairro londrino de Sutton, as 82 habitações e unidades de trabalho são projectados para serem altamente eficientes em termos energéticos e amigos do ambiente. As unidades são seladas com uma cobertura verde curva, para reduzir o escoamento da água da superfície e reservar um espaço verde para os moradores. Este tipo de cobertura tornou-se muito popular entre os moradores.

### **Lições aprendidas**

Independentemente dos custos iniciais, existe uma série de problemas detectados em relação à instalação de coberturas verdes. Um estudo realizado em Londres em 2002 identificou uma série desses problemas percebidos ao entrevistar um número de profissionais (arquitectos, engenheiros, arquitectos paisagistas) e as partes interessadas. Esse estudo em Londres concluiu que “a estrutura física de muitos edifícios impede a criação de coberturas verdes.” Outra barreira percebida pela pesquisa foi que os custos associados à manutenção de um telhado verde são proibitivos. No Reino Unido os telhados verdes, são esperados para acrescentar cerca de £ 1 (libra) por metro quadrado, por ano às despesas de funcionamento do edifício. O estudo indicou que muito profissionais, estão ansiosos para ver os telhados do Reino Unido mais verdes, porém muitos citaram a falta de orientação técnica, educação e apoio do governo como uma barreira.

O portal Livingroofs.org responde a este inquérito conectando-se com os decisores políticos, dando assessoria técnica, apoio à pesquisa no desenvolvimento de normas e técnicas de certificação, participando em congressos e seminários sobre as coberturas verdes locais.

### **O futuro**

Actualmente, o entusiasmo para produção de coberturas verdes é limitada a algumas empresas desta área, alguns profissionais e outros entusiastas. Entretanto, o trabalho realizado no projecto BedZED, entre outros, está a estabelecer um novo padrão e a transformar alguns opiniões no Reino Unido

Da mesma forma, os sucessos demonstrados em Basileia, Suíça, Malmo, Suécia e Alemanha têm estimulado a pesquisa e o desenvolvimento da tecnologia no Reino Unido. A criação do website, [www.livingroofs.org](http://www.livingroofs.org) centrou-se sobre os defeitos da política no Reino Unido onde esta organização também está a trabalhar no desenvolvimento de padrões de design britânico. Na Inglaterra (como a maioria dos países do mundo) ainda dependem das normas FLL alemãs para orientar a instalação das coberturas verdes, no entanto, apenas os fabricantes monitorizam as coberturas, ao contrário da Alemanha. Embora a instalação de coberturas verdes esteja previsto crescer exponencialmente nos próximos poucos anos, existe ainda uma necessidade de padrões mínimos da indústria e da certificação.

Em Junho de 2005, alguns fabricantes, o GLA, Livingroofs.org e outras partes interessadas reuniram-se no British Standards Institute para começar a trabalhar sobre a criação de códigos de conduta e normas de telhados verdes.

## **4.5 Japão<sup>7</sup>**

Caso de estudo - Tóquio

### **Resumo**

A cidade de Tóquio entrou rapidamente numa fase avançada de elaboração de políticas de coberturas verdes. Tóquio, com seu clima temperado e chuvas abundantes, tem visto um crescente aumento das temperaturas através do efeito de ilha de calor urbano. O aumento da temperatura, é considerado um grave problema,

de modo que o Governo Metropolitano de Tóquio (GMT) adoptou prontamente políticas que exigem a implantação de coberturas verdes em edifícios, sem gastar muito tempo nas fases de desenvolvimento de políticas.

O GMT tem políticas que obrigam a implementação de coberturas verdes numa determinada área de todos os edifícios novos. Se for verificado o incumprimento destas normas nas novas construções, resulta em penalidade para os construtores.

Os jardins nos telhados acrescentaram sempre valor aos edifícios, particularmente os que sejam publicamente acessíveis, no entanto, a exigência obrigatória do GMT, criou uma razão necessária para adicionar as coberturas verdes em todos os novos projectos. Estima-se que, no primeiro ano após a aprovação desta lei em 2001, a área de telhados verdes duplicou.

### **Descrição**

Tóquio é a capital do Japão e é a maior área metropolitana do mundo, com 12 milhões de pessoas. Tem uma população estimada em 8,1 milhões. Inserida na Baía de Tóquio, a meio caminho ao longo da costa oriental da ilha de Honshu. A cidade ocupa a maior parte da zona sul da planície de Kanto, a maior área de terras planas no Japão.

O clima é temperado e existem tufões frequentes, com fortes chuvas, em Setembro e Outubro.

A sua área metropolitana abrange de cerca de 2.200 quilómetros quadrados e o resto da cidade, é uma grande área suburbana, que se estende até as montanhas no oeste e duas cadeias de pequenas ilhas no sul do Oceano Pacífico.

### **Motivações chave**

Nos últimos 100 anos, a temperatura média em Tóquio aumentou cerca de 3°C, mais de cinco vezes o aumento médio da temperatura média mundial. O efeito de ilha de calor urbano, é um alertas da poluição atmosférica, do consumo de energia para refrigeração e resulta em doenças relacionadas com o calor.

Outro factor relacionado ao efeito de ilha de calor urbano que afecta Tóquio, é a chegada da estação da flor da cerejeira mais cedo. Espécies vegetais nativas das áreas de clima tropical que nunca tinham sido vistas em Tóquio, também surgiram localmente, como resultado de um clima mais quente.

## **Descrição da política**

Tóquio tem pelo menos duas medidas para promover as coberturas verdes nos edifícios:

1. Como parte das medidas de vegetação das coberturas, o GMT aprovou uma lei sobre a preservação natural, por vezes referido como a “Portaria sobre a Preservação Ambiental”, que determina que uma certa parte do telhado, sobre os novos desenvolvimentos, seja verde. Tóquio exige pelo menos 20% de cobertura verde em novos empreendimentos ou em recuperações de empreendimentos existentes, com uma dimensão superior a 1.000 m<sup>2</sup>, para projectos privados e acima de 250 m<sup>2</sup> para empreendimentos públicos. A falha desta norma, resulta numa coima de cerca de 200.000 ienes (cerca de 2000 Euros).

2. Como parte de um programa de edifícios verdes, o GMT, também tem uma medida voluntária, que incentiva os construtores de edifícios novos para apresentar um plano de projecto que declara as medidas ambientais incorporadas nos edifícios. É exigido também a avaliação do desenvolvimento, em conformidade com a portaria de Tóquio sobre a preservação ambiental.

## **Processo de estabelecer uma política**

O grave efeito de ilha de calor urbano de Tóquio, obrigou o governo municipal a responder, ao contrário das jurisdições europeias. O GTM instituiu a necessidade de aplicação das coberturas verdes, sem muita pesquisa ou justificações de custos. O GTM, foi capaz de criar regras baseadas nos princípios da precaução, sem os obstáculos típicos de desenvolvimento de políticas, como a investigação e o apoio do público.

Um relatório de 2001 do Ministério do Meio Ambiente de Tóquio, confirmou a correlação entre a alta percentagem de superfícies e do aquecimento da cidade. Esforços generalizados, como a plantação de árvores, a expansão do parque e as coberturas verdes, foram consideradas como potenciais soluções atenuantes deste problema.

Para promover a legislação, GMT construiu coberturas verdes sobre o edifício do Conselho de Tóquio Building e outros edifícios municipais.

## **Eficácia**

No primeiro ano após a aprovação da lei, a área total de coberturas verdes quase duplicou, passando de 52.400 m<sup>2</sup> em 2000 para mais de 104.400 m<sup>2</sup> até ao final de 2001. À primeira vista, este sucesso pode ser atribuído à baixa exigência de base para as coberturas. Nalguns dos projectos, os construtores investiram na criação de coberturas muito maiores do que o exigido pela lei. O sucesso do presente regulamento inicial, motivou a cidade a elevar os níveis alvo para as coberturas verdes para cerca de 12.500 mil m<sup>2</sup> como parte do esforço para aumentar o espaço verde da cidade.

O governo do Japão seguiu a legislação utilizado em Tóquio sobre as coberturas verdes e, a partir de 2005, seria necessário pelo menos 20% das áreas de cobertura verde em todos os edifícios novos.

### **Lições aprendidas**

A evidência documentada, sugere que a política do GMT tem funcionado bem para os edifícios novos. Não parece haver qualquer registo de impacto da política nos edifícios existentes e não está claro, como as metas para tornar a cidade mais verde serão alcançadas.

Existem alguns indícios, de que a política pode não estar a funcionar como planeado em muitos empreendimentos. A multa é pequena, em comparação com o custo extra que é necessário para implementar as coberturas verdes.

### **Previsões**

Actualmente, cientistas de universidades locais, investigam como as coberturas verdes podem ser aplicadas de forma mais eficaz, para atenuar o efeito de ilha de calor urbano. Esta pesquisa retroactiva, pode afectar a futura regulamentação e os investimentos do governo no desenvolvimento das coberturas.

## **4.6 Suíça<sup>8</sup>**

### **Caso de estudo - Basileia**

#### **Descrição**

Localizado no noroeste da Suíça, no rio Reno e na fronteira da Alemanha e da França, Basileia tem uma população de cerca de 187 mil habitantes. É a região mais bem sucedida economicamente da Suíça, com as indústrias farmacêuticas e químicas que formam a espinha dorsal da sua economia. Muitos dos principais bancos suíços têm escritórios centrais em Basileia, tendo um papel fundamental no financiamento da economia local. Basileia é um dos 26 cantões (estados) da Suíça com a sua própria constituição, parlamento, governo e tribunais.

Tem um clima ameno devido à sua localização no vale do Reno numa elevação de 277m. Recebe correntes de ar do Mediterrâneo e muito sol durante todo o ano. Os invernos são caracterizados por períodos curtos de frio, com períodos mais moderados (chuvas e temperaturas entre 0° e 5°C). Normalmente tem uma leve camada de neve cobrindo-a cerca de 25-30 dias, que não permanece no solo por mais de duas semanas consecutivas.

A cidade está interessada nas coberturas verdes, para economizar energia e proteger a biodiversidade. O município explorou pela primeira vez estas coberturas como uma medida de poupança de energia em edifícios, tendo um imposto sobre a electricidade. Os órgãos da cidade foram rápidos para envolver uma variedade de partes interessadas, tais como associações empresariais e organizações ambientais, no desenvolvimento de um programa de incentivo às coberturas verdes, que foram financiados durante um período de dois anos, em meados da década de 1990 para estimular o interesse e consciencialização. Encorajado pelo sucesso deste projecto, foram destinados recursos para um estudo, documentando os benefícios da biodiversidade destas coberturas. O programa de incentivo, em combinação com os resultados da pesquisa, levou à inclusão das coberturas verdes na regulamentação da construção.

A pesquisa da biodiversidade realizado em Basileia, produziu evidências convincentes de que as coberturas verdes, podem proteger as espécies ameaçadas. A cidade de Londres, está a explorar uma abordagem semelhante para o desenvolvimento de coberturas verdes, como resultado desta pesquisa.

### **Motivações chave**

Reduzir o consumo energético dos edifícios e proteger a biodiversidade, são os motivadores principais para telhados verdes em Basileia. A pesquisa do Dr. Stephan

Brenneisen defendeu esta tecnologia, onde os documentos dessa investigação revelaram detalhes como as coberturas verdes podem proteger algumas espécies.

### **Descrição da política**

Entre 1996 e 1997, a cidade investiu um milhão (CHF francos suíços) (cerca de 750.000 €) num programa de incentivo às coberturas verdes. O financiamento para o programa, veio de taxas de electricidade, uma parcela do que deve ser utilizado para medidas de poupança de energia. Outro milhão de francos Suíços foi investido para o programa de incentivo para o período entre 2005-2006, sendo o Departamento de Ambiente e Energia o administrador do programa.

Com o sucesso deste primeiro programa de incentivo, em 2002, as coberturas verdes foram incluídas na regulamentação da construção. O regulamento prevê que todos os telhados das novas construções ou de reconstruções devem ser coberturas verdes e fornecer habitat valioso.

O regulamento sobre as coberturas verdes diz:

- O meio de crescimento deve ser nativo dos solos regionais - o regulamento recomenda a consulta de um horticultor.
- O meio de crescimento deve ter pelo menos 10 cm de profundidade.
- Montes de 30 cm de altura e 3 metros de diâmetro devem ser construídos de forma aleatória para promover a vida do insecto.
- A vegetação deve ser uma mistura de espécies vegetais nativas.
- Os construtores de coberturas verdes em coberturas planas superiores a 1.000 m<sup>2</sup>, devem consultar o Dr. Brenneisen durante a concepção e construção.

### **Processo de estabelecer a política**

O Departamento de Ambiente e Energia, realizou uma votação para determinar qual o nível de apoio, que um imposto de electricidade deveria pagar, para conceber medidas de poupança de energia. Os resultados favoreceram o imposto e cidade explorou novas ideias de poupança de energia, incluindo telhados verdes. A cidade, consultou várias partes interessadas quando se consideram os telhados verdes e, na criação do primeiro programa de incentivo, incluiu a associação empresarial local, a associação da horticultura, a associação do telhado verde, a organização ambientalista Pro Natura de Basileia, o departamento de parques e cemitérios e o Departamento

Nacional do Meio Ambiente, Florestas e Paisagens. O Departamento de Ambiente e Energia decidiu prosseguir e promover os telhados verdes e lançou o primeiro programa de incentivo.

O programa de incentivo, despertou o interesse pela investigação sobre a protecção dos benefícios da biodiversidade das coberturas verdes. O Dr. Stephan Brenneisen, recebeu 40 mil francos suíços (30.000 €) para realizar a investigação, que descobriu que as coberturas verdes, têm grande potencial como habitat importante para espécies de invertebrados e aves, e pode ser projectado para maximizar a biodiversidade, usando plantas nativas e os solos, variando com a topografia, e usando madeira e pedras.

Esta pesquisa, em combinação com o sucesso do programa de incentivo, conduziu a cidade a instituir as coberturas verdes nos regulamentos de construção. O estudo do Dr. Brenneisen foi um elemento-chave na definição de especificações dos projectos de coberturas verdes.

### **Eficácia**

Entre 1996-97, 135 pessoas solicitaram um subsídio para a construção de coberturas verdes, o que significou um acréscimo de 85 mil m<sup>2</sup> destas coberturas. O programa levou a um investimento suplementar de 13 milhões de francos suíços (10.000.000 €). A poupança de energia totalizou 4 GW/ano.

O interesse dos meios de comunicação no programa foi elevado, o que desempenhou um importante papel na sua publicitação. Para ajudar com a promoção do programa, a cidade realizou um concurso para encontrar a melhor cobertura verde.

Desde 2002, quando a cidade incluiu estas coberturas na sua legislação, para todos os telhados de apartamentos novos ou reconstruídos, cerca de 15% dos telhados dos apartamento em Basileia tornaram-se em coberturas verdes.

### **Lições aprendidas**

É importante envolver todos os intervenientes, desde o início para abordar questões e preocupações e assegurar que todos os objectivos são alcançados.

O programa de incentivo teve sucesso, em parte, porque todos os intervenientes saíram beneficiados. Os negócios locais beneficiaram da venda de

materiais e os proprietários perceberam a poupança de energia, e assim, Basileia ganhou perfil nacional.

### **Previsões**

Estima-se que através da regulamentação das coberturas verdes, 30% de todas as coberturas planas em Basileia serão coberturas verdes nos próximos 10 anos.

A cidade de Basileia está agora a estudar formas de reforçar a qualidade das coberturas verdes.

## 4.7 Notas

- 1- The Green Roof Infrastructure Monitor, Green Roofs for Healthy Cities
- 2- The Green Roof Infrastructure Monitor, Green Roofs for Healthy Cities
- 3- Informações gerais sobre a FLL, <http://www.fll.de>
- 4- Forschungsgesellschaft eV Landschaftsbau Landschaftsentwicklung, Orientação para o Planeamento,
- 5- The Green Roof Infrastructure Monitor, Green Roofs for Healthy Cities
- 6- The Green Roof Infrastructure Monitor, Green Roofs for Healthy Cities
- 7- The Green Roof Infrastructure Monitor, Green Roofs for Healthy Cities
- 8- The Green Roof Infrastructure Monitor, Green Roofs for Healthy Cities

### Benefícios e barreiras das coberturas verdes

#### 5.1 Benefícios

- 5.1.1 Melhoria da qualidade do ar
- 5.1.2 Alterações climáticas – Mitigação e adaptação
- 5.1.3 Regulação da temperatura
- 5.1.4 Criação de microclimas
- 5.1.5 Isolamento de plantas e edifícios
- 5.1.6 Moderação do efeito de ilha de calor urbano
- 5.1.7 Trocas de dióxido de carbono e oxigénio
- 5.1.8 Gestão das águas pluviais
- 5.1.9 Filtração e aumento da qualidade da água
- 5.1.10 Outros benefícios derivados da água
- 5.1.11 Isolamento acústico
- 5.1.12 Protecção dos edifícios e tempo de vida útil
- 5.1.13 Melhorias estéticas
- 5.1.14 Saúde e terapia de horticulturas
- 5.1.15 Melhorias de segurança
- 5.1.16 Espaços de lazer/recreação
- 5.1.17 Criação de comunidade (edifícios multifamiliares)
- 5.1.18 Benefícios económicos
- 5.1.19 Criação de emprego
- 5.1.20. Preservação de habitats e biodiversidade

#### 5.2 Barreiras

- 5.2.1 Falta de conhecimento
- 5.2.2 Falta de incentivos à implementação
- 5.2.3 Barreiras com base no seu custo inicial
- 5.2.4 Aspectos Técnicos e riscos associados à incerteza

#### 5.3 Notas

## 5.1 Benefícios

Uma vez que a Europa tem sido um dos principais pólos de desenvolvimento de tecnologias de coberturas verdes nos 20 anos, grande parte das informações técnicas elaboradas no presente capítulo é de fontes alemães, austríacas e britânicas. Embora as condições climáticas e económicas de Portugal serem semelhantes às destes países, deve ser notado que nem todos os dados apresentados podem ser transferidos directamente e, portanto, só devem ser usado como um guia e grande parte das informações fornecidas por estes estudos de é qualitativa, com poucos dados técnicos.

