



UNIVERSIDADE DE ÉVORA

ESCOLA DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIAS

Mestrado em Arquitetura Paisagista

Dissertação

**A utilização de coberturas vegetais em clima mediterrânico
Uma realidade sustentável?**

Sérgio Rodrigo Águas

Orientador:

Maria da Conceição Lopes Castro

Coorientador:

Rute Sousa Matos

“Esta Dissertação inclui as críticas e sugestões feitas pelo Júri”

Abril 2012

Mestrado em Arquitetura Paisagista

Dissertação

**A utilização de coberturas vegetais em clima mediterrânico
Uma realidade sustentável?**

Sérgio Rodrigo Águas

Orientador:

Maria da Conceição Lopes Castro

Coorientador:

Rute Sousa Matos

“Esta Dissertação inclui as críticas e sugestões feitas pelo Júri”

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar não podia deixar de agradecer aos meus pais. Eles que sempre me apoiaram nas minhas decisões e escolhas, que me deram força para continuar e que fizeram tudo o que estava ao seu alcance para eu poder chegar até aqui e tornar-me no que sou hoje.

Posteriormente, quero deixar um agradecimento especial à professora Rute Matos e ao meu amigo e colega António Serrano pelo apoio e forte incentivo que sempre me deram, por acreditarem em mim e nas minhas potencialidades e por me ajudarem sempre que necessitei e que a eles recorri, não só nesta fase mas também durante o meu percurso enquanto aluno de licenciatura.

Quero também agradecer à professora Conceição Castro e aos amigos José Alberto Barata e Aldina Lopes pelo apoio e carinho demonstrado, pela constante preocupação e pela importante ajuda prestada. Ao amigo Luís Babo Nobre pela paciência e importante ajuda prestada na elaboração e concretização do artigo publicado. Ao arquiteto colega e amigo Paulo Monteiro pela oportunidade que me deu de trabalhar consigo na AP e pela autorização da utilização e publicação dos projetos aí elaborados enquanto colaborador. A todos os familiares e amigos que de alguma forma me ajudaram.

Por último, um especial agradecimento à Joana pelo apoio, paciência, dedicação e ajuda que sempre me deu durante a concretização deste projeto.

A todos um Muito Obrigado.

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo estabelecer algumas bases para a discussão das vantagens e desvantagens da instalação de coberturas vegetais em áreas urbanas, face à necessidade de fazer frente às problemáticas ambientais que se fazem sentir nos tempos que correm.

Partindo da descrição da evolução histórica das coberturas vegetais, pretendem colocar-se em evidência as vantagens derivadas da utilização das coberturas vegetais na retenção e diminuição do escoamento das águas pluviais, na diminuição do efeito ilha de calor urbano, no aumento do tempo de vida útil da laje e sua impermeabilização, no isolamento térmico e aumento da eficiência energética do edifício, assim como na criação de *habitats* para espécies animais, aumento da qualidade do ar e melhoria da qualidade estética da cidade.

A abordagem deste tema torna-se pertinente uma vez que as coberturas vegetais podem fazer parte de um leque de novas soluções no contexto da atual conjuntura ambiental, caracterizada sobretudo pela escassez de espaços naturais em meio urbano e pela crescente edificação.

Neste trabalho expõem-se também exemplos práticos da aplicação de coberturas vegetais, apresentando o seu projeto de execução e fazendo uma análise crítica ao mesmo.

Palavras chave: Arquitetura Paisagista, Coberturas vegetais, Paisagem Urbana

ABSTRACT

This work aims to establish some basis for the discussion of the advantages and disadvantages of the installation of green roofs in urban areas, given the need to tackle the environmental problems that are felt in these times.

From the description of the historical evolution of green roofs, it is intended put in evidence the advantages coming from the use of these structures, mainly in the increase of rainwater retention (runoff decrease), in the decrease of urban heat island effect, in the increase of slab life span and her waterproofing, in the reduction of thermal insulation, in the increase of building energy efficiency, in the creation of habitats for animal species and improving air quality and the aesthetic quality for the city.

The approach to this issue becomes appropriate as green roofs can be part of a range of new solutions in the context of the environmental current situation characterized mainly by the scarcity of natural spaces in urban areas and by increasing building.

This paper exposes also practical examples of application of green roofs, presenting its draft running and making a critical analysis of the same.

Keywords: Landscape Architecture, Green Roof, Urban Landscape

ÍNDICE

AGRADECIMENTOS	III
RESUMO	IV
ABSTRACT	V
INTRODUÇÃO	1
CAPÍTULO I	3
CAPÍTULO II	8
2.1. Das civilizações da Mesopotâmia ao final do século XVIII	9
2.2. A reclamação pelas coberturas planas do início do século XX	16
2.3. As coberturas vegetais após a II guerra mundial	21
2.4. As coberturas vegetais em Portugal	26
CAPÍTULO III	33
3.1. Tipologias	34
3.2. Materiais e componentes	42
3.2.1. Laje/cobertura do edifício.....	44
3.2.2. Membrana de impermeabilização.....	45
3.2.3. Barreira de proteção.....	47
3.2.4. Barreira antirraízes.....	47
3.2.5. Isolamento.....	48
3.2.6. Sistema de drenagem e retenção de água.....	49
3.2.7. Camada filtrante.....	51
3.2.8. Meio de cultura.....	52
3.2.9. Vegetação.....	53
3.3. Benefícios	54
3.3.1. Retenção e diminuição do escoamento das águas pluviais.....	55
3.3.2. Isolamento térmico e eficiência energética.....	58
3.3.3. Diminuição do efeito Ilha de Calor Urbano (UHI).....	59
3.3.4. Durabilidade da membrana de impermeabilização do edifício.....	62
3.3.5. Qualidade do ar.....	63
3.3.6. Valor Estético.....	64
3.3.7. Agricultura urbana.....	65
3.3.8. Habitats e biodiversidade.....	66
3.3.9. Absorção/ Redução da poluição sonora.....	66
3.4. Custos	67