Paisagens urbanas e suburbanas criam desequilíbrios no ecossistema natural. Estes desequilíbrios resultam, em grande medida, de factores tais como:

- Concentração de populações humanas;
- Introdução de vastas áreas de superfícies rígidas, impermeáveis e reflectivas (áreas que também são desprovidas de fauna e flora);
- Importação de energia e outros recursos de fora da cidade; e,
- Criação de resíduos que não pode ser reintegrado no ecossistema como um recurso, assim, resultando na poluição de água, solo e ar.

Na maioria das regiões urbanas, os recursos como o dióxido de carbono das emissões dos veículos, água da chuva e da luz solar são muitas vezes desperdiçados ou considerados “poluentes”. Através da reintrodução de plantas nas paredes e telhados de edifícios, podemos começar a reconstruir alguns do equilíbrio perdido no ecossistema urbano e utilizar os recursos desperdiçados. O acto de tornar o nosso edificado nas regiões urbanas mais verde, também pode ajudar-nos a gerir melhor muitos dos resíduos que geramos no ar e na água e, assim, contribuir para a melhoria na saúde humana e do ecossistema. Este capítulo, fornece uma revisão detalhada dos dados sobre os benefícios ambientais, sociais e económicos possíveis através da instalação de coberturas verdes, muitas vezes apresentada no contexto de um ecossistema urbano.

### 5.1.1 Melhoria da qualidade do ar

As áreas urbanas tendem a perpetuar a sua própria poluição do ar. Quando o betão, a pedra, o vidro e superfícies de asfalto de estradas, estacionamentos e edifícios são aquecidos durante os meses de verão, movimentos térmicos verticais de ar são criados e, poeiras e partículas de sujidade encontradas no solo, são transportados e distribuídos pelo ar.

Um jardim vertical irá bloquear a circulação de poeira e partículas ao longo dos lados de um edifício e filtrá-los. Um telhado verde irá reduzir a quantidade de energia disponível para aquecimento, o que diminui a tendência para a circulação do ar térmica e também filtra o ar em movimento através dele. Partículas em suspensão tendem a ficar preso nas folhas, ramos e tronco superfícies de plantas e, quando chove, eles foram levados para o solo / substrato. As plantas também são conhecidos para absorver gases poluentes através fotossíntese e retê-los nas suas folhas (que caem ao chão no Outono criando húmus)<sup>1</sup>.

Os Estudos têm demonstrado que ruas urbanas arborizadas têm apenas 10-15% das partículas de poeira total encontrados em ruas similares, sem árvores<sup>2</sup>. Em Frankfurt, na Alemanha, por exemplo, uma rua sem árvores tinham uma contagem de 10.000-20.000 partículas de poeira por litro de ar e uma rua arborizada no mesmo bairro tinha uma contagem de poluição do ar de apenas 3.000 partículas por litro de ar<sup>3</sup>.

Usando uma comparação semelhante, supõe-se que um telhado de relva com 2.000 m<sup>2</sup> (100 m<sup>2</sup> de superfície de folhas, por m<sup>2</sup> de telhado) poderia retirar 4 kg de partículas fora do ar (2 kg por m<sup>2</sup> de telhado). No entanto, esta estimativa é provavelmente alta devido à parte inferior da relva ser uma camada demasiado densa para estar em contacto directo com o movimento do ar. Mesmo que os números sejam reduzidos para 1/10 do que a camada vegetal pode remover, o telhado de relva ainda filtraria um montante significativo, 0,2 kg de partículas por m<sup>2</sup> cada ano<sup>4</sup>.

Esta limpeza e melhoria da qualidade do ar através das coberturas verdes, tem benefícios directos para as pessoas que sofrem de asma e outras doenças respiratórias, e diminui directamente o efeito *smog* e outras formas de poluição atmosférica. O uso generalizado destas tecnologias, também ajudam a prolongar a

vida de toda a infra-estrutura urbana, que é susceptível a danos causados pela poluição do ar.

### **5.1.2 Alterações climáticas – Mitigação e adaptação**

No terceiro Congresso sobre Alterações Climáticas, realizado em Quioto, no Japão, em Dezembro de 1997, um acordo conhecido como Protocolo de Quioto, comprometia os países-membros para reduzir gases de efeito estufa (GEE) pelo menos 5.2% abaixo dos níveis de 1990, entre os anos de 2008 e 2012. As áreas urbanas são uma fonte significativa de emissões de GEE, com o ar condicionado a desempenhar um papel significativo na procura de energia urbana<sup>5</sup>. Caso seja amplamente aplicada, a cobertura verde pode fornecer um método eficaz e comprovado para governos, empresas e proprietários de edifícios para reduzir estas emissões de GEE através de sombreamento directo dos edifícios individualmente, melhorando os valores de isolamento e reduzindo o efeito de ilha de calor urbano (5.1.6).

Os números reais, de economia de custos de energia, são muito difíceis de padronizar precisamente devido a cada edifício ter uma instalação diferente. Reduções de emissões de GEE e custos económicos associados, dependem de uma série de factores, tais como:

- Local de implantação do edifício.
- Clima.
- Opções de materiais para telhados e o seu design.
- Isolamento.
- Sistema mecânico.
- A espessura do meio de cultura.
- As fontes primárias de energia utilizadas para satisfazer as necessidades de aquecimento e refrigeração.
- Tipos de plantas utilizadas.
- Grau de funções alternativas da cobertura verde, como retirar a necessidade de torres de refrigeração e produção local de alimentos.

Embora, as estimativas de atenuação das alterações climáticas, especificamente devido ao telhado verde, não estão prontamente disponíveis, os exemplos a seguir fornecem alguns dados ilustrativos:

Cerca de um terço da unidade básica térmica para aquecimento de uma casa no inverno é provocado pelo vento. Mesmo numa casa hermética, o vento frio faz com que as paredes exteriores fiquem mais frias e reduz a eficácia do isolamento. Proteger uma casa a partir do vento pode reduzir o factor de resfriamento em 75% e reduzir a necessidade de aquecimento de 25%. Além disso, todos os graus (C) de calor no verão requerem adição de 5-7% de energia de refrigeração. Assim, uma redução de 5° C na temperatura do ar exterior, alcançado através do arranjo estratégico de vegetação e da sua sombra (coberturas ou fachadas verdes), pode reduzir o consumo de energia de ar condicionado por 50-70%<sup>6</sup>.

Estudos demonstraram que as temperaturas no interior reduzem de forma mais eficaz com a sombra das árvores, se estivessem a crescer direccionados a sul ou oeste<sup>7</sup>. Estudos da Grã-Bretanha também mostraram que, durante um período de um ano, os custos de energia de uma casa convencional pode ser reduzido em até 25%. Isto é conseguido através da redução da penetração do vento, por exemplo, a plantação de espécies de árvores de folha caduca. Essas árvores também proporcionam sombreamento verão e ganhos solares no inverno<sup>8</sup>. Resultados similares podem ser esperados, com um jardim vertical (fachadas verdes).

Com a difusão bem sucedida das coberturas verdes e tecnologias jardins verticais, as comunidades estarão melhor equipadas para abrandar e adaptar-se às mudanças climáticas.

### **5.1.3 Regulação da temperatura**

O clima pode ser entendido em quatro níveis básicos - zonas climáticas, o clima regional, clima local e microclima. As zonas climáticas são definidas como bandas largas, geográficas, afectadas principalmente por grandes massas de água, massa de terra e a distância do equador. O clima de Portugal continental, segundo a classificação de Koppen, divide-se em duas regiões: uma de clima temperado com Inverno chuvoso

e Verão seco e quente (Csa) e outra de clima temperado com Inverno chuvoso e Verão seco e pouco quente (Csb). Alterações significativas às zonas climáticas, tais como aquecimento global, só podem ocorrer em uma escala global.

O clima regional refere-se às variações regionais, dentro das zonas climáticas, com diferenças de temperaturas anuais, exposição solar, queda de neve, chuva, vento, etc. O efeito de ilha de calor urbano (5.1.6) é um exemplo de um clima local antropologicamente produzido.

Os microclimas são específicos, por exemplo, um telhado, muitas vezes, têm um microclima diferente do que cerca o edifício. O microclima é directamente influenciado por uma variedade de elementos e em torno do local - o contorno da terra, vegetação, água, condições do solo e edifícios - que afectam a exposição solar, calor ou frio, humidade, vento, tempestade de neve e os padrões de escoamento. Ao manipular estes elementos do local, o seu microclima pode ser substancialmente alterado<sup>9</sup>.

Boa parte da energia solar incidindo em cima de uma superfície típica de betão, asfalto ou superfície dura é irradiada na forma de calor. Usando uma camada de vegetação para interceptar a luz solar pode reduzir este calor. Da energia da solar que incida sobre uma folha de árvore, 2% é usado na fotossíntese, 48% é transmitida através da folha e armazenado na planta, 30% é transformado em calor (utilizado na transpiração) e apenas 20% é reflectida. Uma vez que uma grande quantidade de radiação incidente sobre as plantas é utilizada para a evapo-transpiração, as plantas em superfícies verticais e horizontais são capazes de regular as variações de temperatura. Num dia quente de verão a absorção da energia reduz a temperatura da superfície sombreada e regula humidade, enquanto à noite e no inverno, as plantas emitem energia/calor. Isso pode reduzir a quantidade de energia solar que incide num dia quente de verão em até 90%<sup>10</sup>. Numa cidade, o impacto da evapo-transpiração e sombreamento pode reduzir significativamente a quantidade de calor, que caso contrário, seria irradiada através dos edifícios e das superfícies da rua.

#### **5.1.4 Criação de microclimas**

Mudar o microclima local através de coberturas verdes pode ter um efeito complexo sobre o clima urbano. Coberturas e paredes criam o seu próprio microclima,

bem diferente das condições do ambiente, tanto em torno do edifício como na envolvente.

Dependendo da altura, orientação e localização dos edifícios circundantes, a cobertura é sujeita às oscilações extremas de temperatura (quente durante o dia e frio à noite), com exposição constante à luz solar e do vento - um clima “desértico” adequado apenas a determinados tipos de plantas. Embora este efeito possa ser atenuado pela irrigação suplementar e maior no solo profundidade, uma cobertura verde está mais próximo de um ambiente árido, que o ambiente da envolvente. Isto significa que os projectistas e instaladores devem ter um técnico especializado no conhecimento da flora e fauna que melhor se adaptam a essas condições. Uma vez estabelecida, a cobertura verde terá um impacto significativo sobre o ganho de calor e perda do piso inferior que, assim como a humidade, qualidade do ar e reflexo do calor da envolvente. Em conjunto com outras instalações verdes, a cobertura verde também vai desempenhar um papel na modificação o clima da cidade como um todo. O mesmo pode ser dito para os jardins verticais. Uma fonte alemã comentou que o clima urbano saudável poderia ser alcançado por cobrir apenas 5% de todos os telhados e paredes de uma cidade<sup>11</sup>.

### **5.1.5 Isolamento de plantas e edifícios**

O papel de isolamento e barreiras de ar/vapor é diminuir a taxa de transferência de calor entre o interior e o exterior de um edifício, que é uma função da diferença entre as temperaturas interiores e exteriores. Isolamento atenua o impacto da temperatura diferencial. No inverno, o isolamento diminui a taxa de transferência de calor para o exterior e no verão, ele diminui a taxa de transferência de calor para o interior. A vegetação das superfícies verticais e horizontais tem sido utilizada como uma técnica de isolamento de edifícios através da regulação da temperatura exterior. O valor de isolamento do revestimento dos edifícios (fachadas e coberturas) pode ser aumentado de várias maneiras:

- Prendendo uma camada ou almofada de ar dentro da massa vegetal, a superfície do prédio é arrefecido no verão e aquecido no inverno.

- Ao cobrir o edifício, com a vegetação, o calor do verão é impedido de chegar ao revestimento dos edifícios, e no inverno, o calor interno seja impedido de sair, reflectido ou absorvido
- Uma vez que o vento, diminui a eficiência energética de um edifício em 50%<sup>12</sup>, uma camada de plantas, age como um amortecedor que reduz o vento, que se desloca ao longo de uma superfície de construção.

Com um jardim vertical, quanto mais densa e mais espessa for camada de plantas na fachada, maiores serão esses efeitos benéficos. Uma camada de ar parado de 4 cm, preso entre uma parede isolada e uma cobertura de plantas de 16 cm, pode aumentar o valor de R (resistência térmica) aquela parede em até 30%. Além disso, quanto maior o valor de R existente da parede mais eficazes as plantas serão<sup>13</sup>. Esta estratégia de aumentar o isolamento pelo exterior permite a actualizações e modernizações de valor de R existentes em paredes com isolamento, sem o custo adicional de isolamento interior ou os tradicionais isolamentos pelo exterior. A necessidade de aplicar acabamento de superfície ou materiais revestimento, a perda de espaço resultante de paredes mais espessas e à interrupção do uso durante a construção podem ser evitados através da utilização de jardins verticais. Na verdade, o isolamento aplicado no exterior dos edifícios é muito mais eficaz do que o isolamento interior, especialmente durante os meses de verão<sup>14</sup>.

Idealmente, se no inverno, a perda de calor é uma preocupação, deve-se escolher as plantas perenes que não percam as suas folhas durante os meses mais frios. No entanto, nas faces protegidas da exposição a sul ou oeste, esta perda sazonal de folhas podem servir como uma técnica de energia solar passiva. Esta seria vantajosa uma vez que a falta de vegetação permitiria o sol para aquecer as superfícies durante o dia. Durante o verão, é importante colocar as coberturas verdes nas exposições especialmente a sul e oeste, uma vez que recebe a maior quantidade de energia solar.

Com um telhado verde, o valor de isolamento, é o resultado da soma entre as plantas e o meio de crescimento. É difícil referir, qual dos dois tem mais vantagem, pois depende muito da profundidade do meio de cultura e tipo de plantas escolhidas<sup>15</sup>. Uma aplicação extensiva é muito mais eficaz como isolante do que uma intensiva. Uma camada de vegetação variada tem melhor desempenho do que uma camada única da

mesma espécie, que por sua vez, é melhor do que uma camada de baixo crescimento<sup>16</sup>.

Uma camada de 20cm de substrato, mais uma de 20-40 cm de espessura de relva espessa tem um valor combinado equivalente ao valor de isolamento de 15 cm de isolamento de lã mineral (R 20; RSI 0,14)<sup>17</sup>. Sob uma cobertura verde, as temperaturas interiores (sem arrefecimento) podem registrar pelo menos 3°-4°C inferior à temperatura quente ao ar livre entre 25°-30°C. No inverno, uma camada de neve e vegetação também irá aumentar o isolamento do edifício. Se o ponto de orvalho (ponto de condensação) pode ser localizado no interior da camada de substrato, em vez de estar no edifício e, se a membrana da cobertura é á prova de água e não de vapor, pode-se teoricamente, eliminar a necessidade de barreiras de vapor tradicionais, resultando na redução de material e de custos.

As coberturas verdes também podem desempenhar um papel no pré-arrefecimento do ar que é exigido pela maioria sistemas mecânicos. Como a temperatura do ar exterior no verão é mais quente do que o proveniente de sistemas de exaustão, muitas vezes dá-se o esgotamento de ar interno, sendo substituído, pelo ar exterior que necessita ser pré-arrefecidos antes que seja autorizado a entrar no edifício. Uma cobertura verde e a plantação de vegetação estratégica específica para fazer sombra das válvulas de admissão irão diminuir a temperatura do ar ao nível do telhado, reduzindo assim a temperatura do ar interior. As exigências em equipamentos de ar condicionado, poderão assim, resultar em poupança de energia. É também de salientar que os custos incorridos com arrefecimento no Verão e aquecimento no inverno são a principal fonte de despesa na habitação.

Embora o benefício das coberturas verdes como um isolante tenha sido comprovada, os valores R específicos variam dependendo da quantidade de humidade, e, o crescimento médio (Durante o inverno, depois de chuvas contínuas, etc.) Essa variação ocorre de tal forma que os pesquisadores desta tecnologia, ainda assim, foram incapazes até agora, de elaborar um padrão ou aprovar avaliações de isolamento para sistemas de cobertura verde<sup>18</sup>. Não foi, no entanto, impeditivo de promover os benefícios de isolamento de coberturas verdes.

### 5.1.6 Moderação do efeito de ilha de calor urbano

O “efeito de ilha de calor urbano” é um macro clima provocadas pela diferença de temperaturas entre a cidade e a paisagem circundante. Esta diferença é devido principalmente à extensão das superfícies rígidas e reflectivas nas áreas urbanas, que absorvem radiação solar incidente e irradiar como forma de calor<sup>19</sup>. Nas áreas periféricas urbanas, existe uma maior percentagem de áreas verde, que é capaz de absorver e transformar esta radiação em biomassa e calor latente. O calor irradiado, o gerado pela indústria, veículos e equipamentos mecânicos e o aumento dos níveis de poluição do ar, aumentam os níveis de temperatura urbana até 8°C mais quente do que no seu entorno nas noites de Verão. E se as estimativas estiverem correctas, o aquecimento global vai exacerbar o efeito de ilha de calor urbano, elevando as temperaturas do verão até de 5°C<sup>20</sup>.

Temperaturas urbanas mais elevadas, aumentam a instabilidade da atmosfera, o que pode aumentar a possibilidade de chuva e temporais severos. A cidade de Colónia, Alemanha, por exemplo, recebe mais 27% de chuva do que em torno das áreas circundantes<sup>21</sup>. Nas cidades já atormentadas por águas pluviais excessivas, os canais esgoto transbordam e causam graves sendo susceptíveis de agravar com a alteração climática global.

Temperaturas mais altas também têm um efeito directo na qualidade do ar, pois o ar quente agita as poeiras e partículas atmosféricas, à medida que aumentam. Num dia quente de verão, uma cobertura típica isolada com gravilha no centro da Europa tende a aquecer até 25°C, entre 60°-80°C. Este aumento da temperatura significa que uma coluna vertical de ar em movimento é criado em cada cobertura que, para 100 m<sup>2</sup> de área de superfície, podendo mover-se para cima a 0,5 m/seg. Estudos têm mostrado que não há movimento de ar térmico vertical sobre superfícies de relva. Estas superfícies não vão aquecer a mais de 25°C.

O movimento vertical de ar, ao longo de superfícies aquecidas é ainda maior do que sobre superfícies horizontais. Com o posicionamento estratégico de jardins verticais, as plantas podem criar bastante turbulência para quebrar o fluxo de ar vertical que arrefece o ar ao mesmo tempo que diminui a velocidade<sup>22</sup>.

Ao transformar a energia cinética do vento em energia e calor, as superfícies plantadas também podem ter um impacto significativo sobre os padrões de vento local, reduzindo os efeitos nocivos do vento num edifício.

### **5.1.7 Trocas de dióxido de carbono e oxigénio**

As plantas, desempenham um papel crucial na sobrevivência da vida no nosso planeta. Através do processo da fotossíntese, que ocorre dentro de folhas verdes e caules, as plantas convertem dióxido de carbono, água e luz solar/energia (radiação solar) em oxigénio e glicose. Abastecendo os seres humanos e outros animais com o oxigénio e alimento, e os animais, por sua vez, produzem o dióxido de carbono e fertilizante exigido pelas plantas.

Estudos têm demonstrado que uma faia madura (8-10 anos), com uma coroa de diâmetro de 15m, sobra de 170 m<sup>2</sup> de área, tem uma área combinada de folhas de 1.600 m<sup>2</sup>, e cria 1,71 kg de oxigénio e 1,6 kg de glicose a cada hora (com 2,4 kg de dióxido de carbono, 96 kg de água, e 25,5 kJ de energia térmica). Este nível de produção é igual ao consumo de oxigénio de 10 pessoas cada hora<sup>23</sup>.

Um dos elementos cruciais na selecção de tipos de plantas e densidade é a superfície de folhagem verde e de tronco disponível para a fotossíntese. Por exemplo, 25 m<sup>2</sup> de área em folhas produz 27 g de oxigénio por hora durante o dia, o que equivale a uma quantidade de oxigénio humana que seria necessário para o mesmo período de tempo. No entanto, considerando os efeitos da natureza, noite (sem luz solar), e no inverno (no caso de folhas verdes com plantas de folha caduca) 150 m<sup>2</sup> de área de folhas seria necessário para equilibrar o consumo de oxigénio para humanos um ano<sup>24</sup>.

Para aplicações em coberturas verdes:

- 1 m<sup>2</sup> de relva de 3-5 centímetros de altura tem uma superfície de folha de 60-10 m<sup>2</sup>.
- 1 m<sup>2</sup> de prado por cortar tem uma superfície de folha de até 225 m<sup>2</sup>.
- Assumindo que 1 m<sup>2</sup> de cobertura de relva por cortar, com uma superfície de folha de 100 m<sup>2</sup>, 1,5 m<sup>2</sup> cumpre a exigência anual de oxigénio para um ser humano.

Para efeito de comparação, a exigência anual de oxigénio para um ser humano, pode ser produzido por:

- Uma árvore com uma copa de 5 m de diâmetro.
- 1,5 m<sup>2</sup> de relva por cortar, 0,4 m de altura.
- Uma estufa densamente plantado de 20 m<sup>2</sup>.
- 30-40 m<sup>2</sup> de área verde da relva/erva.
- 40 m<sup>2</sup> de planta densa, cobrindo a superfície de uma parede<sup>25</sup>.

Deve-se notar que, embora a produção de oxigénio seja uma importante contribuição das coberturas verdes, na avaliação desse benefício é necessário ter o seguinte em consideração<sup>26</sup>:

- As plantas só produzem oxigénio durante o dia, à noite, inverte o processo para que elas absorvam oxigénio e libertem dióxido de carbono (no entanto, ainda assim, existe um aumento oxigénio).
- No clima português existem plantas que estão dormentes durante o inverno e não produzem oxigénio ou dióxido de carbono.
- A decomposição da matéria orgânica em cima e no interior do meio de cultura também requer oxigénio.
- Em sistemas extensivos as coberturas verdes, onde as plantas/camada de relva sejam permitidas secar durante o verão (ou seja, sem irrigação suplementar), as plantas são incapazes de participar em fotossíntese.

Numa escala global, alguns estudos indicam que, mesmo com toda a sua indústria, tecnologia e a queima de combustíveis fósseis, a humanidade teve pouco efeito sobre a quantidade total de oxigénio na atmosfera da Terra. Em vez disso, esses estudos sugerem que é a qualidade do ar através da produção de gases com efeito de estufa, poluentes transportados por via aérea e partículas em suspensão, que têm sido negativamente afectados pelas actividades humanas.

Ao aumentar a quantidade de biomassa em uma área urbana, sobre coberturas pode contribuir para a redução dos níveis de dióxido de carbono produzido pelos

veículos, indústria e sistemas mecânicos, levando a melhor qualidade do ar e reduzir problemas respiratórios.

### **5.1.8 Gestão das águas pluviais**

Se as estratégias de marketing para os sistemas de cobertura verde usados por empresas europeias servem de indicação, o benefício mais palpáveis de telhados verdes é a sua capacidade de reter as águas pluviais<sup>27</sup>.

Os estudo de engenharia para o desenvolvimento urbano têm sido tradicionalmente centrados nos movimentos da água da chuva e da neve derretida a partir de edifícios. A grande parte da superfície de uma cidade ou está coberto por asfalto e edifícios, a precipitação que de outra forma teria sido infiltrado no solo ou foi interceptada pela vegetação, é desviada das cidades através de sistemas de águas pluviais construídas.

Estas paisagens não porosas das zonas urbanas e os estudos das águas pluviais para desviar a água, criaram uma série de problemas, tais como:

- A contaminação das águas pluviais. Como a drenagem é efectuada em superfícies impermeáveis, a água recolhe partículas, pesticidas, óleos, gorduras, metais pesados, borracha e lixo de estradas, garagens, estacionamento, relvados, telhados e pavimentos antes que ela atinja os canais dedicados às águas pluviais. Num número relativamente grande de cidades, incluindo as portuguesas, as águas pluviais são maior causa de poluição dos rios locais.
- Transbordo de esgotos combinados (TEC). Como medida de segurança e redução de custos, muitos sistemas de águas pluviais correm em paralelo um sistema de esgoto da cidade, transbordando para o sistema de esgoto, ultrapassando a capacidade de escoamento com o volume de água durante chuvas fortes. Este é geralmente um problema nas áreas urbanas mais antigas. Durante uma tempestade, esgoto bruto diluído é descarregado em linhas de água local e rios, resultando no

encerramento de praias e outros impactos negativos relacionados com a poluição aquática.

- Quebra do volume dos lençóis de água local e do fluxo de base dos rios e riachos, com até 95% da precipitação natural, ser imediatamente lançada nos grandes receptores de água ao invés de se infiltrar no solo<sup>28</sup>.
- Aumento da temperatura da água, especialmente durante o verão, que afecta negativamente plantas e animais aquáticos e incentiva a proliferação de algas. Inundações graves, muitas vezes resultando em perda de vidas humanas devido ao elevado volume de águas que transbordam dos respectivos leitos.
- Problemas de erosão, devido à velocidade da água da chuva e do volume de escoamento depois de uma tempestade. Isso requer investimentos contínuos em infra-estruturas.
- A impermeabilização da superfície do solo contribuiu para uma queda de água local e um aumento da temperatura da água em ambos os terminais dos canais e níveis de poluição, desde a água da chuva.

Uma abordagem integrada para resolver alguns destes problemas envolve o alargamento ou expansão de infra-estruturas de águas pluviais, que pode ser um processo caro e complicado.

Várias cidades contrataram consultores para estudar o ambiente, avaliar os custos/benefícios das alternativas de soluções que envolvem a construção de grandes instalações de armazenamento de água temporário. Outras alternativas naturais incluem a desconexão de calhas, aumento da utilização de valas adjacentes aos lotes de estacionamento, zonas húmidas construídas, cisternas de armazenamento da chuva, lagoas de retenção e exigindo a utilização de pavimento poroso.

Estas soluções exigem ainda algum nível de inspecção e manutenção e, em alguns casos, o elevado custo de alternativas pois, em mais áreas urbanas, verifica-se frequentemente uma falta de terras adequadas.

As coberturas verdes podem fornecer uma resposta viável alternativa, principalmente nas zonas urbanas mais antigas, onde existe normalmente, escassez de solo que conduza devidamente as águas pluviais.

Muitas cidades europeias, bem como em várias cidades nos Estados Unidos, aplicam agora taxas para os proprietários dos edifícios (para além dos impostos de propriedade) para as ligações ao sistema público de drenagem de águas pluviais, com base na quantidade de secreção produzida pelo edifício. Em 1996, o Estado de Illinois aprovou uma lei que promove a criação de zonas de vegetação em redor das propriedades, com o intuito de reduzir o escoamento de águas pluviais, em troca de uma redução dos impostos sobre a propriedade. Há também uma mudança gradual na América do Norte nas taxas de utilização das águas pluviais, que são baseadas no grau de superfícies impermeáveis num determinado local.

Se forem suficientemente implementados numa área urbana, os sistemas de cobertura verde podem ajudar a melhorar a gestão de águas pluviais. Estudos efectuados em Berlim mostram que essas coberturas verdes absorvem cerca de 75% da precipitação que cai sobre elas, o que traduz uma redução imediata para 25% do nível normal das águas pluviais<sup>29</sup>. Em geral, as taxas de retenção no verão variam entre 7-10% e de retenção de inverno entre 40-50%, dependendo de factores como a profundidade do substrato e da vegetação, temperatura, sol e vento. O escoamento que ocorre também é estendido ao longo várias horas, ajudando assim a reduzir o risco de inundações relâmpago e a frequência de eventos combinados de transbordo de esgotos. A maior parte das águas pluviais é armazenada pelo substrato e em seguida absorvida pelas plantas, através da qual é devolvida à atmosfera através evaporação/transpiração<sup>30</sup>. Uma cobertura verde coberta de relva com 20-40 cm de espessura na camada de substrato pode conter entre 10-15 cm de água<sup>31</sup>.

Em Toronto, onde precipitação média é de 4 cm, uma cobertura verde pode certamente tornar-se uma opção viável para a melhor de gestão das águas pluviais. Um estudo de Verão efectuado ao longo de três meses mostrou que uma cobertura extensiva com 7 cm de profundidade de camada de vegetação não produziu o escoamento superficial, enquanto a superfície do solo envolvente, sem plantação, provocou um escoamento de 42% e numa superfície de cascalho produziu 68%.

Tom Lipton, um arquitecto paisagista, em Portland, Oregon, usou recentemente o seu telhado da garagem, como um local para testes de redução de águas pluviais dos sistemas de cobertura verde. Com uma camada de mistura de plantas rasteiras e relva em apenas 5cm de solo, ele verificou que o telhado absorvia

até 90% de toda a chuva que caiu sobre ele, tornando-se menos eficazes apenas durante as chuvas contínuas e elevadas<sup>32</sup>.

A maioria da gestão das águas da chuva representa uma actividade baseada no custo. Se amplamente implementadas, as coberturas verdes irão proporcionar novas oportunidades para tratar e gerir as águas pluviais urbanas, de forma a beneficiar comprovadamente a nível ambiental e social.

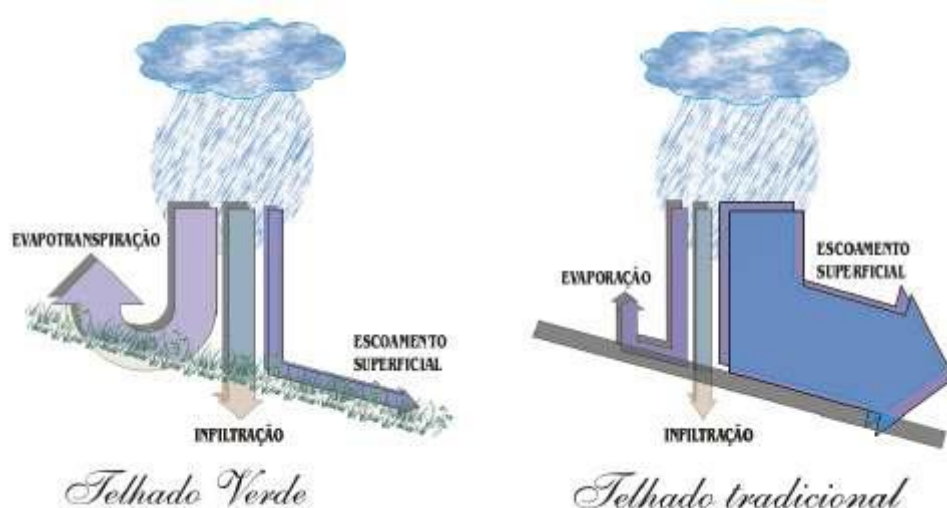


Fig 12 - Comparação entre uma cobertura verde e uma normal da gestão das águas pluviais

### 5.1.9 Filtragem e melhoria da qualidade da água

As coberturas verdes, não apenas retêm a maior parte da precipitação que cai sobre elas, mas também moderam a temperatura da água e actuam como filtros naturais para a água que escorre. Os metais pesados e nutrientes transportados pela água da chuva acabam por se armazenar no substrato, em vez de serem descarregados nas canalizações de águas pluviais normais. Estudos mostram que até 95% de cádmio, cobre e chumbo, e 16% de zinco foram retirados da água da chuva pelos sistemas de coberturas verdes<sup>33</sup>.

A habitação projectada pela empresa de engenharia Allen Kani e Associados está localizada a noroeste de Toronto tem a metade da casa com telhado de metal e a outra metade com cobertura verde, com cada secção de drenagem numa cisterna diferente para captação de escoamento separado. Durante os anos de utilização, os proprietários descobriram que a água recolhida no telhado ajardinado era muito mais clara e livre de matéria orgânica, enquanto que a água proveniente do telhado de

metal transportou restos e matéria orgânica, que posteriormente contaminaram a cisterna<sup>34</sup>.

### **5.1.10 Outros benefícios derivados da água**

Além dos benefícios genéricos de sistemas de cobertura verde, eles também podem ser planejados para executar funções específicas, que ajudam a aumentar o retorno sobre o investimento para o proprietário do edifício. Por exemplo, o uso e reuso da água podem ser integrados no design de um sistema de cobertura verde numa série de maneiras diferentes.

- Ecover Inc., fabricante de produtos de limpeza biodegradáveis, na Bélgica, tem uma fábrica, construída em 1992, com 2 hectares de gramíneas nativas e flores silvestres em seu telhado. Os efluentes produzidos pela fábrica são tratados num esgoto no local e, em seguida, filtrados através da cobertura verde, enquanto, ao mesmo tempo funciona como irrigação e fonte de nutrientes para as plantas<sup>35</sup>.
- No desenvolvimento do centro da cidade nova do Bloco 103, Kreuzberg, em Berlim, em quase 40% dos telhados foi implementado o sistema de cobertura e jardins verticais, incluindo um pântano vertical único, que limpa a água cinzenta do edifício através de um sistema cheio de ervas e plantas aquáticas. A água é libertada em pequenas quantidades a partir do tecto e, em seguida, através de um sistema de tubos e drenos, é filtrada através de camadas sucessivas de gramíneas. Ao atingir o nível do solo a água limpa pode ser reutilizada<sup>36</sup>.
- O Possman Cider Cooling and Storage Facility, em Frankfurt, Alemanha utiliza um sistema à base água de troca de calor para arrefecer o edifício. A cobertura verde foi concebida como um pântano com água da chuva no telhado reservando a água numa cisterna subterrânea bombeando-a através do edifício para absorver o calor, executado através da camada de vegetação no telhado para refrigeração e filtração e então reciclada para a cisterna.

- As coberturas verdes também podem ser usados como colectores de água e armazenamento "cisternas", usando uma camada flutuante de plantas para diminuir a evaporação e agir como um filtro. Através da reciclagem das águas pluviais armazenadas, seja no edifício ou no local, empresas como a Possman eliminam a necessidade de comprar água de outras fontes e, conseqüentemente, são capazes de realizar uma enorme poupança de custo<sup>37</sup>.

### **5.1.11 Isolamento acústico**

O solo, as plantas e na camada de ar preso entre as plantas das coberturas verdes e a superfície podem ser usados para isolar acusticamente os edifícios<sup>38</sup>.

As ondas sonoras produzidas por máquinas, o tráfego e aviões podem ser absorvidas, reflectidas ou desviadas. O substrato tende a bloquear baixas frequências, enquanto o bloco de plantas altas frequências.

Os ensaios realizados mostraram que uma camada de 12 cm de substrato pode reduzir o som em 40 dB; 20 cm pode reduzir o som por 46 dB<sup>39</sup> (com algumas reduções de até 50 dB)<sup>40</sup>. O "ruído" produzido pelo vento que se desloca por entre os galhos e folhas, podem igualmente desempenhar um papel positivo no reforço de uma psicologia de bem-estar<sup>41</sup>.

### **5.1.12 Protecção dos edifícios e tempo de vida útil**

As coberturas verdes têm sido úteis para a protecção da membrana de cobertura contra a radiação ultra-violeta (UV), oscilações extremas de temperatura e punção ou danos físicos a partir de recreação ou manutenção<sup>42</sup>. A segunda "Falha na Construção/Relatório de Danos" emitido pelo governo alemão, em 1988, identifica as coberturas verdes como uma solução para a falha da membrana de telhado convencional<sup>43</sup>. Por exemplo, uma loja de Londres instalou uma cobertura verde em 1938 e 50 anos mais tarde, a membrana estava ainda em condições excelentes. Isto é num clima onde a maioria das coberturas planas têm uma vida média de entre 10-15 anos<sup>44</sup>.

Num telhado, as temperaturas podem oscilar de -20°C a 80°C ao longo de um dia. Com 10 cm de espessura da camada de cobertura verde pode reduzir este intervalo de temperatura de 10°C a 30°C, assim, garantindo menor expansão e contracção da membrana do telhado, que por sua vez reduz fissuras e envelhecimento<sup>45</sup>. Quanto mais tempo de vida, maior a diminuição da necessidade de reconstrução dos telhados e a quantidade de resíduos com destino aos aterros sanitários, os quais são poupanças directas para o proprietário do edifício. Reduzir os resíduos de construção também ajuda a conservar a capacidade dos aterros municipais.

Estes sistemas são ideais se existir uma manutenção periódica do revestimento.