CAPÍTULO IV.....	70
4.1. Coberturas vegetais em edifícios escolares – Os casos de Portalegre e Moura.....	71
4.1.1. Apresentação da proposta.....	71
4.1.2. Discussão.....	74
4.2. Um desafio na redução do consumo energético.....	77
CAPÍTULO V.....	78
ANEXO – A.....	85
ANEXO – B.....	87
ANEXO – C.....	98

ÍNDICE DE FIGURAS E TABELAS

Fig. 1 – Desenho de como seria o Zigurate de Ur.....	9
Fig. 2 – Desenho dos Jardins Suspensos da Babilónia baseado nas descrições do arqueólogo Robert Koldewey.....	10
Fig. 3 – Desenho da Villa dei Misteri.....	11
Fig. 4 – Ruínas da Villa dei Misteri após escavações.....	11
Fig. 5 – Claustro do Mont-Saint-Michel.....	12
Fig. 6 – Pequeno jardim sobre cobertura num dos terraços do mosteiro.....	12
Fig. 7 – Desenho do jardim e Palácio Piccolomini.....	13
Fig. 8 – Jardim sobre Cobertura, Palácio Piccolomini.....	13
Fig. 9 – Canteiro da Torre Guinigi.....	13
Fig. 10 – Kremlin no século XVII, desenho de 1843.....	14
Fig. 11 – Jardim sobre a cobertura do Hermitage, Russia.....	14
Fig. 12 – Hermitage, vista da galeria do Museu e jardim.....	15
Fig. 13 – Jardim da casa de Ludwig II da Baviera em Munich.....	15
Fig. 14 – Construção da cobertura do Wright's Larkin Building.....	18
Fig. 15 – Imperial Hotel, Tokyo.....	18
Fig. 16 – Terraço do 2º piso da Villa Savoye.....	19
Fig. 17 – Villa Savoye – ligação interior-exterior.....	19
Fig. 18 – Pessac workers house.....	19
Fig. 19 – Terraços do Rockefeller Center em Nova Iorque.....	20
Fig. 20 – Perspetiva da cobertura vegetal do Ministério da Educação e da Cultura do Rio de Janeiro.....	20
Fig. 21 – Terraços do Derry and Toms Department Store no início do séc. XX.....	21
Fig. 22 – Terraços do Derry and Toms Department Store atualmente.....	21
Fig. 23 – Vista panorâmica atual do jardim Derry and Toms Department Store.....	21
Fig. 24 – Jardim da Cascata da Quinta Real de Caxias.....	26
Fig. 25 – Jardim Pênsil da Quinta Real de Queluz.....	26
Fig. 26 – Cobertura vegetal do Hotel Ritz em Lisboa.....	27
Fig. 27 – Vista aérea sobre as coberturas vegetais da Fundação Calouste Gulbenkian.....	27
Fig. 28 – Coberturas vegetais da Portugal Telecom em Picoas.....	28
Fig. 29 – Vista sobre o Centro Cultural de Belém.....	28

Fig. 30 – Espaços exteriores do edifício SONY.....	30
Fig. 31 – Espaços exteriores do edifício IBM.....	30
Fig. 32 – Jardim da Praça Joaquim António de Aguiar, Évora.....	31
Fig. 33 – Parque Temático de Santana.....	31
Fig. 34 – Campus da Justiça de Lisboa.....	31
Fig. 35 – Cobertura vegetal da sede do Banco Mais em Lisboa.....	32
Fig. 36 – Espaços exteriores do Almada Business Center.....	32
Fig. 37 – Estação de Tratamento de águas Residuais de Alcântara.....	32
Fig. 38 – Horizontes do solo natural.....	35
Fig. 39 – Horizontes de uma cobertura vegetal.....	35
Fig. 40 – Esquema de divisão de coberturas vegetais e método fundamental de construção.....	36
Fig. 41 – Academia de Ciencias da California, Museu de Historia Natural.....	37
Fig. 42 – Life Expression Chiropractic Center.....	37
Fig. 43 – Ford Rouge Center Truck Plant.....	37
Fig. 44 – Campus da Justiça de Lisboa.....	38
Fig. 45 – Espaços exteriores do Almada Business Center.....	38
Fig. 46 – Jubilee Park Canary Wharf.....	38
Fig. 47 – Pormenor da construção de um Sod Roof.....	40
Fig. 48 – Sod Roof numa quinta em Gudbrandsdal, Noruega.....	40
Fig. 49 – Sod Roof na escandinávia.....	40
Fig. 50 – Exemplo de solo aplicado em Brown Roof.....	41
Fig. 51 – Desenvolvimento da vegetação num Brown Roof.....	41
Fig. 52 – Haus 0 Perspectiva.....	42
Fig. 53 – Haus 0 Planta.....	42
Fig. 54 – Sistema Intensivo de Osmundson.....	43
Fig. 55 – Sistema Extensivo de Osmundson.....	43
Fig. 56 – Membranas de Impermeabilização.....	46
Fig. 57 – Sistema de drenagem de pavimentos e ligação ao descarregador.....	49
Fig. 58 – Exemplos de Placas drenantes.....	51
Fig. 59 – Modelo hidrológico de uma cobertura vegetal.....	56
Fig. 60 – Efeito runoff em áreas habitadas e áreas naturais.....	58
Fig. 61 – Modelo das variação do albedo, da temperatura à superfície do solo e da energia disponível na cidade cidade de Lisboa.....	61
Fig. 62 – Corte da cobertura vegetal de Moura	58

Fig. 63 – Corte da cobertura vegetal de Portalegre.....	72
Fig. 64 – Cobertura vegetal de Portalegre durante a plantação.....	74
Fig. 65 – Cobertura vegetal de Portalegre após plantação.....	74
Tabela 1 – Esquema de divisão de coberturas vegetais e suas principais características	36
Tabela 2 – Estimativa dos custos durante o tempo de vida útil de diferentes coberturas na Alemanha.....	68

INTRODUÇÃO

Este trabalho tem como objetivo o estudo e compreensão dos benefícios que podem advir da construção de coberturas vegetais face à necessidade de fazer frente às problemáticas ambientais que se fazem sentir nos tempos que correm.

Cada vez se verifica uma maior atenção relativamente às questões ambientais, por parte dos profissionais relacionados com o urbanismo e com a cidade, consequência da crise que se faz viver. Em Portugal, alguns autores debatem-se, desde há muito, pela redução das taxas de impermeabilização do solo e ocupação indevida de espaço *natural*, pela redução da utilização dos combustíveis fósseis e promoção das energias renováveis, entre outras problemáticas.

Neste sentido, serão apresentadas as vantagens derivadas da utilização das coberturas vegetais na retenção e diminuição do escoamento das águas pluviais, na diminuição do efeito ilha de calor urbano, no aumento do tempo de vida útil da laje e sua impermeabilização, no isolamento térmico e aumento da eficiência energética do edifício, assim como na criação de *habitats* para espécies animais, aumento da qualidade do ar e melhoria da qualidade estética da cidade.

O presente trabalho tem também como propósito a apresentação de exemplos práticos da aplicação de coberturas vegetais. Para o efeito, serão abordadas as coberturas de dois edifícios localizados no Alentejo, um em Portalegre e outro em Moura, dos quais se espera obter alguns dos benefícios atribuídos às coberturas vegetais.

RESUMO DE CAPÍTULOS

Este trabalho está dividido em quatro capítulos principais, no primeiro capítulo são descritos os principais problemas da expansão urbana, nomeadamente a perda de biodiversidade e o problema da impermeabilização dos solos. A perda de solo constitui hoje

em dia um dos principais problemas em meio urbano, causando danos irreversíveis ao nível dos recursos hídricos e do sistema biológico.

O segundo capítulo é destinado à história e evolução das coberturas vegetais desde as Civilizações da Mesopotâmia, passando pelo Renascimento, Barroco, Modernismo e Pós-modernismo, focando sempre que possível as técnicas construtivas da época e a importância que estas apresentavam para a evolução da sociedade. Neste capítulo é ainda abordada a evolução destes espaços em Portugal, focando o seu aparecimento na construção de Quinta de Recreio e a sua evolução até aos nossos dias.

No terceiro capítulo são aprofundadas as funções das coberturas vegetais, focando as suas diferentes tipologias, materiais de construção, benefícios e custos de execução. Recorrendo a resultados obtidos por diferentes investigadores, são enumerados os principais benefícios destes espaços para a sustentabilidade das áreas urbanas e para a melhoria da qualidade de vida do homem. São também abordados alguns conceitos fundamentais relacionados com as tipologias destes espaços e custos de implementação de coberturas vegetais obtidos em estudos realizados.

No quarto capítulo é destinado à exposição de um estudo caso, sendo apresentado o seu projeto de execução bem como uma análise crítica ao mesmo, à forma como todo o processo decorreu, bem como à sua execução. No mesmo capítulo é feita referência ao artigo *Green Roofs in Portugal – A challenge on the reduction of energetic consumption* também realizado e apresentado no âmbito deste trabalho.

O quinto e último capítulo está reservado às considerações finais e à discussão dos resultados obtidos no decorrer deste trabalho.

CAPÍTULO I

1. PROBLEMÁTICA DA EXPANSÃO URBANA

O Homem, ao longo dos tempos, tem alterado a paisagem natural com a finalidade de satisfazer as suas necessidades e desejos criando inevitáveis desequilíbrios ambientais.

Durante o século passado ocorreram severas alterações na proporção da população urbano versus rural, alterações essas que se continuam a manifestar nos nossos dias.

O rápido crescimento populacional das cidades, o aumento do espaço construído e as mudanças radicais da paisagem, têm caracterizado o processo de urbanização à escala mundial nas últimas décadas. Em 1900, cerca de 10% da população mundial vivia em cidades, prevendo-se uma subida para 60% até 2030 (Platt, 2004). Segundo a ONU, a população urbana mundial ultrapassou a população rural pela primeira vez em 2007, feito que remete a um conjunto de consequências que torna problemática a situação para os sistemas urbanos daí resultantes e para as questões da desertificação e escassez de recursos nas áreas urbanas.