### **5.1.13 Melhorias estéticas**

Tornar as cidades mais verdes, tem sido reconhecido como uma estratégia simples e eficaz para embelezar do ambiente construído. Estudos têm mostrado que desde os primeiros tempos registados, culturas ocidentais têm condicionado os seus cidadãos a apreciar a natureza e ter associações negativas com as cidades e sua estética<sup>46</sup>.

Uma camada de plantas pode aumentar um bom design ou disfarçar um mau<sup>47</sup>. As plantas podem adicionar interesse visual em paredes e telhados, suavizando arquitecturas industriais e comerciais<sup>48</sup> permitindo a um novo edifício uma melhor relação com o ambiente rural ou suburbano. A Biblioteca Pública em Vancouver, no Canadá, foi concebida com uma cobertura verde especificamente para oferecer uma melhor vista para os moradores das torres de escritórios circundantes<sup>49</sup>. Da mesma forma, a nova cobertura verde no edifício Mountain Equipment Co-operative, em Toronto, Canadá proporciona uma visão muito melhor para o complexo do hotel vizinho.

### 5.1.14 Saúde e terapia de horticulturas

A crença de que o contacto com árvores, arbustos, gramíneas, flores, etc. promove o bem-estar psicológico e reduz o stress da vida urbana que remonta a antigas cidades como Cairo, Mesopotâmia e Roma. Mais recentemente, com o contacto visual com a vegetação, foi provado que resulta em benefícios para a saúde directa. Os estudos psicológicos têm confirmado essas crenças por demonstrarem claramente que o efeito restaurador da paisagem natural mantém a atenção do espectador, desviando a sua consciência fora de si e dos pensamentos preocupantes e provoca um estado de meditação<sup>50</sup>. Estudos realizados na Suécia sobre a actividade das ondas cerebrais indicam também que a visualização de ambientes naturais provoca um estado de relaxamento, caracterizada por uma diminuição da frequência cardíaca e uma recuperação mais rápida do tempo de stress<sup>51</sup>.

Em 1984, um estudo baseado na Pensilvânia, pretendeu conhecer o efeito que as paisagens naturais teriam em pacientes cirúrgicos. O estudo envolveu pacientes do mesmo hospital passando pelo mesmo tipo de operação. Metade dos pacientes tinham vistas para uma parede de tijolo, e a outra metade para um pátio ajardinado. O estudo mostrou que os pacientes com vista para o jardim tinham um tempo de internato pós-operatório mais curto, menos comentários de avaliação negativa dos enfermeiros e tomaram menos medicamentos analgésicos<sup>52</sup>.

Quartos sem janelas ou salas com pouco ou nenhum acesso visual ao ar livre, são desagradáveis e causadores de stress, especialmente no trabalho e em unidades de saúde. Estudos realizados em 1982 e 1985 mostraram que presidiários cujas celas olhavam sobre terras e florestas eram menos prováveis de se apresentarem para uma chamada de doença do que aqueles cujas celas voltavam para paredes, edifícios ou outras celas<sup>53</sup>.

Pessoas que vivem em cidades de grande densidade, são menos susceptíveis à doença se eles tiverem uma varanda ou terraço jardim<sup>54</sup>. Isto é, em parte devido ao nível adicional de oxigénio, filtragem de ar e controle de humidade fornecidos pelas plantas. Árvores num parque podem filtrar até a 85% de partículas no ar, com as folhas de plantas trepadeiras fornecendo igualmente uma grande superfície capaz de filtrar poeiras, poluentes e possivelmente até mesmo vírus. Além disso, há benefícios terapêuticos do acto de cuidar de plantas. A variedade de sons, cheiros, cores e

movimentos proporcionada pelas plantas, que não são quantificáveis, podem aumentar significativamente a saúde humana e o bem-estar.

Com base nestes benefícios psicológicos e físicos comprovados, em Kassel, na Alemanha, foi lançada uma campanha pública em 1993 para incentivar as pessoas a fazer crescer trepadeiras. Acções similares foram igualmente tomadas em Munique, Berlim e Frankfurt<sup>55</sup>.

### **5.1.15 Melhorias de segurança**

Um jardim de recreio ou um espaço num telhado é muitas vezes considerado mais seguro do que um localizado na envolvente pelas seguintes razões:

- Há menos risco de assalto ou vandalismo, pois o acesso ao telhado é geralmente restrito aos moradores do edifício ou empregados.
- Os serviços públicos e utilidades que podem dificultar a instalação de jardins ou escavar a terra não existem no telhado.
- Os níveis de poluição no telhado são inferiores ao nível da rua.
- A qualidade do solo, incluindo a contaminação por metais pesados, hidrocarbonetos, bem como a utilização de pesticidas e herbicidas, pode ser controlada, devido que todos estes produtos têm de ser obtidos e levados até o telhado (isto é de particular relevância, se a cobertura verde é utilizados para a produção de alimentos).

### **5.1.16 Espaços de lazer/recreação**

Estudos mostram que actividades de lazer em ambientes naturais como jardins e parques, são importante para ajudar as pessoas a lidar com o stress e, contemplar outras necessidades e actividades não stressantes.

As coberturas verdes podem ajudar a suprir a falta de espaços verdes em muitas áreas urbanas. Devido à falta de espaço verde urbano, muitos moradores das urbes fogem para os meios rurais, para casas de campo ou movem-se para os subúrbios na primeira oportunidade<sup>56</sup>.

Os benefícios activos da jardinagem têm sido há muito tempo conhecidos. Em Montreal, Quebec, a cidade fundou um programa de jardinagem para comunidade. Outras cidades têm visto um interesse crescente, em jardinagem para comunidade ao longo dos últimos cinco anos. Muitos moradores urbanos, consideraram os telhados e paredes de edifícios, como o maior recurso inexplorado nas cidades. Encontrar novas maneiras de utilizar o espaço da parede e do telhado, pode gerar um impulso económico adicional às cidades e fazer torná-las mais habitáveis, fornecendo quantidades significativas de recreação ao ar livre, ou acesso a espaços de lazer perto do trabalho e de casa. Ao longo do tempo, aplicações generalizadas de coberturas verdes podem mesmo contribuir para travar o êxodo urbano para áreas do limite suburbano. A vegetação é frequentemente o único legal e também uma das formas menos dispendiosa que um arrendatário pode personalizar ou alterar o exterior do seu edifício, apartamento ou espaço de vivência exterior.

#### **5.1.17 Criação de comunidade (edifícios multifamiliares)**

Pessoas que planeiam, organizam e executam a manutenção de um jardim comum ou ao ar livre confirmam que o processo só poderá ter êxito se a comunidade circundante der o seu apoio. Sem o uso contínuo, manutenção, comunicação, trabalho, recursos e boa vontade, esses projectos não têm êxito. No entanto, quando eles não funcionam, os resultados são muito inspiradores.

Os edifícios de apartamentos, embora densamente povoados, raramente se transformam em “comunidades”, a menos os moradores sejam capazes de se mobilizar em torno de um objectivo comum, ou contra um problema comum. A criação de jardins comuns, como a cobertura verde no projecto de Lambert-Swale Mary em Toronto, permitiu que os residentes sintam a sua propriedade do seu prédio e conhecer os vizinhos num ambiente descontraído. A propensão dos moradores do apartamento para crescer plantas nas suas varandas atesta o potencial de jardins verticais para ajudar a construir comunidades.

### 5.1.18 Benefícios económicos

Existem vários e diferentes tipos de benefícios económicos, dos quais já foi discutida em todo o capítulo 5 desta dissertação. A natureza e a amplitude das políticas e benefícios económicos variam de acordo com projecto e jurisdição, e que são compartilhados entre os proprietários do edifício, os operadores e o público em geral. Os benefícios económicos típicos e oportunidades de construção para proprietários que implementam coberturas verdes são:

- Aumento no valor de R (resistência térmica) do telhado do edifício, resultando em custo de energia poupanças relacionadas com o aquecimento e arrefecimento e levando à redução de emissões de gases de efeito de estufa.
- Protecção da membrana de telhado, o que resulta numa maior esperança de vida dos materiais, diminuição da manutenção e dos custos associados á substituição de materiais degradados. A comprovação das coberturas verdes em proteger a membrana de cobertura e revestimentos contra a radiação UV, a regulação das diferenças de temperatura externa e protecção contra punção ou danos físicos a partir de recreação ou manutenção das mesmas.
- O aumento da gestão de águas pluviais pode compensar estes custos noutros lugares, por exemplo, reduzindo a necessidade de tanques de gestão de águas pluviais ou reduzir as taxas, onde no nível de utilização de águas pluviais essas taxas são aplicadas. Na maioria das cidades europeias, os residentes devem pagar uma taxa, imposto ou taxa de serviço para ligar para as águas pluviais do sistema. Na Alemanha, contudo, os residentes com coberturas verdes recebem percentagens de descontos<sup>57</sup>.
- Aumento nos valores dos imóveis. Estudos americanos e britânicos mostram que uma boa cobertura ajardinada aumenta o valor de uma casa por 6-15%. As coberturas verdes oferecem benefícios visuais e ambientais. Embelezamento urbano também terá um impacto sobre o turismo e a maneira dos visitantes verem a cidade.
- Oferta de espaço de recreio ao ar livre e estética pode aumentar directamente o valor e a liquidez de uma propriedade (por exemplo, jardins privados, no topo dos condomínios no centro da cidade).

- Fornecimento de uma função num negócio relacionado, tais como a refrigeração de água utilizada na indústria processos. A limpeza das águas residuais e o crescimento de ervas e outros produtos agrícolas urbanas são menos comuns como benefícios, mas podem agregar valor económico aos telhados e paredes subutilizados. Da mesma forma, a implementação de jardins em hospitais pode melhorar as taxas de recuperação dos pacientes, que se traduz em economia de custos em cuidados de saúde. Benefício de redução de ruído também pode ajudar compensar os custos adicionais para os edifícios, onde o controle de ruído é um problema.

A redução de custos, realizados através da introdução de uma cobertura verde, são muitas vezes imediatas, em termos da redução dos custos de aquecimento e arrefecimento, mas os períodos de rentabilização económica do investimento são normalmente de médio a longo prazo. As economias de custos é, no entanto, difícil de estimar com precisão e variam consideravelmente entre os projectos. A instalação de uma cobertura verde requer um investimento de capital inicial. No entanto, esta despesa inicial pode ser devolvida através de poupanças a longo prazo<sup>58</sup>. Se o conceito está incluído no início da fase de projecto para um novo edifício, uma cobertura verde pode ser instalado com pouco ou nenhum capital extra<sup>59</sup>. Por exemplo, a instalação da cobertura verde do novo edifício de administração para a chanceler da Alemanha foi de apenas de 0,1% do seu custo total<sup>60</sup>. As imobiliárias e empresas de construção, querem construir e vender rapidamente, e mesmo este gasto extra pode ser visto como uma barreira, a menos que eles estejam convencidos de que o imóvel se tornará mais comercializável.

Os custos de ciclo de vida seriam moderadamente aumentados pela manutenção do jardim, mas seria reduzido pela durabilidade e minimização de manutenção do edifício<sup>61</sup>, bem como as economias em custos de energia. Apesar do custo da cobertura ser específico do lugar, alguns números em bruto são apresentados a seguir:

- Uma cobertura verde extensiva é 50-80% mais barata do que uma intensiva<sup>62</sup>.
- De acordo com preços na Grã-Bretanha, a simples instalação da cobertura verde pelo próprio cliente pode ter um custo em torno de 44.79 euros por m<sup>2</sup>;

se profissionalmente projectado e instalado uma cobertura verde pode custar 105,87 euros/m<sup>2</sup>, que é três vezes o custo de uma cobertura normal<sup>63</sup>.

Dados adicionais mostram que, se a capacidade de carga extra, os trilhos, a protecção da raiz e as camadas de vegetação forem incluídas desde o início, as coberturas verdes, podem acabar custando menos de 0,5% do total do custo do edifício<sup>64</sup>.

Uma cobertura verde torna-se ainda mais viável quando o preço da terra, ou a falta de terrenos adjacentes, impede a criação de jardim ou espaço verde na envolvente<sup>65</sup>. Estudos de marketing têm mostrado que as pessoas colocam um valor elevado no espaço verde. Ao fornecer espaço verde, os colaboradores, proprietários do edifício e as empresas são muitas vezes mais eficiente para atrair manutenção, compradores e arrendatários e mantendo os trabalhadores qualificados e motivados<sup>66</sup>.

Os pontos seguintes resumem alguns dos principais benefícios económicos para a comunidade:

- A criação de emprego em design, cultura, produção, instalação e manutenção.
- Aumento de habitabilidade das cidades, incluindo a produtividade global dos trabalhadores e da criatividade.
- Várias melhorias da qualidade de ar que têm um impacto directo sobre a saúde humana e o bem-estar.
- A capacidade de reter e tratar águas pluviais, que, se suficiente, pode ajudar a diminuir as despesas operacionais nas infra-estruturas urbanas relacionadas.
- Redução em despesas de operação dos edifícios de propriedade pública, como escolas, hospitais e escritórios.
- Os benefícios da experiência passiva e activa com a natureza e diminuição da vegetação a necessidade de cuidados de serviços de saúde<sup>67</sup>.

As coberturas verdes podem ser localizadas em pátios, em terraços, varandas, telhados e estacionamentos, e aumentarão os valores comerciais dos edifícios.

Apesar dos inúmeros benefícios económicos destas tecnologias, são necessárias mais informações adicionais quantitativas sobre os benefícios económicos

para as instalações em Portugal. Um método de avaliar esses benefícios para uma variedade de diferentes aplicações necessita de desenvolvimento.

### **5.1.19 Criação de emprego**

O potencial de criação de emprego, devido às tecnologias de coberturas verdes é significativo como foi demonstrado em alguns países europeus. O crescimento recente da indústria de coberturas verdes na Europa tem sido notável, com um crescimento médio anual da indústria alemã nas coberturas verde entre 15-20% desde 1982. Com um milhão de m<sup>2</sup> de coberturas extensivas de relva em construção na Alemanha ocidental já em 1989 e mais de 10 milhões de m<sup>2</sup> concluídos em 1996, o impacto sobre o mercado e as oportunidades de emprego tem sido experimentada por muitos sectores. A instalação de coberturas verde pode criar e reforçar os mercados de trabalho que se segue:

- Os fornecedores e fabricantes de membranas e camadas repelentes de raízes.
- Os fornecedores e fabricantes de camadas de drenagem, telas, sistemas de irrigação e outros produtos especiais.
- Os fornecedores e fabricantes de substratos, e solos leves.
- Viveiros por grosso e a retalho especializado em plantas especificamente para coberturas, (solos e sementes / etc.).
- Arquitectos, consultores e profissionais de engenharia.
- Empreiteiros e paisagistas.
- Empresas fornecedoras de contratos de manutenção.

Apesar de uma indústria de jardins verticais não existe ainda, os benefícios de empregos semelhantes podem ser esperados em particular para sistemas baseados em recipiente ou hidropónicos. Além do emprego gerado através da implementação e manutenção de coberturas verdes e jardins verticais, há grande potencial para a produção de alimentos de alta qualidade em áreas urbanas.

Coberturas verdes e jardins verticais podem facilitar a produção agrícola local significativamente em áreas urbanas e suburbanas. Existem numerosos benefícios associados com o aumento da produção local de alimentos:

- Aumento do acesso ao alimento por todos.
- Produtos mais frescos.
- Diminuição da viagem e os custos ambientais, tais como gases de efeito estufa, gerados pelo transporte e necessidade de refrigeração.
- Oportunidade de crescimento económico local, transformação e distribuição.
- Melhor controlo de solo, fertilizantes e pesticidas.

Os rendimentos destas tecnologias dependem muito do clima e do crescimento da vegetação utilizada. O uso de coberturas verdes para produzir alimentos de alta qualidade ainda é uma utopia, no entanto, estes e outros usos alternativos do desperdício de espaço de construção prometem revolucionar num futuro próximo na necessidade de responder à eco-sustentabilidade.

#### **5.1.20. Preservação de habitats e biodiversidade**

Habitat é definido como o ambiente específico "dentro do qual um organismo, espécie ou comunidades vivem. Os contornos incluem factores físicos como temperatura, humidade e luz, juntamente com factores biológicos, como a presença de alimentos ou organismos predadores"<sup>68</sup>. Com a suburbanização em curso, prédios, jardins e calçadas estão a substituir os habitats naturais, tais como prados e pântanos. Isso faz com que as plantas, animais e insectos para se adaptar, tenham necessidade de encontrar outros locais para viver. As coberturas verdes podem ser concebidas como habitats alternativos aceitáveis, embora, nunca devem ser considerados como substitutos para habitats naturais ou como uma justificação para destruir esses mesmos habitats<sup>69</sup>. Na Europa, dois tipos de habitats em coberturas verdes têm sido definidos e implementados como parte de um sistema maior de corredores ecológicos em áreas urbanas:

- O habitat trampolim, conecta fracções de habitats naturais isolados uns com os outros. É importante lembrar que essa ligação pode ser apenas por via aérea (de nidificação e migração de pássaros, insectos, ou sementes transportadas

por via aérea), pois o desnível de cotas impede a maioria dos animais e plantas de chegar as coberturas dos edifícios.

- O habitat Ilha que permanece isolado do habitat na envolvência. Este tipo de habitat seria a “casa” de uma grande variedade de plantas específicas, cujas sementes não são disseminadas através do ar ou alcançam curtas distâncias.

As coberturas verdes também são projectadas especificamente para simular os ecossistemas/habitats em perigo, incluindo pastagens, zonas rochosas, ou zonas de lagos. Na Alemanha, 20% de todas as plantas ameaçadas de extinção são plantas de pastagens áridas/semi-áridas, as condições específicas de uma instalação de cobertura verde extensiva. A seca, o calor, o frio e falta de oxigénio são condições de cobertura que são muito semelhantes ao ecossistema de pastagem seca, que tem sido seriamente degradado pela fertilização, irrigação e outras formas de interferência humana.

As coberturas verdes extensivas, devido à sua falta de intervenção humana, são mais protegidas e podem tornar-se o lar de plantas sensíveis que se danifiquem facilmente pela acção do Homem e de espécies de aves que nidificam apenas no solo. Uma vez que o solo numa cobertura verde é pouco acessível, existem menos probabilidades de ser perturbado, tornando-se um habitat seguro também para os insectos. Quanto mais profunda a camada de solo, mais diversidade de insectos a cobertura terá.