A urbanização planetária impõe um divórcio do tempo e do espaço e atribui a cada um uma autonomia completa que reposiciona o princípio que nos faz mover e que nos faz parar. Nestes tempos desintegrados e nestes territórios decompostos e reconfigurados o *homo urbanus* tem que encontrar um sentido. Como efeito desta procura cada vez se verifica uma atenção maior relativamente às questões ambientais, por parte dos profissionais relacionados com o urbanismo e com a cidade, consequência da crise que se faz viver (Matos, 2011).

Por todo o mundo, autores debatem-se, desde há muito, pela redução da utilização dos combustíveis fósseis e pela promoção das energias renováveis em todas as suas formas. É importante promover a eficiência energética em todas as suas vertentes, entre as quais importa salientar a organização espacial das atividades, a edificação, o urbanismo e as consequências no clima urbano, na saúde e na qualidade do ambiente.

Um conjunto de impactes ambientais, nomeadamente ao nível dos recursos hídricos, solo e temperatura atmosférica, têm influenciado de forma contundente a busca de

soluções, no sentido de minimizar ou reverter as ações nefastas provocadas pelo homem.

Alguns autores defendem que muitos dos problemas ambientais bem conhecidos em áreas urbanas são causados pela perda de biodiversidade e *habitats* naturais, principalmente como resultado da impermeabilização das superfícies através de medidas de construção, do aumento de metais pesados e compostos orgânicos e da emissão de gases de efeito de estufa (Schrader, 2006).

A impermeabilização do solo é uma das principais alterações que surgem com o intenso processo de urbanização e expansão urbana. O Homem ao adotar o betão como a forma mais convencional de construir, ignora todos os problemas que daí possam surgir. O desrespeito pela dinâmica dos sistemas naturais, pelo recurso solo e a ocupação indevida de áreas que mantêm em funcionamento o meio biofísico, tem sido a principal causa de desordenamento das grandes cidades e dos problemas que se fazem sentir.

Como efeito da impermeabilização do solo, temos a reduzida quantidade de água infiltrada e absorvida por este, causando uma grave diminuição na taxa de recarga de aquíferos. Outra desvantagem deste processo são as alterações significativas nos níveis de evapotranspiração, reduzindo a percentagem de água que regressa à atmosfera sob a forma de vapor. Segundo Helena Farral, numa área não edificada (não urbana), se partirmos do princípio que toda a água que chega ao solo é sob a forma de precipitação, 40% dessa água sofre o processo de evapotranspiração, 50% é infiltrada no solo e 10% escorre superficialmente. Se considerarmos a mesma área, mas desta vez urbanizada (espaço urbano com elevado índice de impermeabilização do solo), verificamos que há significativas alterações dos valores, correspondendo 15% à infiltração de água no solo, 30% à evapotranspiração e 55% ao escoamento superficial (*runoff*). Estas alterações substanciais de valores trazem graves problemas e enormes especificidades ao espaço urbanizado (Farral, 2010).

Face a esta realidade os impactes das águas pluviais na cidade vão ser substanciais,

causando inundações nas áreas urbanas, alterações no ciclo hidrológico das bacias hidrográficas, nas taxas de infiltração que vão alimentar os aquíferos, alterações ao nível dos dinamismos dos cursos de água que estão associados aos meios urbanos bem como à sua morfologia, alterando os *habitats* das zonas ribeirinhas, a qualidade da água, bem como a degradação e/ou perda de *habitats* aquáticos e dos ecossistemas que lhe estão associados.

Outra grande alteração causada pela perda da paisagem natural e sua vegetação devido ao processo de urbanização e expansão das cidades tem a ver com as alterações climáticas ao nível da superfície, causadas pelo aumento da temperatura. Este fenómeno, chamado de Ilha de Calor Urbano (UHI)¹, ocorre porque os materiais utilizados na construção urbana, essencialmente betão e asfalto, têm diferentes propriedades e alterações térmicas relativamente à paisagem natural, bem como devido às alterações de resistência aerodinâmica que afeta o movimento do ar na cidade. Este efeito é reforçado ou atenuado consoante a geometria dos edifícios, a sua posição relativa, a sua inércia térmica e o seu revestimento exterior, nomeadamente das suas fachadas e coberturas (Oke, 1987). Materiais como o betão, o asfalto e outros impermeabilizantes, absorvem a energia solar e convertem-na em calor sensível. O efeito UHI tem múltiplas consequências negativas, nomeadamente, aumento do consumo de energia, principalmente na utilização de ar condicionado, aumento da poluição do ar e conseqüentemente do efeito de estufa, bem como impactes sobre a saúde pública, consumo de água, economia e *stress* dos ecossistemas.

Nas grandes cidades cada vez mais se opta por remeter para o subsolo a localização das infraestruturas urbanas, tais como parques de estacionamento, troços de estradas, ou a rede de transportes do metropolitano. Sobre estas estruturas podem-se estabelecer espaços verdes, reproduzindo a situação natural da paisagem em espaço urbano e minimizando o seu impacto.

1 Vidé pagina 56

Um dos métodos para travar os problemas ambientais que se fazem sentir na cidade e uma forma para minimizar os impactes causados pela expansão urbana pode passar pela construção de coberturas vegetais que, segundo vários estudos efetuados, trazem à cidade vastos benefícios ambientais e ecológicos.

Certamente a solução não passará apenas pela construção destas estruturas, mas estas podem ser uma forma de minimizar perdas e uma das muitas soluções que, quando aplicada em conjunto com outras já existentes, credíveis e não utópicas e com resultados comprovados, trarão benefícios para o homem e para o meio ambiente.