Os animais e invertebrados encontrados numa cobertura verde tendem a ser altamente móveis, não só porque eles têm que ser capazes de alcançar o telhado, mas também porque a variação de temperatura e níveis de humidade forçam-nos a mover-se de um local para outro<sup>70</sup>. Estudos americanos mostram que as borboletas podem atingir coberturas até 20 pisos de altura<sup>71</sup>; abelhas foram encontradas no 23º andar, e os pássaros voam até ao 19º andar. Pássaros, incluindo um falcão, construíram ninho na cobertura verde da fábrica Ecover, na Bélgica.

As coberturas podem também criar habitats importantes para aves e insectos. Os pássaros comem insectos bem como as bagas e frutos produzidos por algumas plantas das coberturas. Os insectos, no entanto, normalmente não migram para o ambiente interior dos edifícios, desde que este não ofereça os alimentos que iriam encontrar lá fora.

## **Conclusão**

As tecnologias de coberturas ajardinadas oferecem uma ampla gama de serviços sociais, ambientais e benefícios económicos para os proprietários dos edifícios, moradores e público em geral. Estas tecnologias são especialmente úteis para aplicações urbanas e suburbanas, onde elas simultaneamente resolvem muitos dos problemas ambientais mais comuns nestas áreas.

Alguns desses benefícios são bem comprovados e resultam de todos os projectos, outros são projectos específicos pela natureza. Benefícios à escala comunitária, como a melhoria da gestão das águas pluviais e reduções de partículas no ar, provavelmente vão exigir a adopção generalizada destas tecnologias. Outros benefícios, como a moderação do efeito de ilha de calor urbano, ainda não são bem entendidos e requerem novas pesquisas e investigações. Muito menos se sabe sobre os benefícios quantificáveis da tecnologia das coberturas verdes.

Apesar dos esforços de algumas empresas, os portugueses têm sido lentos em adoptar estas tecnologias. Como resultado, as comunidades ainda terão de explorar as muitas vantagens económicas, de saúde humana e dos ecossistemas que podem advir destas coberturas

### **5.2 Barreiras**

Todas as novas tecnologias enfrentam barreiras à sua entrada no mercado, como a falta de projectos-piloto, as incertezas sobre os custos e benefícios e o desconhecimento entre os utilizadores e clientes. Mesmo assim a tecnologia de coberturas verdes é comprovada e está bem estabelecida nalguns países da Europa, as barreiras à entrada no mercado português têm impedido a sua ampla difusão. Com excepção de poucos exemplos, as coberturas verdes não são muito utilizadas em Portugal.

As barreiras estão estruturadas em quatro categorias principais:

- Falta de conhecimento

- Falta de incentivos à implementação
- Barreiras baseadas no custo
- Questões técnicas e riscos associados à incerteza

### 5.2.1 Falta de conhecimento

Pode ser surpreendente para alguns que o conceito de cobertura verdes, tão difundido na Europa, ainda é relativamente desconhecido em Portugal. Aqui, existem tipos de vegetação plantados muitas vezes de forma indiscriminada, sem o conhecimento dos seus vários benefícios. As técnicas de tornar as coberturas verdes são frequentemente aplicadas em locais que não servem de habitação (como em depósitos de água, garagens, etc.), para esconder, ou camuflar essas construções no ambiente, onde muitas vezes passam despercebidos pela população, vendo apenas um espaço ajardinado. Assim, os muitos benefícios das coberturas verdes, não são bem conhecidos entre a indústria, profissionais liberais, políticos e público em geral.

Existem quatro grandes grupos de interessados que necessitam de conhecimentos adicionais sobre o tema de coberturas verdes:

- **Políticos** e funcionários de todos os níveis do governo central e local, mas principalmente, os municípios precisam de conhecimento específico sobre os custos e os benefícios das coberturas verdes (referidos anteriormente). Isso inclui coisas como:
  - Criação de novas indústrias, resultando em oportunidades para os fornecedores de materiais das coberturas e de especialistas como: arquitectos paisagistas, arquitectos, engenheiros, construtores, jardineiros, etc.
  - Possibilidade de produção local de alimentos
  - Melhoria da qualidade e aproveitamento das águas pluviais.
  - Custos e benefícios das diferentes políticas para promover a sua implementação.
  - A reacção das partes interessadas (público, proprietários de edifícios, indústria da construção civil) para as políticas do governo e medidas de apoio para promover a utilização destas tecnologias.

- O papel das coberturas verdes na redução de emissões de gases com efeito de estufa e na adaptação das zonas urbanas para as alterações climáticas.
- **Profissionais da construção.** A indústria da construção portuguesa, não é muito integrada, onde cada tarefa, requer muitas das vezes, uma subempreitada diferente, uma união diferente e, por vezes, um contrato diferente. A construção de coberturas verdes, pode exigir que arquitectos, engenheiros, paisagistas, pedreiros, carpinteiros, jardineiros e fornecedores, trabalhem juntos para a criação do produto final. Cada camada das coberturas verdes é dependente das outras, do mesmo modo que cada profissional deve conhecer os requisitos exigidos pelos outros, na realização do processo de construção. Na Europa, empresas como a Soprema Inc. superaram esse problema criando, companhias que realizam o projecto completo, onde é exigido aos profissionais:
  - Informações sobre plantas, sementes, produtos e fornecedores.
  - exemplos de casos para mostrar aos potenciais clientes.
  - Um melhor conhecimento sobre os dados, custos de implementação, finanças, desempenho e outros parâmetros técnicos.
  - Um melhor conhecimento sobre a redução de custos a médio/longo prazo para os proprietários do edifício, as despesas de manutenção, etc.
- **Investigadores** que necessitam de estar familiarizados com a actual tecnologia e evolução dos conhecimentos para que eles possam fazer contribuições, tais como:
  - Informações detalhadas sobre a poupança de energia dos diferentes tipos de aplicações, suportes de cultura e das plantas.
  - Informações detalhadas sobre os benefícios relativos às águas pluviais.
  - Relacionar benefícios económicos das diferentes aplicações.
  - Benefícios em grande escala, tais como a redução dos gases com efeito de estufa, reduzindo o efeito de ilha de calor urbano e reduzir o caudal de águas pluviais nas condutas drenantes.
  - Estudos climatológicos e ecológicos das coberturas verdes e comparações com ambientes semelhantes encontrados na natureza.

- **Público em geral.** O conhecimento sobre os muitos benefícios públicos das coberturas verdes, ajudará a criar uma demanda política de incentivos por parte do governo, bem como a procura de aplicações para os edifícios habitacionais, industriais e comerciais. Para que isso aconteça, o público necessita de conhecimentos amplos sobre os muitos benefícios das coberturas verdes, como os benefícios económicos e outros como:

- Melhoria da gestão das águas pluviais.
- Melhoria da qualidade do ar.
- Redução de gases de efeito estufa.
- Aumento de espaço de recreio/lazer.
- Melhoria da produção alimentar local.
- Criação de empregos/oportunidades de emprego.
- Benefícios estéticos.

A falta de informações sobre as características dos diferentes tipos de coberturas verdes, leva algumas pessoas a acreditar que a instalação irá requerer manutenção constante e dispendiosa. As questões mais comuns sobre manutenção são:

- Será que a cobertura irá provocar infiltrações?
- As raízes penetram a membrana do telhado?
- Será que a relva tem que ser cortada?
- Será que as plantas devem ser podadas?
- Será necessário um sistema de irrigação?

Estas dúvidas podem ser dissipadas com as informações disponíveis, por exemplo, as coberturas verdes são projectadas para capturar e drenar a água, esta função não mudará, enquanto os caminhos de drenagem forem mantidos limpos e a membrana de protecção não for danificada durante a instalação da cobertura. Normalmente, o substrato, incluindo as plantas e raízes, é separado da membrana impermeabilizante pela camada de drenagem e por uma barreira de cascalho. Isto

torna muito difícil a penetração das raízes, que poderiam causar algum dano. Mesmo assim, uma barreira anti-raiz é colocada para uma segurança extra.

Nos sistemas de coberturas extensivas, a manutenção envolve uma primeira época de irrigação e de controlo para garantir que as plantas se adaptaram e “agarraram” ao solo, depois a cobertura exige apenas 2 ou 3 inspecções por ano, sem irrigação suplementar. Quanto aos sistemas intensivos acessíveis, requerem mais cuidados, exigindo alguma preocupação especial no desenvolvimento das plantas, e nas podas regulares anuais. A relva sobre as coberturas verdes pode ou não ser cortada, dependendo dos desejos estéticos requeridos. Os proprietários do edifício deve ser lembrados que todos os sistemas dos seus edifícios, incluindo a membrana de cobertura em si, exige permanente manutenção periódica e uma cobertura verde não será diferente.

A *Rooftop Gardens Resource Group* em Toronto, uma organização de voluntários criada em 1993 para promover as coberturas verdes, registou um aumento constante no número de pedidos de informação provenientes de locais em todo o mundo, sobre as aplicações teóricas e práticas deste tipo de tecnologia urbana sustentável, no entanto, muita da informação existente, nomeadamente dados quantitativos, não são facilmente acessíveis ou até mesmo disponíveis em todas as línguas.

### **5.2.2 Falta de incentivos à implementação**

O desenvolvimento da indústria de coberturas verdes na Europa, é principalmente, o resultado de uma lei aprovada na Alemanha em 1989, exigindo a instalação destas coberturas nas novas construções. Uma evolução legislativa semelhante, bem como incentivos financeiros concedidos pelos governos municipais, como em Mannheim, Alemanha, criou mercados destas tecnologia para os edifícios novos e os existentes. A cidade de Mannheim aprovou uma lei em 1988, que exige aos construtores, a instalação de coberturas verdes na maioria dos edifícios industriais, comerciais e alguns empreendimentos residenciais, tanto novos como reconstruídos, no núcleo central da cidade. A lei aplica-se, aos telhados de edifícios ou estacionamentos, com área superior a 20 m<sup>2</sup>, com um declive inferior a 10°.

Em Portugal, não existem incentivos do governo para apoiar a difusão tecnologia de coberturas verdes, apesar de seus muitos benefícios, comprovados internacionalmente. Os principais tipos de apoios potenciais públicos identificados incluem:

- Investigação e projectos de demonstração.
- Prémios e subsídios para a implementação.
- Legislação, regulamentos e códigos de construção que exigem instalações.

Algumas razões para a falta de apoio governamental, são:

- Falta de informação facilmente acessível sobre os benefícios sociais, económicos e ambientais.
- Os benefícios são a longo prazo, enquanto os custos de implementação são imediatos, o que se torna um forte desincentivo para aqueles que pretendam aplicar esta solução.
- Muitos dos benefícios económicos, não são necessariamente adquiridos pelos construtores ou investidores.
- Não existem informações disponíveis sobre casos de sucesso locais.
- Muitos dos benefícios sociais, resultam da aplicação generalizada, sobretudo nas cidades, daí a necessidade de estímulo do governo no mercado. Depois dos incentivos governamentais apropriados serem implementados, a indústria será capaz de realizar projectos e trabalhar para superar outras barreiras.

### **5.2.3 Barreiras com base no seu custo inicial**

Mais informações devem ser reunidas sobre a gama completa dos custos e benefícios. A falta de informações detalhadas sobre os benefícios é agravada pela falta de informações sobre os custos associados. A não ser que as coberturas verdes, sejam parte de um novo projecto na sua fase inicial de concepção, elas são muito mais difíceis de vender a potenciais clientes.

Os diferentes tipos de custos de instalação incluem: os custos iniciais, os custos de manutenção e custos do tempo de vida útil (ou seja, a substituição de um telhado

pode custar mais do que a substituição de uma cobertura verde). A falta de dados sobre os custos e benefícios, estabelece uma série de obstáculos relacionados à sua implementação, centrada na economia da tecnologia e do mercado:

- Existe uma falta de compreensão, sobre os benefícios económicos directos e concretos a longo prazo. Isto significa, que os custos pareçam ser muito maiores do que realmente são e o mercado falha na condução desta implementação. Além disso, existem os desincentivos à aceitação dos benefícios a longo prazo pelo mercado.
- A tecnologia exige, muitas vezes, que os custos de manutenção sejam incluídos no orçamento inicial (quase todos as coberturas requerem algum tipo de manutenção). Os orçamentos para a manutenção são geralmente os primeiros a serem cortados quando os orçamentos ficam restritos.
- Os custos de manutenção a longo prazo devem ser reduzidos, especialmente desde que os danos para a envolvente do edifício sejam reduzidos, mas estes custos exactos, não são conhecidos. A manutenção a longo prazo, exige também um esforço e iniciativa por parte do proprietário/gerente do edifício.
- Custos adicionais de infra-estrutura podem ser necessários (ou seja, as passagens para permitir o acesso do público às coberturas verdes).

Existe uma falta de vontade perceptível dos decisores para entrar em investimentos a longo prazo, que muitas vezes produzem o maior grau de benefício público. Devido às pressões sobre as finanças públicas, os contratos governamentais estão a centrar-se demasiado no curto prazo, guiando assim, as tomadas de decisão para um decréscimo de qualidade, longevidade com e inovação.

#### **5.2.4 Aspectos Técnicos e riscos associados à incerteza**

A quarta categoria de obstáculos tem a ver com questões técnicas e as incertezas associadas. A maioria dos dados técnicos disponíveis ainda não foram testados em Portugal

O financiamento de pesquisas, patrocinada pelas partes interessadas da indústria, tem sido de difícil acesso. A natureza multi-disciplinar do tema, não permite a aplicação de fontes de financiamento específicas. É interessante notar que a

indústria da construção tem o menor orçamento para pesquisa e desenvolvimento, do que qualquer sector, em relação ao seu emprego e às receitas das contribuições.

Devido à falta de conhecimento no mercado, os projectistas devem constantemente “reinventar a roda” fazendo suposições sobre a capacidade de suporte de carga e compatibilidade entre as diferentes camadas de materiais, plantas e água.

Barreiras técnicas adicionais:

- A falta de produtos especializados no mercado, bem como a falta de exemplos construídos de coberturas verdes cria uma compreensível falta de confiança dos pressupostos clientes, tanto no projectista, como no conceito.
- O custo de produtos especializados também podem ser proibitivos e as tentativas de substituir essas matérias-primas naturais, por derivados reciclados secundários da indústria local, não foram bem sucedidos.
- Apesar da jardinagem se ter tornado um passatempo popular, a maioria dos “jardineiros”, têm pouca ou nenhuma experiência com as técnicas específicas para a criação e manutenção dos tipos de jardins nas coberturas. Isto é ainda mais inibitivo, pela falta de instalações específicas ou misturas de sementes disponíveis para compra. Na Europa, existem viveiros que se especializam no fornecimento de material vegetal, relva e sementes de misturas que são produzidos e comercializados especificamente para aplicações nas coberturas verdes. Semear directamente um jardim, apesar de ser mais barato por planta, necessita de mais manutenção inicial e mais irrigação.
- Dificuldades na gestão da manutenção de forma eficaz, onde a manutenção inadequada pode causar danos ao telhado (isto é, árvores e plantas lenhosas podem germinar de forma natural num telhado que foi feito apenas para vegetação rasteira).
- Os projectistas das coberturas verdes, podem não acompanhar a sua execução, fazendo com que possam existir preocupações da responsabilidade e da garantia das coberturas entre os clientes.
- As coberturas verdes requerem pessoal treinado para efectuar a manutenção, especialmente durante os primeiros anos. Uma falha na manutenção poderá resultar numa cobertura que não cumpre as suas funções, o que pode ser percebido como uma falha na tecnologia. A maioria dos problemas e falhas em sistemas de coberturas

verdes, são causados por instalações defeituosas ou danos durante a instalação, manutenção, drenagem inadequada ou negligência.

- Não existem normas técnicas para a indústria de coberturas verdes, o que significa que não existem normas ou códigos de construção ou de garantia.
- Se um telhado verde é para ser acessível aos moradores, ou ao público em geral, deve obedecer a determinados requisitos de construção. Esses elementos são muito mais fáceis para incluir no projecto inicial do que num edifício já existente.
- Pode ser tecnicamente difícil e arriscado a adaptação de coberturas existentes para suportar o peso de um jardim, especialmente se os requisitos estruturais não são bem conhecidos. Pode também haver incógnitas relativas a:
  - riscos de incêndio.
  - Relação a outros edifícios (sombreamentos, vento, microclima, etc.)
  - Efeito das coberturas verdes (pólen, folhas e sujidade) em unidades mecânicas.
  - Os requisitos de manutenção e custos.

## **Conclusão**

Muitas destas barreiras representam desafios padrão que resultam da implementação de novas tecnologias. Felizmente, grande parte das técnicas, políticas e informações de mercado, estão baseadas nas coberturas verdes disponíveis na Europa e podem ser adaptadas a Portugal.

As dificuldades em identificar os custos e benefícios das coberturas verdes, são talvez, o desafio mais difícil, tal como quantificar e garantir os benefícios económicos. Os benefícios ambientais e sociais, na ausência de políticas públicas, não encontram expressão no mercado.