CAPÍTULO II

2. INTRODUÇÃO HISTÓRICA

2.1. DAS CIVILIZAÇÕES DA MESOPOTÂMIA AO FINAL DO SÉCULO XVIII

Segundo Theodore Osmundson, as primeiras referências históricas de construção de jardins sobre coberturas remontam aos tempos antigos na Mesopotâmia. Civilizações, como os Sumérios, instaladas nesta região, construíram há milhares de anos atrás grandes estruturas edificadas conhecidos por Zigurates² (Fig. 1). Estes edifícios, de forma piramidal truncada, eram construídos em patamares, que segundo o arqueólogo britânico Sir Leonard Woolly, continham terra e plantações de árvores e arbustos nos diferentes patamares.

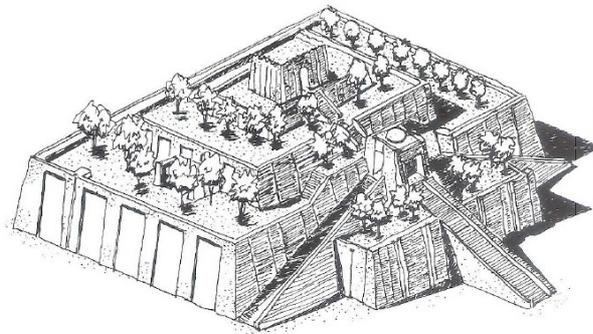


Fig. 1 – Desenho de como seria o Zigurate de Ur.
Fonte: Osmundson, (1999), p.113.

Séculos mais tarde, durante o Império Neo-Babilônico, o Rei Persa Nabucodonosor II (605-562 a.C.), mandou construir durante o seu reinado aquilo a que viríamos a chamar de Jardins Suspensos da Babilónia (Fig. 2). Estes teriam sido erguidos com o objetivo de agradar e consolar uma das suas esposas, que tinha nascido junto a uma paisagem de campos e florestas e rodeada por montanhas. Neles podíamos encontrar uma enorme diversidade de vegetação, tudo graças aos engenhosos sistemas de sustentação, isolamento e irrigação (Osmundson, 1999).

2 O mais conhecido dos Zigurates, a torre do deus Babilónico Marduk, Etemenanki, foi construída na praça do templo da cidade Esagila. Segundo vários autores, Etemenanki poderá ser a célebre torre bíblica, Torre de Babel. O melhor exemplo deste tipo de construções, preservado até aos nossos dias, é o Zigurate de Nanna (2113 a.C), construído na antiga cidade de Ur durante o reinado de Ur-Nammu.

De acordo com os testemunhos do historiador grego Diodorus Siculus (séc. I a.C.), os jardins foram construídos sobre terraços, edificados uns em cima dos outros, apoiados em colunas de 25 metros de altura que assentavam sobre duas filas de sete câmaras abobadadas. As câmaras em abóbada foram construídas em blocos de pedra com aproximadamente 30 cm de comprimento. Sobre estas foi colocada uma camada de canas fixadas com alcatrão espesso, seguido de duas fiadas de tijolo de barro cozido argamassado com cimento. Por fim foi colocada uma cobertura de chumbo para evitar que a humidade do solo colocado em cima desta penetrasse na cobertura. Construídas de forma ascendente, na galeria maior foram instaladas condutas para condução e elevação de água, bombeada em grandes quantidades do Rio Eufrates (citado por Finkel, 1988)³ (Osmundson, 1999).

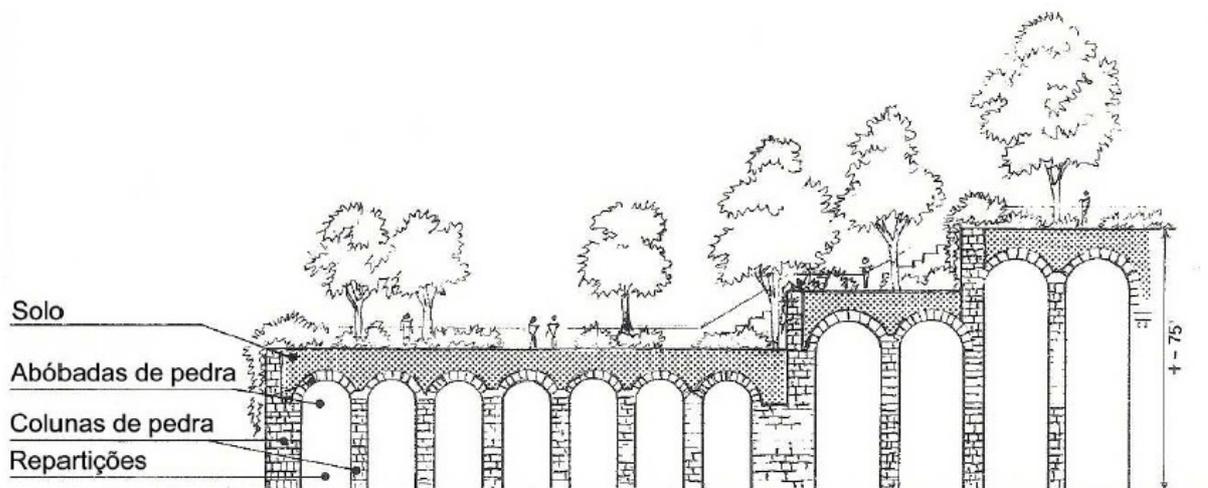


Fig. 2 – Desenho dos Jardins Suspensos da Babilónia baseado nas descrições do arqueólogo Robert Koldewey. Fonte: Osmundson, (1999), p.113.