## 5.4 Notas

1. (Minke, 1982, p. 11) 2. (Johnston, 1996, p. 10) 3. (Minke, 1982, p. 11) 4. idem 5. (Mercier, 1998) 6. (Gaudet, 1985, p. 24) 7. (Gaudet, 1985, p. 29) 8. (Johnston, 1996, p.14) 9. (Hoffman, 1995, p. 24) 10. (Hoffman, 1995, p. 24) 11. (Minke, 1982, pp. 11-12) 12. (Minke, 1982, p. 7) 13. (Minke, 1982, p. 14) 14. (Minke, 1982, pp. 14 and 26) 15. (Givoni, 1976) 16. (Liesecke, 1989, p. 16) 17. (Hooker, 1994, p. 3) 18. (Minke, 1982, p. 34) 19. idem 20. (Liesecke, 1989, p. 18) 21. idem 22. (Johnston, 1996, p. 11) 23. (Akbari, 1992, pp. 5-25) 24. (Minke, 1982, pg. 11) 25. 26. (Minke, 1982, p. 12) 27. (Minke, 1982, p. 11) 28. (Goode, 1986, p. 16) 29. (North American Wetland Engineering Society, 1998) 30. (Stifter, p. 156) 31. (idem, p. 1) 32. (Liesecke, 1989, p. 17) 33. idem 34. (Minke, 1982, p. 15) 35. (Liesecke, 1989, p. 17) 36. (Thompson, 1998, p. 50) 37. (North American Wetland Engineering, 1998) 38. (Johnston, 1996, p. 12) 39. (Allen, G. 1999. Personal Communication) 40. (Thompson, 1998, p. 49) 41. (Johnston, 1996, p. 75-6) 42. (Franke, 1994) 43. (Johnston, 1996, p. 12) 44. 45. (North American Wetland Engineering, 1998) 46. (Minke, 1982, p. 15) 47. (Hooker, 1994, p. 3) 48. (Minke, 1982, p. 15) 49. (Liesecke, 1989, p. 18) 50. (Liesecke, 1989, p. 19) 51. (Johnston, 1996, p. 49) 52. (Liesecke, 1989, p. 49) 53. (Minke, 1982, p. 18) 54. (Minke, 1982, p. 25) 55. (Ulrich, 1992, p. 95) 56. (Johnston, 1996, p. 32) 57. (Liesecke, 1989, p.13) 58. (Thompson, 1998, p. 49) 59. (Ulrich, 1992, pp. 96 and 4) 60. (Ulrich, 1992, p. 99) 61. (Ulrich, 1984) 62. 63. (Ulrich, 1992, p. 101) 64. (Johnston, 1996, p. 27) 65. (Johnston, 1996, p. 33) 66. (Ulrich, 1992, p. 98) 67. (Stifter, 1997, p. 156) 68. idem 69. (Johnston, 1996, p. 12) 70. (Johnston, 1996, p. 71) 71. (Johnston, 1996, p. 49)

Akbari, H., Davis, S., Huang, J., Liu, P., and Taha, H.; "The Urban Heat Island: Causes and Impacts"; in *Cooling our Communities*, Lawrence Berkeley Laboratory Report LBL-31587, 1992, pp. 5-25.

Givoni, B.; *Man, Climate, and Nature*, 2nd Edition; Van Nostrand Reinhold, New York, 1976.

Goode, Patrick; entry for "Mexico" in *The Oxford Companion to Gardens*; Oxford University Press, 1986, p. 371.

Hoffman, David; *Understanding Frank Lloyd Wright's Architecture*; Dover Publications, New York, NY, 1995.

Hooker, J. and Hendriks, N.; "The Green Roofs of Europe"; presented by The International Waterproofing Association at The 107th Annual Convention and Exhibit of the National Roofing Contractors Association, San Francisco, CA, 1994.

Johnston, J. and Newton, J; *Building Green, A Guide for Using Plants on Roofs, Walls and Pavements*; The London Ecology Unit, London, 1996.

Liesecke, H-J., Krupka, B., Brueggemann, H.; *Grundlagen der Dachbegruenung, Zur Planung, Ausfuehrung und Unterhaltung von Extensivbegruenungen und Einfachen Intensivbegruenungen*; Patzer Verlag, Berlin - Hannover, 1989.

Mercier, G.; "Energy Sector.;" in *Canada Country Study: Climate Impacts and Adaptation*, Environment Canada, 1998.

Minke, G. und Witter, G.; *Haeuser mit Gruenem Pelz, Ein Handbuch zur Hausbegruenung*; Verlag Dieter Fricke GmbH, Frankfurt, 1982.

North American Wetland Engineering, P.A.; "Ecology, Construction, and Benefits"; in *ReNature/NAWE Green Roof Product Literature*, Minnesota, May 18, 1998.

Smith, C.; "How to Eat, Drink, and Keep Cool"; in *The Toronto Star*, Saturday, July 5, 1997; p. C5.

Stifter, R.; "Greenery on the Roof: a Futuristic, Ecological Building Method"; in

Thompson, Wm.; "Grass-Roofs Movement"; in *Landscape Architecture, The Magazine of the American Society of Landscape Architects*, May 1998, Volume 88, No. 6, pp. 47 . 51.

Ulrich, R.S. and Parsons, R.; "Influences of Passive Experiences with Plants on Individual Well-being and Health"; in *The Role of Horticulture in Human Well-being and Social Development*, Chapter 15, Timber Press Inc., 1992.

Ulrich, R.S.; "View from a Window May Influence Recovery from Surgery"; in *Science*, Volume 224, April 1984, pp. 420-21.

## Capítulo 6

---

### Seu contributo para a eficiência energética e sustentabilidade

6.1 O habitat urbano insustentável

6.2 A reacção internacional

6.3 A sustentabilidade em Portugal

6.4 Alguns desafios da construção sustentável

6.5 A sustentabilidade no projecto de arquitectura

6.6 Algumas questões

6.7 Notas

### 6.1 O habitat urbano insustentável

A utilização dos recursos do Planeta, segundo o modelo da sociedade ocidental actual, conduziu-nos a um estado de evidente *insustentabilidade*. A degradação das condições ambientais indica que em breve teremos dificuldade em nos adaptar ao habitat que nós próprios criámos. Algumas evidências das irregularidades ambientais, por acção humana, são a crescente imprevisibilidade do clima, o desequilíbrio de alguns ecossistemas, a redução da extensão de solo fértil, a extinção de espécies e o esgotamento dos recursos minerais.

No futuro prevê-se que a pressão sobre o ambiente tenderá a intensificar-se, uma vez que o continuado crescimento da população mundial (até 2050 estima-se um crescimento de 70%), na sua grande maioria concentrada nas cidades, contribuirá para agravar os problemas de congestionamento, poluição, esgotamento dos recursos, exclusão social, etc. De entre os factores de degradação do ambiente é importante salientar o papel dos edifícios, que são responsáveis por 50% do consumo mundial de combustíveis fósseis e 50% da emissão de gases com efeito de estufa<sup>1</sup>.

Face a este cenário, considera-se que, se pretendemos assegurar a longevidade e qualidade do nosso habitat, a sustentabilidade ecológica representa o maior desafio da actualidade. Efectivamente, encontramos-nos envolvidos num processo que só nós podemos inverter e onde a intervenção no território, integrando sociedade e ambiente, se apresenta como a principal plataforma para uma correcção da situação actual.

### 6.2 A reacção internacional

Perante a evidência dos problemas sociais e ambientais, que resultaram do rápido e pouco controlado processo de crescimento urbano, emergiu o conceito de *sustentabilidade*, segundo o qual a satisfação das necessidades presentes não pode comprometer a possibilidade de satisfação das necessidades das gerações futuras.

Em torno deste conceito, estabeleceu-se uma plataforma de consenso internacional sobre a necessidade de consolidar princípios e directivas de intervenção sustentável, da qual resultaram vários documentos que hoje devem ser aplicados no território português (ex., relatório *Urban Strategy*, manual *Green Vitruvius*, etc.).

Desde a Cimeira da Terra, de 1992, que muitos governos locais estão empenhados na implementação da *Agenda Local 21 local* e na criação de planos de acção para o desenvolvimento sustentável nas suas diversas vertentes.

No que diz respeito aos edifícios, a *Agenda 21 para a Construção Sustentável* (CIB 1999) apontou como o maior desafio para a indústria da construção a melhoria dos parâmetros ambientais, repensando o processo construtivo em nome do desenvolvimento sustentável.

### **6.3 A sustentabilidade em Portugal**

Em Portugal evidenciam-se também vários problemas de sustentabilidade ambiental, dos quais se destacam os seguintes:

- Portugal era, em 2001, o segundo país da União Europeia a consumir mais água *per capita* e o que menor percentagem de águas residuais tratava<sup>2</sup>. Simultaneamente, a protecção dos solos e águas subterrâneas é o menor domínio de protecção ambiental do Estado<sup>3</sup>.
- Nos últimos anos as despesas dos municípios na gestão dos resíduos têm sido o maior domínio de investimentos para protecção ambiental. No entanto, em 2001, das cerca de 4.800 mil toneladas de resíduos recolhidas apenas 240 mil toneladas foram recicladas, vendidas ou cedidas<sup>4</sup>.
- Em parte devido aos elevados níveis de conforto bioclimático do clima português, o consumo de energia *per capita* é o mais baixo da União Europeia, tal como as emissões de CO<sub>2</sub> *per capita*<sup>5</sup>. No entanto, Portugal depende energeticamente de outros países pelo que a medição do seu desempenho ambiental, aparentemente bom no domínio energético, deve integrar emissões de CO<sub>2</sub> externas.

- Em Portugal de 1970 a 2000 o parque habitacional teve um acréscimo de 78% o que permitiu superar a crónica carência habitacional (em 2001 existiam 5,36 milhões de habitações para 3,7 milhões de famílias<sup>6</sup>). No entanto, este parque habitacional, que consumiu importantes recursos e ocupa valioso solo urbano, possui uma qualidade construtiva deficiente, apresenta sinais de degradação e está parcialmente desocupado.

A influência da conjuntura internacional e a evidência de alguns problemas de sustentabilidade ambiental no território nacional levou a que também em Portugal o tema da sustentabilidade seja recorrente no discurso político e no meio científico. Este facto ficou bem evidente com a apresentação em 2002 da "Estratégia Nacional de Desenvolvimento Sustentável", que elegeu como segunda linha de orientação a promoção de uma política de ordenamento do território sustentável.

Assim, apesar dos problemas em termos de sustentabilidade ambiental, existem sinais de que os poderes de decisão nacionais têm a intenção de desenvolver acções com vista a contribuir para um desenvolvimento mais sustentável para Portugal sendo a tecnologia de coberturas verdes um grande apoio para esse desenvolvimento.

#### **6.4 Alguns desafios da construção sustentável**

A aplicação do conceito de sustentabilidade ao sector da construção coloca alguns desafios que importa analisar.

1. A sustentabilidade, sendo uma questão ética, começa na educação e na sensibilização da população. Embora esta seja uma área onde se têm feito grandes esforços, nomeadamente junto das gerações mais novas, não existe ainda uma nova cultura do habitar sustentável. Assim, é necessário prosseguir com as acções de divulgação, abordando de forma integrada as diversas contribuições do quotidiano dos cidadãos para a sustentabilidade.

2. Em simultâneo, é necessário que o discurso sobre a importância da sustentabilidade seja concretizado pelo meio técnico. Para isso, é necessário apostar

na formação dos projectistas, empreiteiros e promotores, e realizar um esforço de preparação da indústria para os novos horizontes da construção sustentável.

3. A evidência dos problemas ambientais incentivou a realização de numerosos empreendimentos e edifícios que incorporam estratégias de sustentabilidade em Portugal e sobretudo no estrangeiro. Para orientar políticas de intervenção e apoiar a intervenção do meio técnico, é necessário realizar estudos de investigação que permitam analisar os exemplos existentes, sistematizar e adequar os conhecimentos à realidade portuguesa, e propor medidas inovadoras, tais como a utilização de coberturas verdes.

4. O solo, as fontes de energia, a água, a biodiversidade, são recursos necessários e insubstituíveis na preservação do nosso habitat. A construção sustentável deve assegurar a conservação e a valorização destes recursos, encontrando para cada um, respostas adequadas. É necessário responder de forma integrada, pois nenhum destes recursos pode ser excluído, sob pena dos esforços parciais se tornarem inúteis.

5. O sector da habitação é privilegiado para se obterem resultados significativos em termos do desempenho ambiental dos edifícios e da sensibilização dos habitantes. Para alcançar um bom desempenho ambiental existem actualmente várias abordagens no domínio da arquitectura: algumas recorrem às novas tecnologias e a materiais inovadores, outras propõem o retorno à construção tradicional ligada aos recursos locais e à integração na natureza, e outras ainda cruzam estas duas tendências em nome de uma nova arquitectura habitacional. No entanto, em Portugal ainda existem desequilíbrios *quantitativos* no parque habitacional por superar, não existe um sistema de definição e gestão da *qualidade* da habitação e colocam-se desafios incontornáveis de *sustentabilidade* ambiental. Perante este panorama, é necessária uma política nacional de habitação, onde a regulamentação, incentivos ou apoios às coberturas verdes poderão abordar de forma integrada as três prioridades: quantidade, qualidade e sustentabilidade.<sup>7</sup>

6. As intervenções de reabilitação são também oportunidades de promover a sustentabilidade ambiental. O edificado existente não pode simplesmente ser transformado em mais toneladas de resíduos por tratar. Pelo contrário, a sua reabilitação é, para além de um acto de valorização dos recursos históricos, uma via para a conservação dos recursos ambientais. É portanto necessário desenvolver

intervenções de reabilitação do meio edificado que conciliem a preservação do património, a actualização das condições de funcionalidade e conforto, e a melhoria do desempenho ambiental como é descrito no capítulo 5.

7. Mas se muito se escreve sobre sustentabilidade na construção pouco ainda se faz para pôr em prática os objectivos de sustentabilidade em território nacional. Neste sentido, é necessário definir objectivos concretos de sustentabilidade ambiental para o sector da construção e aferir regularmente os seus indicadores de concretização.

## **6.5 A sustentabilidade no projecto de arquitectura**

Para os arquitectos não é fácil enfrentar os desafios que a aplicação do conceito de sustentabilidade coloca. A redução de consumos de energia, a substituição das fontes convencionais por fontes renováveis, a redução de consumos de água, a gestão ecológica do ciclo da água no edifício, a gestão dos resíduos decorrentes do uso quotidiano, a utilização de materiais com bom desempenho ecológico, a optimização da construção, a flexibilização do uso dos espaços, são os principais objectivos de sustentabilidade ambiental que o projecto de arquitectura pode e deve abordar, tendo em mente soluções como as coberturas verdes. Actualmente, estes objectivos são ainda complementares ou alternativos, mas no futuro poderão ser requisitos obrigatórios.

Estes novos requisitos poderão ter implicações nos edifícios que interessa perspectivar:

- *A redução de consumos de energia e substituição das fontes convencionais por fontes renováveis*, nomeadamente integrando dispositivos de geração de energia, poderá obrigar a alterar a forma como concebemos o invólucro dos edifícios;
- *A optimização da construção* poderá implicar um processo construtivo mais racional, mais eficiente, mais limpo, recorrendo por exemplo à pré-fabricação;

- *A flexibilização do uso dos espaços* poderá levar a retomar ideias de neutralidade, poli-funcionalidade, adaptabilidade, evolutividade, agora suportadas pelo recurso a novas tecnologias construtivas;
- *A redução de consumos e gestão ecológica do ciclo da água e a redução e gestão dos resíduos decorrentes do uso quotidiano* embora sejam geralmente vistas como questões infra-estruturais e por isso direccionadas para a escala do planeamento urbano, poderão implicar a instalação de novos equipamentos no edifício e a formação de uma nova cultura do habitar;
- Por último, *a utilização de materiais com um bom desempenho ecológico* é também uma questão orientada para a gestão do mercado, visto que a oferta de materiais construtivos com baixo impacte ambiental é já bastante grande, no entanto a sua divulgação e certificação está ainda pouco vulgarizada para todos os tipos de materiais. Integrar os objectivos de sustentabilidade ambiental nos edifícios, associando qualidade ambiental e qualidade arquitectónica, é o grande desafio que se coloca aos arquitectos.

## 6.6 Algumas questões

Sendo a sustentabilidade uma orientação que só recentemente foi formalmente assumida pela arquitectura, colocam-se ainda várias questões.

1. A sustentabilidade na arquitectura, com origens na utopia e na vanguarda, tornou-se hoje, paradoxalmente, numa tendência que invadiu o mercado. Esta ascensão recente deverá colocar-nos numa posição optimista, dado ter sido conseguida uma eficaz sensibilização da comunidade profissional e do público. Mas quais os riscos de tratar a saúde do nosso habitat por via de uma moda? Se a ética da ecologia atingiu as massas por esta via, com que profundidade será tratada no projecto de arquitectura? Quais os perigos de a sustentabilidade se transformar em apenas mais uma estratégia de marketing?

2. A sustentabilidade na arquitectura não é uma preocupação recente. John Ruskin reflectiu sobre a identidade humana num mundo dominado e destruído pela

máquina, Frank Lloyd Wright trabalhou sobre a conciliação de arquitectura e natureza, e Walter Gropius empenhou-se na racionalização do processo de construção. Para desenvolver uma arquitectura ecologicamente sustentável será necessário inventar o futuro ou redescobrir o passado?

3. Em nome de uma maior sustentabilidade, a arquitectura bioclimática reúne princípios que, tanto deram origem a estéticas particulares, como foram assimilados por uma estética pré-existente, tornando-se quase invisíveis. Assim, devemos pensar a ecologia como uma atitude que se aplica a todas as tendências arquitectónicas ou como uma tendência arquitectónica em si? Será a bioclimática mais uma especialidade a acrescentar ao projecto de um edifício ou parte integrante da concepção arquitectónica?

4. Observando vários exemplos de arquitectura ecológica podem-se sintetizar-se as principais tendências em três preocupações, nomeadamente:

- A utilização de estruturas leves, flexíveis, expansíveis, desmontáveis e compostas por materiais renováveis;
- O desempenho das funções de isolamento, iluminação, ventilação e geração de energia através dos elementos secundários da envolvente (palas, caixilhos, cortinas, etc.);
- A criação de elementos de massa que proporcionam boas condições climáticas com o recurso a tecnologias passivas e recuperando sistemas construtivos tradicionais.

Mas serão estas as estratégias essenciais para uma arquitectura ecológica? E quais as suas reais implicações na concepção arquitectónica?

Após a descrição dos benefícios da tecnologia de coberturas verdes e as preocupações a nível sustentável e de eficiência energética, conclui-se que esta tecnologia, tal como foi demonstrada noutros países, pode ser uma grande ajuda para amenizar alguns problemas inerentes ao desenvolvimento urbano em Portugal.