Surgia desta forma, no meio de um clima árido e extremamente quente, um local de ambiências amenas, dominado pelo verde da vegetação, pela constante presença de água e de onde era possível contemplar toda a cidade.

Entretanto, os jardins sobre cobertura não conservam as suas características de grandiosidade nas civilizações mediterrâneas, nomeadamente na grega e na romana, uma

3 Finkel, I.L. (1988). *The Hanging Gardens of Babylon*. London:Routledge, 1988.

vez que estas, ao contrário do que tinha sucedido na Mesopotâmia, se desenvolveram numa paisagem diversificada, de montes e vales, onde a abundância de vegetação não constituía uma situação excepcional.

Apesar de pouco se saber sobre os jardins construídos sobre edifícios durante o Império Romano, a verdade é que as coberturas (terraços) das suas habitações eram frequentemente utilizadas como espaço exterior, em toda a zona Mediterrânica.

Durante a erupção do Monte Vesúvio, em 79 d.C., numa *villa* vizinha da antiga cidade de Pompeia, em Itália, debaixo de uma grande camada de cinzas vulcânicas, foram preservadas as ruínas de três luxuosas *villas*. Uma delas, a maior, a *Villa dei Misteri*, com um enorme terraço ao longo do perímetro norte, oeste e sul do edifício, localiza-se a noroeste da antiga cidade de Pompeia, na estrada principal para *Herculaneum* (Fig. 3). Cuidadosas escavações e técnicas de restauro levaram à descoberta de raízes de plantas na cobertura do terraço. Os seus terraços em forma de U, onde a vegetação foi plantada diretamente no solo, são suportados por uma câmara abobadada apoiada sobre uma colunata de arcos em pedra (Fig. 4). Durante os meses mais quentes, esta câmara era utilizada para fugir ao calor intenso que se fazia sentir na região (Osmundson, 1999).

11

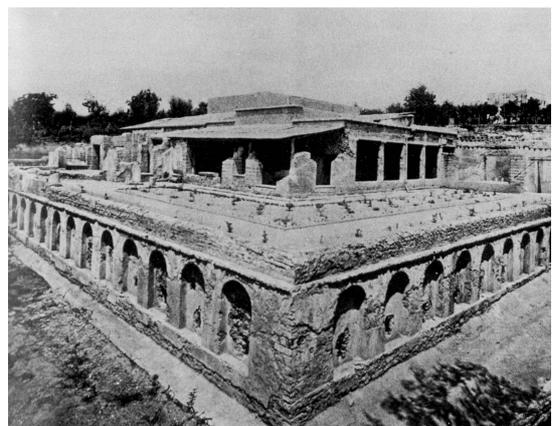
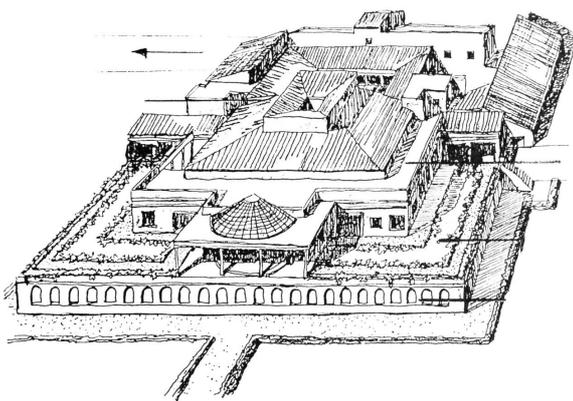


Fig. 3 e 4 – Desenho da *Villa dei Misteri* (à esquerda); Ruínas da *Villa dei Misteri* após escavações. Fonte: Osmundson, (1999), p.114.

Ainda na antiga cidade de Pompeia, segundo registos encontrados em alguns manuscritos do historiador Plínio, defende-se a teoria de que foram importadas árvores para

jardins instalados nos terraços das habitações e que comerciantes plantavam vinha nas coberturas planas dos seus estabelecimentos. Estes jardins tinham essencialmente uma função lúdica e estética e pretendiam sobretudo mostrar e enaltecer o poder do homem na sociedade e sobre a natureza. Um bom exemplo são os Mausoléus de Augusto e de Adriano, na cidade de Roma, onde foram plantadas árvores nos terraços (Peck & Callaghan, 1999).

De acordo com Theodore Osmundson, séculos mais tarde, na cidade Azteca Tenochtitlán, fundada em 1325 e onde hoje podemos encontrar a cidade do México, existiram muitas casas de cidadãos ricos que nelas mandaram construir jardins sobre as coberturas. Apesar de todas estas casas terem sido destruídas durante as invasões espanholas de 1521, é possível saber da sua existência devido às cartas enviadas por Hernán Cortés ao Rei Carlos I de Espanha em 1519.



Fig. 5 e 6 – Claustro do *Mont-Saint-Michel* (à esquerda); Pequeno jardim sobre cobertura num dos terraços do mosteiro (à direita). Fonte: Osmundson, (1999), p.116.