## 6.7 Notas

- 1 P.F. Smith, Architecture in a climate of change, Architectural Press 2001
- 2 Housing Statistics 2002, Additional data on sustainable housing, DGATLP e dados da OCDE de 1999
- 3 Estatísticas do Ambiente 2001. Instituto Nacional de Estatística
- 4 Idem
- 5 Housing Statistics 2002, Additional data on sustainable housing, DGATLP e com dados da OCDE de 1999
- 6 Secretaria de Estado da Habitação, O sector da habitação no ano 2000
- 7 A. R. Cabrita, J.P. Branco, J. Mourão, Qualidade, Quantidade e sustentabilidade habitacional, LNEC 2003

## Capítulo 7

---

### Requisitos técnicos a satisfazer na construção

- 7.1 Terra vegetal
- 7.2 Vegetação
- 7.3 Camada filtrante
- 7.4 Camada drenante
- 7.5 Sistema de impermeabilização
- 7.6 Camada de forma
- 7.7 Estrutura resistente
- 7.8 Tecnologia
- 7.9 Manutenção e conservação
- 7.10 Notas

## **7. REQUISITOS TÉCNICOS A SATISFAZER NA CONSTRUÇÃO**

Os requisitos técnicos a satisfazer pelas coberturas ajardinadas estão descritos, por exemplo, na documentação técnica “As especificidades das coberturas ajardinadas”<sup>1</sup>.

Podemos referir como sendo do maior interesse os seguintes aspectos:

### **7.1 Terra vegetal e vegetação**

O principal requisito para ser considerado uma cobertura ajardinada é ter na sua constituição terra vegetal e vegetação. Tem como parâmetro mais importante a espessura da camada de terra vegetal, pois é esta que possibilita o desenvolvimento satisfatório da vegetação.

Como foi dito anteriormente, existem dois tipos de terraços jardim distintos, sendo o porte da vegetação aplicada que vai fazer a principal diferença entre eles. Esta diferença vai implicar diferenças na espessura da camada de terra vegetal, que pode atingir valores mínimos da ordem dos 0,30m, até valores correntes de 1,0m para vegetação intensiva, sendo possível reduzir a espessura para 0,20m, no caso de alguns tipos de herbáceas e com irrigação controlada.

O valor mínimo para vegetação extensiva é de 0,10m, podendo tomar valores de 0,08m, sendo designados neste caso de substratos, devido aos seus constituintes serem diferentes dos geralmente usados nas coberturas com vegetação intensiva. Os substratos podem ser constituídos por materiais vulcânicos (pozolanas) ou por materiais orgânicos (casca de pinheiro). No caso de coberturas com vegetação intensiva, a superfície de terra afecta a cada espécie deve ser, pelo menos, igual à projecção horizontal da respectiva copa.

Musgos, camécitos, saxifragas e gramíneas são os tipos de vegetação mais correntes utilizadas nas coberturas em terraço, devido à sua resistência à escassez de água, o que permite aligeirar o processo de irrigação e o seu controlo.

Para melhor enquadramento com a envolvente, podem ser utilizadas espécies vegetais naturais da zona, onde a cobertura está inserida.

A título de exemplo, uma empresa inglesa (Vella Ltd), apresenta a sua gama de 15 espécies de vegetação que comercializa, demonstrando a diversidade de cores e texturas a implantar numa cobertura.



Fig 13 Sedum Acre



Fig 14 Sedum Aizoon



Fig 15 Sedum Album



Fig 16 Sedum Ellacombianum



Fig 17 Sedum Floriferum



Fig 18 Sedum Hispanicum



Fig 19 Gold Sedum Czar hybridum



Fig 20 Sedum montanum



Fig 21 Sedum Oktoberfest



Fig 22 Sedum Oreganum



Fig 23 Sedum pulchellum



Fig 24 Sedum Rupestre



Fig 25 Sedum Sexangulare



Fig 26 Sedum spurium



Fig 27 Sedum Fabaria Telephium

## **7.2 Camada filtrante**

Deve existir uma camada cujo objectivo é reter os finos e os nutrientes da terra vegetal não permitindo que os vazios da camada drenantes subjacentes fiquem tapados. Os constituintes da camada filtrante devem ter elevada permeabilidade à água, resistência a acções mecânicas, com especial atenção ao funcionamento e ao rasgamento, e devem ser relativamente inalteráveis face às características da terra vegetal sobrejacente.

Geralmente são utilizados geotêxteis em formas de feltros de diversos materiais. Estes feltros podem ser caracterizados pela sua espessura, dos quais se podem distinguir os delgados com espessura inferior a 2mm, estando incluídos neste pacote os feltros não tecidos de fibras de polipropileno ou de poliéster e os feltros agulhados de fibras acrílicas e de poliamida, e os espessos com espessura da ordem dos 25mm, como é o caso dos feltros de lã de vidro.

## **7.3 Camada drenante**

A camada drenante melhora o escoamento da água até às aberturas dos dispositivos de evacuação. Podem referir-se dois grupos que se distinguem pela capacidade de armazenar, ou não, uma quantidade significativa de água. Os granulados de argila expandida, de xisto expandido ou de pozolanas e placas cerâmicas nervuradas inserem-se no grupo com capacidade de armazenar água, enquanto os calhaus rolados, ou seixos e as placas nervuradas de poliestireno expandido integram o outro grupo. Estes últimos, além de exercerem um maior contributo para o isolamento térmico da cobertura, têm a vantagem de constituir uma camada bastante mais leve que as restantes.

Os materiais granulares devem ter uma granulometria o mais uniforme possível, de modo a que o índice de vazios seja máximo, permitindo assim um escoamento da água mais rápido.

A espessura da camada drenante com materiais granulares não deve ser inferior a 0,10m. Nos casos em que a espessura da camada de terra seja superior a 0,80m, a camada drenante deve ter uma espessura mínima de 0,15m.

Apesar da camada drenante ser imprescindível na maioria das coberturas ajardinadas, esta pode ser dispensada em certos tipos de vegetação extensiva, onde a necessidade de água, por parte da vegetação, é diminuta. Nestes casos é o substrato que desempenhará as funções da camada drenante.

#### **7.4 Sistema de impermeabilização**

Os sistemas de impermeabilização utilizados nas coberturas verdes são do mesmo tipo dos utilizados nos terraços com outras utilizações, mas com a particularidade do sistema não poder ser atravessado pelas raízes das plantas. Esta acção torna-se mais relevante no caso de sistemas com produtos betuminosos, já que as raízes dispõem duma quantidade importante de nutrientes na camada de matéria orgânica dos betumes.

Tradicionalmente, a solução para evitar a aproximação das raízes ao sistema passava por uma camada compacta e relativamente espessa de betão, mas presentemente há soluções mais apropriadas, tais como, a incorporação de um produto anti-raízes na mistura betuminosa da membrana aparente do sistema (éteres de ácido gordo p.e), o qual terá um efeito químico sobre as raízes e não mecânico como no caso da camada de betão.

#### **7.5 Camada de forma**

Este tipo de solução, não tem nada de particular em relação às soluções usadas nos outros tipos de coberturas em terraço. É a camada que, quando existe, define a pendente da cobertura.

Segundo o RGEU<sup>2</sup> esta deve assumir um valor mínimo de 2%. Este limite não está apenas relacionado com a durabilidade do sistema de impermeabilização, mas também como desempenho da generalidade das espécies vegetais, pois algumas delas poderão morrer por asfixia se o teor de água na camada de terra for demasiado elevado durante períodos prolongados de tempo.

## **7.6 Estrutura resistente**

Nos casos de coberturas com vegetação intensiva é obrigatório, até por razões económicas, a estrutura resistente ser formada por lajes de betão armado. Nos casos em que é utilizada uma vegetação extensiva, a estrutura resistente, além de poder ser de betão armado, pode também ser de madeira ou de chapa metálica.

A redução das acções permanentes devido à menor espessura da camada de terra permite utilizar uma estrutura menos resistente.

## **7.7 Tecnologia**

Segundo *“The International Green Roof Association”*<sup>3</sup>: para o sucesso da colocação/plantação e maior duração da vegetação é crucial considerar as condições climatéricas locais. A camada de vegetação e as colónias de plantas podem ser modificadas de acordo com as condições do terreno; quanto à altura da cobertura e a inclinação da mesma; e quanto ao clima.

Considerações adicionais incluem: exposição ao vento, poluição do ar, variação de temperatura bem como a iluminação local e as condições de humidade. Mesmo num único telhado várias condições microclimáticas podem ocorrer.

## **7.8 Manutenção e Conservação**

Neste tipo de coberturas é muito importante realizar-se todos os anos uma manutenção adequada, com visitas periódicas de inspecção, para assegurar o bom funcionamento da cobertura. O utilizador deve tomar medidas especiais quando realizar trabalhos de jardinagem e evitar a compactação da terra para plantação através de maquinaria.

Quando se observarem humidades na laje debaixo da cobertura, podendo provocar um efeito negativo sobre os elementos estruturais, deverá proceder-se à inspecção e correcta resolução do problema através de um técnico especializado.

Devido a razões de incompatibilidade de materiais, deverá evitar-se que a tela asfáltica esteja em contacto com gorduras, asfaltos, betumes ou poliestireno, segundo o tipo de material aplicado.

Deve-se evitar ou fixar elementos que perfurem a membrana ou que possam dificultar o seu correcto escoamento.

A manutenção e inspecção devem consistir nos seguintes pontos principais:

- Eliminar qualquer tipo de vegetação não desejada;
- Eliminar materiais ou objectos acumulados pela acção do vento;
- Conservar os elementos de alvenaria relacionados com o sistema de estanquidade, como por exemplo, beirais, etc.;
- Proceder à recolha periódica dos sedimentos que se possam formar na cobertura por retenções ocasionais de água;
- Eliminar a neve (onde se verificar a sua ocorrência) que obstrua as aberturas de ventilação da cobertura;
- Após um período de fortes chuvas, neve ou ventos, deverá verificar-se o aparecimento de humidades, tanto no interior, como no exterior do edifício, como resultado da obstrução dos sistemas de evacuação de água;
- No caso das coberturas sem protecção pesada, é necessária a comprovação da fixação da impermeabilização ao suporte e reparação dos defeitos observados.

Existem algumas operações de manutenção e conservação de alguns elementos das coberturas para que estas consigam exercer as funções para as quais foram projectadas e construídas, que são as seguintes:

- Encontro da vertente com os paramentos – De 3 em 3 anos, ou antes, se for detectada alguma anomalia, será realizada uma revisão dos encontros das vertentes para ajardinar com os paramentos verticais, inspeccionando o aparecimento de goteiras ou qualquer outro tipo de dano.

- Junta de dilatação em vertentes – Uma vez por ano, ou antes, se for observada alguma anomalia, examinar as juntas de dilatação reparando as anomalias detectadas.
- Laró – De 3 em 3 anos, ou antes, se for observada anomalias, realizar uma revisão de todos os larós, fazendo a reparação das anomalias detectadas.
- Encontro da vertente com algeroz – No máximo uma vez por ano limpar a caleira e o ralo. Na época de geadas, eliminar o gelo que se forme sobre o ralo para evitar obstrução conduzindo a um mau funcionamento do ralo. De 3 em 3 anos, ou antes, se forem detectadas anomalias, fazer uma revisão dos encontros.

A reparação da cobertura deve ser realizada por técnicos especializados, com equipamento adequado, como por exemplo, calçado de sola branda. Na utilização de ferramentas ou máquinas deve-se ter um especial cuidado para que durante a manutenção da zona ajardinada não compactar a terra para plantação e não danificar a estanquidade da cobertura.

A circulação das máquinas, só em último recurso e se possível deverão ser munidas de pneumáticos, devem respeitar os limites de carga impostos pela documentação técnica.

## **7.10 Notas**

1- Lopes, Jorge M. Grandão (2005), As especificidades das coberturas ajardinadas - Comunicação, Lisboa, Laboratório Nacional de Engenharia Civil.

2 RGEU-Regulamento Geral das Edificações Urbanas

Coberturas verdes intensivas

Coberturas verdes extensivas

## Coberturas verdes intensivas



Fig 28 – LDS Assembly Hall - Salt Lake City, Utah



Fig 29 – LDS Assembly Hall - Salt Lake City, Utah



Fig 30 – Manhattan, New York



Fig 31– Hospital de reabilitação de Schwab - Chicago, Illinois



Fig 32– Hospital de reabilitação de Schwab - Chicago, Illinois



Fig 33– Hospital de reabilitação de Schwab - Chicago, Illinois

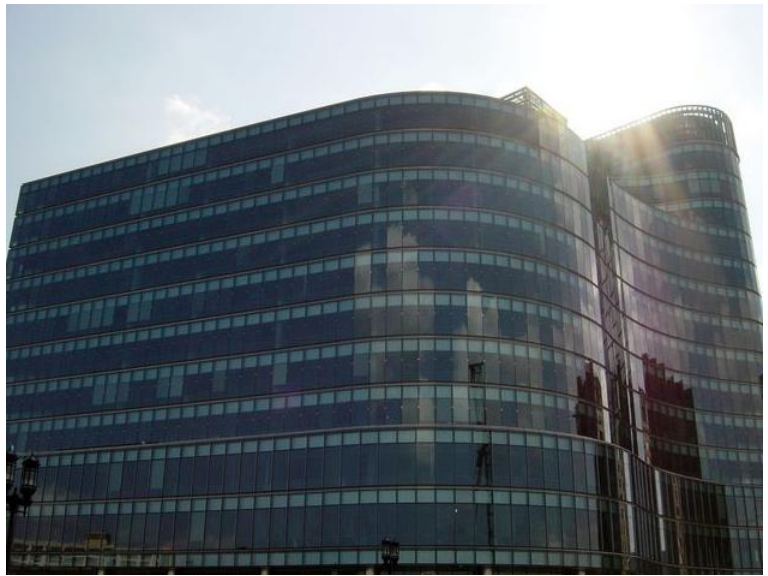


Fig 34– Rua do Congresso 601 - Boston, Massachusetts

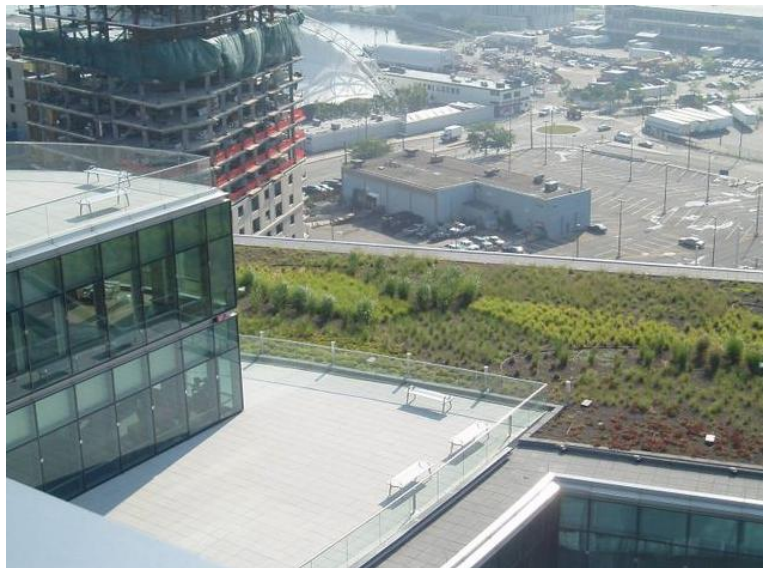


Fig 35- Rua do Congresso 601 – Boston, Massachusetts



Fig. 36 – Rua do Congresso 601 – Boston Massachusetts

- 
- 
- 
-

## Cobertura verde extensiva



Fig 37– Biblioteca de Ballard - Seattle, Washington



Fig 38– Biblioteca de Ballard - Seattle, Washington



Fig 39 – Museu Histórico de la Vendée, no Oeste de França



Fig 40 – Biblioteca da cidade de Vancouver - Vancouver, Colúmbia Britânica (Província do Canadá)



Fig 41 – Biblioteca da cidade de Vancouver - Vancouver, Colúmbia Britânica (Província do Canadá)



Fig. 42– Biblioteca da cidade de Vancouver - Vancouver, Colúmbia Britânica (Província do Canadá)

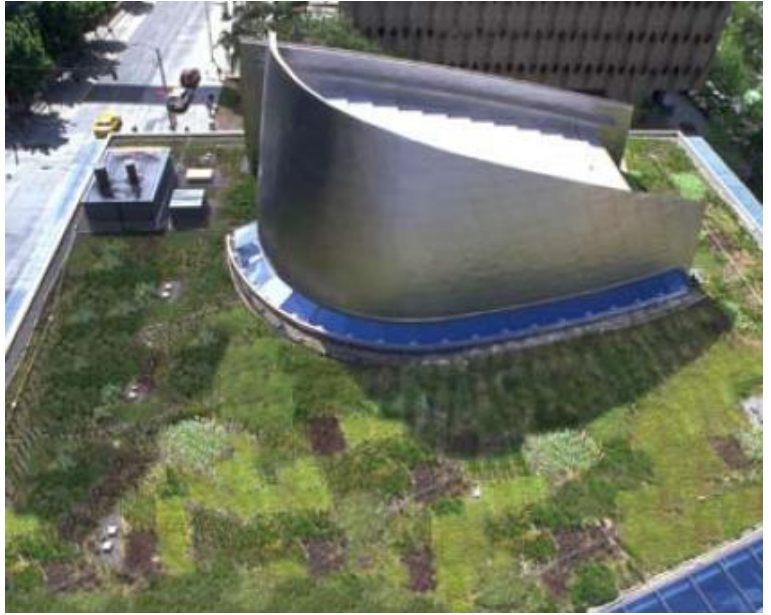


Fig 43 – Seattle City Hall, Washington



Fig 44– Seattle City Hall, Washington

9.1 Materiais constituintes

9.2 Coberturas planas (0°-10° de inclinação)

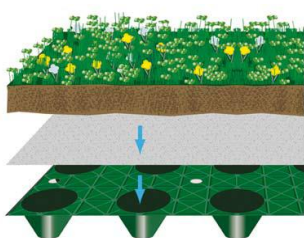
9.3 Coberturas inclinadas (10°-40° de inclinação)

9.4 Notas

## 9.1 Materiais constituintes

Os materiais constituintes das coberturas verdes, podem ser resumidos à terra vegetal/solo, vegetação, camada filtrante, camada drenante, camada de impermeabilização e camada de forma, onde existe uma grande variedade de produtos para cada camada, dependendo do país ou fabricante. Sendo pouco relevante a descrição qualitativa das mesmas nesta dissertação.

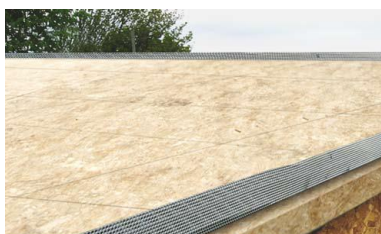
## 9.2 Coberturas planas (0°-10° de inclinação)<sup>1</sup>



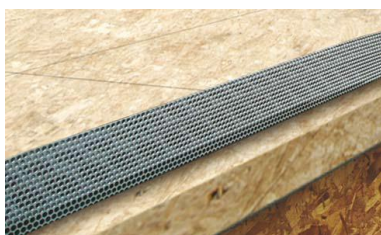
45-esquema do funcionamento do sistema de drenagem



46-foto da membrana de drenagem



47- preparação do telhado



48- preparação do telhado 2



49-membrana de impermeabilização



50-camada de drenagem



51-membrana anti-raiz



52-solo



53- distribuição do solo regularmante



54- plantação da vegetação

### 9.3 Coberturas inclinadas (10°-40° de inclinação)<sup>2</sup>



55- modelo do sistema

56-materiais chave

57-preparação do telhado

58-preparação das extremidades  
do telhado

59- membrana de  
impermeabilização

60-menbrana de  
impermeabilização 2

61- membrana de  
impermeabilização 3

62- membrana de  
impermeabilização 4



63- membrana de impermeabilização 5

64. acabamentos nas extremidades

65- penetrações no telhado (chaminés)

66-aplicação de ganchos de suporte

67-fixação dos ganchos de suporte

68- selar os parafusos de suporte

69- aplicação dos paramentos nas extremidades

70- paramentos concluídos



71 – aplicação da membrana de drenagem



72-acabamentos da membrana de impermeabilização



73- cortes estratégicos na membrana para ficar á medida



74-fixação da membrana com pregos



75- alinhamento dos pregos de fixação



76-fixação nos paramentos laterais



77- continuação da aplicação da membrana



78-membranas paralelas na aplicação



79- junções da membrana

80-selagem das junções

81-aplicação no topo do telhado

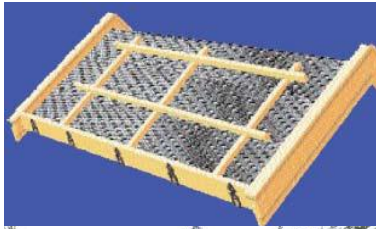
82-acabamento da instalação da membrana de drenagem

83- acabamento em volta da chaminé

84- aplicação de condutas de drenagem

85- telhado pronto para receber as plantas

86- banda protectora, para que a água não se infiltre sob a membrana



87-esquema do telhado pronto a receber o solo



88- aplicação do solo



89- distribuição homogénea do solo sobre o telhado



90-aplicação da vegetação



Cobertura verde concluída

#### **9.4 Notas**

- 1-Guia de construção da empresa OLDROYD para coberturas planas
- 2-Guia de construção da empresa OLDROYD para coberturas inclinadas

## Capítulo 10

---

### Conclusões

## Conclusões

Esta dissertação conclui que os benefícios das coberturas verdes podem trazer para o ambiente urbano são potencialmente amplos, mas que muitos destes benefícios só realmente se concretizar-se-ão se houver um esforço concertado para promover as coberturas ao mais alto nível (governo, normas, regulamentações) ou se os ganhos financeiros possam ser comprovados.

Os investigadores não são susceptíveis de querer especificar se as coberturas verdes são vistas simplesmente como um custo extra apenas com funções de longo prazo. As tendências actuais das coberturas verdes têm benefício limitado, porque são normalmente concebidas em pequeno número, para fins específicos, restringindo a sua capacidade de atenuar os diversos problemas associados com alta densidade de áreas urbanas. No entanto, com a prática e as políticas de desenvolvimento local, a política nacional pode seguir estimulando a propagação da instalação desta tecnologia e uma maior variedade de modelos.

As investigações em curso para melhorar as coberturas, para maximizar as suas funções, devem resultar num melhor conhecimento desta tecnologia para atender a uma variedade de funções.

Como o mercado se desenvolve e os exemplos de "boas práticas" estão espalhados por todo o mundo, os telhados verdes têm claramente o potencial de desempenhar um papel importante na mitigação do aumento das densidades urbanas, nas reduções das necessidades energéticas, no conforto térmico e acústico, na protecção de ecossistemas, melhoria da qualidade do ar, gestão de água pluviais, protecção dos edifícios e em definitivo na melhoria estética que promove nas urbanizações.

Vários métodos construtivos de coberturas verdes estão agora disponíveis com diferentes tipos que são mais apropriados para diferentes situações. Várias empresas concorrentes apresentam a sua proposta e recomendação construtiva para as coberturas verdes para cumprir os objectivos diferentes, como a biodiversidade, a estética ou o controle de inundações devem trabalhar em conjunto para a aplicação de telhados verdes como uma ferramenta de mitigação de verdade para um aumento da densidade urbana, desenvolvendo o seu papel na criação de "cidades habitáveis".

## Referências bibliográficas

---

## **Bibliografia geral**

- A.A.V.V. – **Inserções: Seminário Internacional de Desenho Urbano**. Coimbra : E|D|Arq, 2003.
- ALLSOPP, Bruce – **Modern Theory of Architecture**. Londres : Routledge & Kegan Paul plc, 1977.
- AMENDOLA, Giandomenico – **La Ciudad Postmoderna**. Madrid: Celeste Ediciones, 2000.
- ARGAN, Giulio Carlo – **Arte e Crítica de Arte**. Lisboa: Editorial Estampa, 1988.
- ARGAN, Giulio Carlo; FAGIOLO, Mamizio – **Guia de História de Arte**. Lisboa: Editorial Estampa, 1992.
- BAUMAN, Zygmund. **Globalização, as consequências humanas**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 1999.
- BENEVOLO, Leonardo — **A cidade e o Arquitecto**. Lisboa: Edições 70, 1984.
- BENEVOLO, Leonardo — **As origens da Urbanística Moderna**. Lisboa: Editorial Presença Lda, 1981.
- BENEVOLO, Leonardo – **Diseño de la Ciudad**. Barcelona: Editorial Gustavo Gili, 1977. 5vols.
- BENEVOLO, Leonardo – **História da Cidade**. [s.l.] : diversos, 1999.
- CALVINO, Ítalo – **As Cidades Invisíveis**. Lisboa : Editorial Teorema, 2008.
- CORDEIRO, G. Índias; VIDAL, Frédéric – **A Rua: espaço, tempo, sociabilidade**. Lisboa : Livros Horizonte, 2008.
- DONNE, M. Delle – **Teorias Sobre a Cidade**. Lisboa : Edições 70, [s.d.].
- GOITIA, Fernando Chueca – **Breve História do Urbanismo**. 2ª ed. Lisboa: Editorial Presença, 1989.
- GORJÃO, Jorge – **Lugares em teoria**. Casal de Cambra: Caleidoscópio, 2007.
- HEIDEGGER, Martin – **The question concerning technology and other essays**. New York: Harper & Row, 1986.
- HEREU, Pere; MONTANER, Josep Maria; OLIVERAS, Jordi – **Textos de Arquitectura de la Modernidade**. Madrid: Editorial Nerea, S.A., 1994.
- KOOLHAAS, Rem – **Nova York Delirante**. Barcelona: Editorial Gustavo Gili, 2008.
- LE CORBUSIER – **Maneira de pensar o Urbanismo**. Lisboa: Publicações Europa-América, 1979.

- LE CORBUSIER – **Urbanismo**. [s.l.]: Martins Fontes, 2000.
- MIDDLETON, Robin [ ed.lit.] – **The idea of the City**. (conjunto de entrevistas elaboradas entre 1971-1990, reunidas posteriormente pelo editor literário). London: Architectural Associations, 1996.
- MONTANER, Josep Maria – **Depois do movimento moderno. Arquitectura da segunda metade do século XX**. Barcelona: Editorial Gustavo Gili, 2001.
- NORBERG-SCHULZ, Christian – **Principles of Modern Architecture**. London: Andreas Papadakis Publishers, 2000.
- PELLETIER, Jean; DELFANTE, Charles – **Cidades e Urbanismo no Mundo**. Lisboa :Instituto Piaget, [s.d.].
- PORTAS, Nuno – **A Cidade Como Arquitectura**. Lisboa : Livros Horizonte, 2007.
- PRINZ, Dieter – **Urbanismo I: Projecto Urbano**. Lisboa :Editorial Presença, 1984.
- PRINZ, Dieter – **Urbanismo II: Configuração Urbana**. Lisboa :Editorial Presença, 1984.
- RODRIGUES, António Jacinto – **Urbanismo e revolução**. Porto: Edições Afrontamento, 1975.
- RODRIGUES, António Jacinto – **Urbanismo: uma prática social e política**. 1ª ed. Porto: Editora Limiar, 1976.
- RODRIGUES, António Jacinto – **A Arte e a arquitectura de Rudolf Steiner**. [S.l.]: Ed. **Civilização**, [s.d.].
- RODRIGUES, António Jacinto – **Eco-desenvolvimento, Arte, Urbanismo e Arquitectura**. Porto: Edições Figueirinhas, 1993.
- RODRIGUES, Jacinto – **Sociedade e Território – Desenvolvimento Ecologicamente Sustentado**. 1ª ed. Porto: Profedições, Lda., 2006.
- TÁVORA, Fernando – **Da Organização do Espaço**. Porto : FAUP Publicações, 2006.

### **Bibliografia específica**

- A. R. CABRITA, J.P. Branco, J. Mourão, **Qualidade, Quantidade e sustentabilidade habitacional**, LNEC 2003
- AKBARI, H., Davis, S., Huang, J., Liu, P., and Taha, H.; "**The Urban Heat Island: Causes and Impacts**"; in *Cooling our Communities*, Lawrence Berkeley Laboratory Report LBL-31587, 1992.

BASS, BRAD; Personal Communication; **Environmental Adaptation Research Group**, Environment Canada, November 1998.

BENEDIKT **Taschen Verlag** GmbH, Cologne, 1997.

BOIVIN, Marie-Anne; **.Geld vom staat fur gurne dacher.**; DZ, December 1992, in *Presentation Abstract . Greenbacks from Green Roofs: Forging A New Industry In Canada*, Workshop Program, Peck & Associates, November 1998.

CURTIS, William J.R.; **Le Corbusier: Ideas and Forms**; Paidon Press, Oxford, 1986.

CUTLER, K.; **Vines, Harrowsmith Gardener's Guide**; Camden House Publishing, Vermont, 1992.

DE LORME, Eleanor; **Garden Pavilions and the 18th Century French Court**; Antique Collector's Club, Suffolk, 1996.

DONNELLY, Marian; **Architecture in the Scandinavian Countries**; The MIT Press, Cambridge, MA, 1992.

ESTATÍSTICAS do Ambiente 2001. Instituto Nacional de Estatística

FARRAR, Linda; **Gardens of Italy and the Western Provinces of the Roman Empire from the 4th Century BC to the 4th Century AD**; BAR International Series No. 650, 1996.

FLOWER, W.P.; **"Mexican Motif: Casa Alvarado"**; in *Bulletin of the Pan American Union*, No. 71; 1937.

**Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V., Guideline for the Planning, Execution and Upkeep of Green Roof Sites**, Release 2002

FRANKE, W.; **"Dachwiese fuer Kuehlwasser"**; in *Kraut & Rueben*, August 1994.

GAUDET, C.; **"Sunspots, Landscaping for Energy Efficiency"**; in *Harrowsmith* Volume X:1, No. 61, June/July 1985.

GIVONI, B.; **Man, Climate, and Nature**, 2nd Edition; Van Nostrand Reinhold, New York, 1976.

Gomes, R. José (1981), **Informação técnica edifícios - Coberturas em terraço**, Lisboa: Laboratório Nacional de Engenharia Civil.

GOODE, Patrick; entry for "Mexico" in **The Oxford Companion to Gardens**; Oxford University Press, 1986.

GORSE, George L.; **"Genoese Renaissance Villas: A Typological Introduction"**; in **Journal of Garden History**, Volume 3, No. 4, 1983.

HOFFMAN, David; **Understanding Frank Lloyd Wright's Architecture**; Dover Publications, New York, NY, 1995.

HOOKER, J. and Hendriks, N.; "**The Green Roofs of Europe**"; presented by The International Waterproofing Association at The 107th Annual Convention and Exhibit of the National Roofing Contractors Association, San Francisco, CA, 1994.

HOUSING Statistics 2002, **Additional data on sustainable housing**, DGATLP e dados da OCDE de 1999

JASHEMSKI, Wilhelmina Feemster; **The Gardens of Pompeii: Herculaneum and the Villas Destroyed by Vesuvius**; Aristide D. Caragzas, New Rochelle, NY, Volume I and II, Appendices, 1979.

JOHNSTON, J. and Newton, J; **Building Green, A Guide for Using Plants on Roofs, Walls and Pavements**; The London Ecology Unit, London, 1996.

LIESECKE, H-J., Krupka, B., Brueggemann, H.; **Grundlagen der Dachbegruenung, Zur Planung, Ausfuehrung und Unterhaltung von Extensivbegruenungen und Einfachen Intensivbegruenungen**; Patzer Verlag, Berlin - Hannover, 1989.

Lopes, Jorge M. Grandão (2005), **As especificidades das coberturas ajardinadas - Comunicação**, Lisboa, Laboratório Nacional de Engenharia Civil.

LOVEROCK, T. ; **Personal Communication**; Annex Organics, November 1998.

MERCIER, G.; "**Energy Sector.**"; in *Canada Country Study: Climate Impacts and Adaptation*, Environment Canada, 1998.

MINKE, G. und Witter, G.; **Haeuser mit Gruenem Pelz, Ein Handbuch zur Hausbegruenung**; Verlag Dieter Fricke GmbH, Frankfurt, 1982.

NORTH American Wetland Engineering, P.A.; "**Ecology, Construction, and Benefits**"; in *ReNature/NAWE Green Roof Product Literature*, Minnesota, May 18, 1998.

OVERTVELD, J.C.; **.The Application of .Green Roof. Legislation to the City of Ottawa Official Plan.**; Paper prepared for the University of Ottawa, Faculty of Law, April 1990.

P.F. SMITH, **Architecture in a climate of change**, Architectural Press 2001

PIEPER, Jan; "**The Nature of Hanging Gardens**"; in *Daidalos #23*, March 15, 1987.

REID, R.; "**Habitat for the Hardy**"; in *Seasons*, Federation of Ontario Naturalists, Autumn 1996.

ROUYER, C.; Newspaper Article/Interview with Marie-Anne Boivin of Soprema **Roofing**; **The Montreal Gazette**, Montreal, Quebec, July 1998.

SECRETARIA de Estado da Habitação, **O sector da habitação no ano 2000**

SMIT, Jack; **Urban Agriculture**; UNAP, New York, NY, 1995. In Hundertwasser, F.; *For a More Human Architecture in Harmony with Nature*, *Hundertwasser Architecture*;

SMITH, C.; "How to Eat, Drink, and Keep Cool"; in *The Toronto Star*, Saturday, July 5, 1997.

SOPREMA Roofing Inc.; Promotional brochure *on the "Sopranature System"*; Quebec City, Quebec, 1996.

STEVENSON, L. H. and B. Wyman. 1991. **The Facts on File Dictionary of Environmental Science**. Facts on File, Inc: New York

STIFTER, R.; "Greenery on the Roof: a Futuristic, Ecological Building Method"; in Hundertwasser, F., **For a More Human Architecture in Harmony with Nature**, *Hundertwasser Architecture*, Benedikt Taschen Verlag GmbH, Cologne, 1997.

THOMPSON, Wm.; "Grass-Roofs Movement"; in *Landscape Architecture, The Magazine of the American Society of Landscape Architects*, May 1998, Volume 88.

TITOVA, N.; "Rooftop Gardens"; in *Science in the USSR*, No. 5, September-October 1990.

ULRICH, R.S. and Parsons, R.; "Influences of Passive Experiences with Plants on Individual Well-being and Health"; in *The Role of Horticulture in Human Well-being and Social Development*, Chapter 15, Timber Press Inc., 1992.

ULRICH, R.S.; "View from a Window May Influence Recovery from Surgery"; in *Science*, Volume 224, April 1984.

### **Dicionários, Enciclopédias e outras Obras de Referência**

CALADO, Margarida; SILVA, J. H. Pais – **Dicionário de Termos de Arte e Arquitectura**. Lisboa : Editorial Presença, 2005.

LAMPUGNANI, Magnano [coord.] – **Dictionnaire Encyclopédie de l'Architecture Moderne & Contemporaine**. Paris: Philippe Sers Editeur, 1987.

RODRIGUES, M. J. Madeira; SOUSA, P. Fialho; BONIFÁCIO, H. M. Pereira – **Vocabulário Técnico e Crítico de Arquitectura**. Lisboa: Quimera, 2002.

### **Documentação Electrónica**

[http://irc.web-t.cisti.nrc.ca/practice/roo1\\_E.html](http://irc.web-t.cisti.nrc.ca/practice/roo1_E.html)

[http://www.construlink.com/Homepage/2003\\_GuiaoTecnico/Ficheiros/gt\\_384\\_construlink\\_08\\_18\\_12\\_2006.pdf](http://www.construlink.com/Homepage/2003_GuiaoTecnico/Ficheiros/gt_384_construlink_08_18_12_2006.pdf)

<http://www.hydrotechusa.com/garden-projects.htm>

[http://www.hydrotechusa.com/rep\\_page/DCD-Seattle-11-06.pdf](http://www.hydrotechusa.com/rep_page/DCD-Seattle-11-06.pdf)

<http://ure.areas.pt/main.php/areas/ure/hoteleiro/recomendacoes/comportamentotermico.html>

<http://www.composan.com/contenidos/docs/Publicaciones/Impermeabilizaciones/Manual%20Impermeabilizacion.pdf>

[http://en.wikipedia.org/wiki/Image:Green\\_City.jpg](http://en.wikipedia.org/wiki/Image:Green_City.jpg)

[http://en.wikipedia.org/wiki/Green\\_roof](http://en.wikipedia.org/wiki/Green_roof)

<http://www.igra-world.com/green-roof-types/index.html>

<http://www.arqchile.cl/vegetacion.htm>

[http://www.greenroofs.net/index.php?option=com\\_content&task=view&id=26&Itemid=40](http://www.greenroofs.net/index.php?option=com_content&task=view&id=26&Itemid=40)

<http://www.toronto.ca/greenroofs/index.htm>