Na Europa, durante a Idade Média e Renascimento os jardins sobre coberturas surgiam sobretudo em edifícios monumentais, associados a famílias abastadas e a personalidades de reconhecido mérito. Os jardins eram implantados, principalmente em encostas sobre vários terraços, para vencer os desníveis, aproveitar a vista privilegiada e fazer face ao clima. Os elementos que compunham o jardim eram essencialmente vegetação, esculturas,

escadarias, pérgulas, fontes, lagos e muros de suporte de terras para permitir a construção de socalcos e canais para a irrigação (Fig. 5 e 6). Estes jardins eram sobretudo para ser vividos no verão, como local de encontro social ou repouso (Jellicoe, 1995). Os claustros do mosteiro de *Mont-Saint-Michel* (séc. X) em França e o Palácio *Piccolomini* (mandado construir em 1459 pelo Papa Pio II) em Pienza, Itália, são dois exemplos clássicos da inclusão daqueles jardins na arquitetura eclesiástica, que perduraram até aos nossos dias (Fig. 7 e 8).

Segundo Martinez, um dos primeiros projetos formais de jardins sobre coberturas de edifícios em espaço urbano, datado de 1488, deve-se a Leonardo da Vinci e foi descrito num dos seus manuscritos (*Paris Manuscript*) para a reformulação de Milão. Da Vinci projetou vilas urbanas, com jardins sobre a cobertura dos edifícios, sustentadas por arcos e galerias de serviço, onde é evidente a sua preocupação com a utilização das coberturas (Almeida, 2008).



Fig. 7, 8 e 9 – Desenho do jardim e Palácio *Piccolomini* (à esquerda). Fonte: Osmundson, (1999), p.117; Jardim sobre cobertura, Palácio *Piccolomini* (ao centro). Fonte: <<http://it.wikipedia.org/wiki/>>; Canteiros da Torre *Guinigi* (à direita). Fonte: <<http://www.fotoeweb.it/firenze/lucca.htm>>.

Já em período Barroco, em Lucca, Itália, sobre a imponente torre renascentista, de 120 metros de altura, pertencente à família Guinigi, foi construído um pequeno jardim onde foram plantados quatro carvalhos num canteiro de tijolo com 61 cm de altura. A data precisa da construção do pequeno jardim é desconhecida, no entanto este aparece em plantas da cidade datadas de 1660 (Osmundson, 1999).

Ainda em Itália, na cidade de Careggi foi construída uma *villa* no início do século XV

por Cosimo de'Medici, atualmente em ruínas, que continha um jardim sobre a cobertura. Pouco se sabe sobre este jardim renascentista, apenas que foi plantado com importantes espécies vegetais, muitas exóticas, que durante este período eram importadas de outros continentes para jardins botânicos e de famílias ricas e poderosas (Osmundson, 1999).

À semelhança do que acontecia em Itália, França e outros países, também na Alemanha surgiam construções com jardins sobre as coberturas. Um exemplo são os jardins da Residência do Cardial Johann von Lamberg em Passau, construída por volta do século XVII.

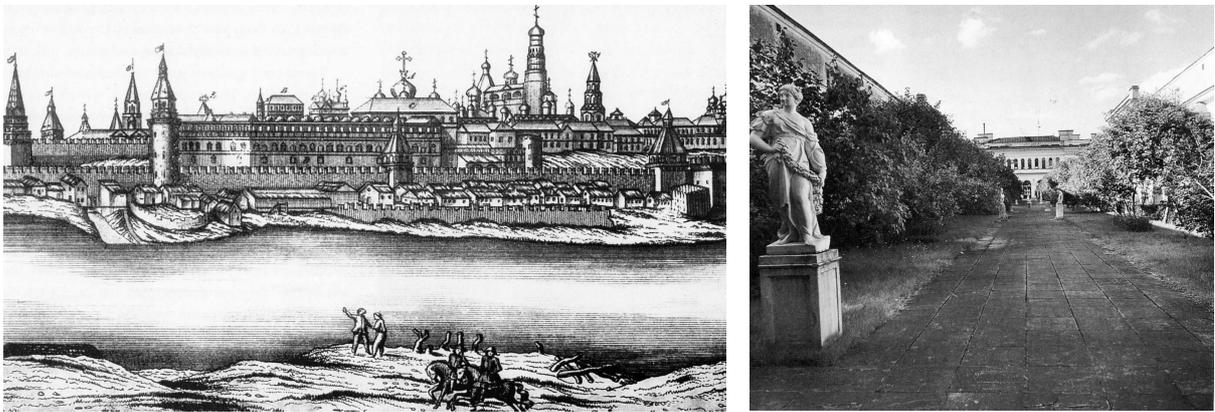


Fig. 10 e 11 – *Kremlin* no século XVII, desenho de 1843 (à esquerda) e Jardim sobre a cobertura do *Hermitage*, Rússia (à direita). Fonte: Osmundson, (1999), p.119 e 120.

Ainda no período Barroco, na Rússia Czarista, os jardins sobre as coberturas eram considerados exemplo de grande ostentação da nobreza. No século XVII foram instalados nas coberturas do palácio Kremlin, em Moscovo, dois níveis de jardins extensivos. Os jardins, de quatro hectares, foram construídos ao mesmo nível dos quartos da mansão, tendo dois patamares adicionais que se desenvolviam em direção ao Rio Moskva (Fig. 10). A plantação de árvores de fruto, arbustos e trepadeiras foi feita em vasos rigorosamente colocados no jardim. No muro de pedra que encerrava o jardim interior foram plantadas espécies vegetais, com o objetivo de dar a ilusão de expansão do espaço para além dos seus limites. Os jardins foram construídos sobre amplas salas abobadadas, com colunas reforçadas com vigas de ferro, para onde eram feitas as descargas de carga. A

impermeabilização da cobertura foi feita com folhas de chumbo soldadas. Em 1773, o palácio original e os seus jardins foram destruídos para dar lugar ao novo palácio (Osmundson, 1999).

Também na Rússia, em 1764, Catarina II (1729-96) contratou alguns dos mais conhecidos arquitetos e arquitetos paisagistas para desenhar o seu palácio, jardins e alguns edifícios públicos em São Petersburgo. O primeiro jardim sobre cobertura foi construído sobre os estábulos do Palácio de Inverno, hoje parte do *Hermitage* (Fig. 11). Mais tarde, Catarina II mandou construir novos jardins num grande terraço retangular, confinado pelas paredes do palácio (Fig. 12). O seu longo tempo de vida tem demonstrado claramente que o sistema escolhido, bem como a sua manutenção, foi um caso de perfeito sucesso em clima frio (Osmundson, 1999).



Fig. 12 e 13 – *Hermitage*, vista da galeria do Museu e jardim (à esquerda). Fonte: Osmundson, (1999), p. 120; Jardim da casa de Ludwig II da Baviera em Munique (à direita). Fonte: <www.residenz-muenchen.de/englisch/museum/winterg.htm>.

Na Alemanha, o extravagante Rei Ludwig II da Baviera, manda construir em 1869, sobre a cobertura da residência familiar em Munique, um luxuoso jardim. Com quase 70 metros de comprimento e uma estrutura de vidro e ferro com 10 metros de altura, que o cobria por completo, continha no seu interior vegetação exuberante de origem exótica e um grande lago (Fig. 13).

2.2. A RECLAMAÇÃO PELAS COBERTURAS PLANAS DO INÍCIO DO SÉCULO XX

Em meados do século XIX, o desenvolvimento de novas técnicas construtivas, levou ao aparecimento do betão como material estrutural dos edifícios, revolucionando os sistemas de construção. Tendo em conta as suas características e o seu baixo custo, o betão possibilitou a construção vertical e a criação de coberturas planas. O desenvolvimento destas coberturas, cujo sistema construtivo permitia agora maiores cargas e melhores sistemas de impermeabilização, levou à reclamação pelo seu uso funcional.

Urbanistas e arquitetos da altura começaram então a idealizar cidades onde as coberturas surgiam como terraços-jardim, dando uma nova dimensão e imagem à cidade moderna.

A primeira cobertura plana, de que há registo, em que foi utilizado um sistema de impermeabilização da laje, foi construída no norte da Europa pelo alemão Samuel Haüsler em 1839. A Impermeabilização foi feita com rolos de papel impregnados em alcatrão, diretamente aplicado sobre a laje, e revestido por uma camada de areia e cascalho (Almeida, 2008).

Anos depois, em 1867, na Exposição Mundial de Paris (*Exposition Universelle d'Art et d'Industrie*), foi apresentado um modelo de uma cobertura vegetal aplicada sobre uma laje de betão (Dunnett & Kingsbury, 2008). Criada por Karl Rabbitz, a membrana vulcanizada aplicada sobre a laje foi considerada um grande avanço nas questões relacionadas à impermeabilização destas estruturas.

Graças à industrialização, as superfícies impermeabilizadas passaram a ser uma realidade, evoluindo das pesadas camadas de lonas e chumbo, para as finas membranas flexíveis de carbono e alcatrão (Almeida, 2008).

A partir desse momento, os edifícios com vegetação sobre os terraços, os restaurantes e cinemas com terraço-jardim e os jardins sobre coberturas, surgiam um pouco por todo o

mundo.

Nos finais do século XIX, início do XX, devido ao impacto provocado pela expansão das grandes cidades e das mudanças tecnológicas, a forma como se pensava a arquitetura sofreu fortes alterações, surgindo novos conceitos de sociedade e de vida.

Movidos pelas problemáticas que se faziam sentir e guiados pelos movimentos higienistas, arquitetos e urbanistas Modernistas foram obrigados a reagir contra as condições de insalubridade da cidade e a sua falta de espaços exteriores.

O movimento moderno, influenciado pelos princípios da Carta de Atenas, refletia os conceitos higienistas da época, procurando estabelecer uma relação franca entre arquitetura e paisagem, entre edifício e espaço exterior.

Embora com filosofias arquitetónicas radicalmente diferentes, dois dos mais influentes arquitetos do início do século passado, Frank Lloyd Wright e Le Corbusier, contribuíram para a proliferação do uso funcional das coberturas (Osmundson, 1999).

Wright⁴ utilizou as coberturas como extensões dos interior, e projetava apenas pequenas áreas plantadas. Estas áreas são consideradas terraços-jardim, devido à fraca presença de vegetação e à forma como esta surgia no espaço, no entanto são exemplos notáveis da reclamação de um espaço que até então parecia inacessível. Os melhores exemplos do seu trabalho são: *Midway Gardens*, construído em Chicago em 1914 e demolido em 1923 (a sua utilização centrava-se na época estival, servindo como terraço ao ar livre com esplanada); *Wright's Larkin Building* (Fig. 14), construído em Buffalo em 1904 e demolido em 1950 (este edifício incluía um terraço na cobertura, erigido como extensão do refeitório a ele adjacente); *Imperial Hotel* (Fig. 15), construído em Tokyo em 1922 e demolido em 1967 (este edifício tinha na sua cobertura, terraços que funcionavam como áreas de jardim).

4 Frank Lloyd Wright (1867-1959), arquiteto americano, acreditava na conceção de estruturas que estivessem em harmonia com a humanidade e o seu ambiente, uma filosofia que chamou Arquitetura Orgânica.

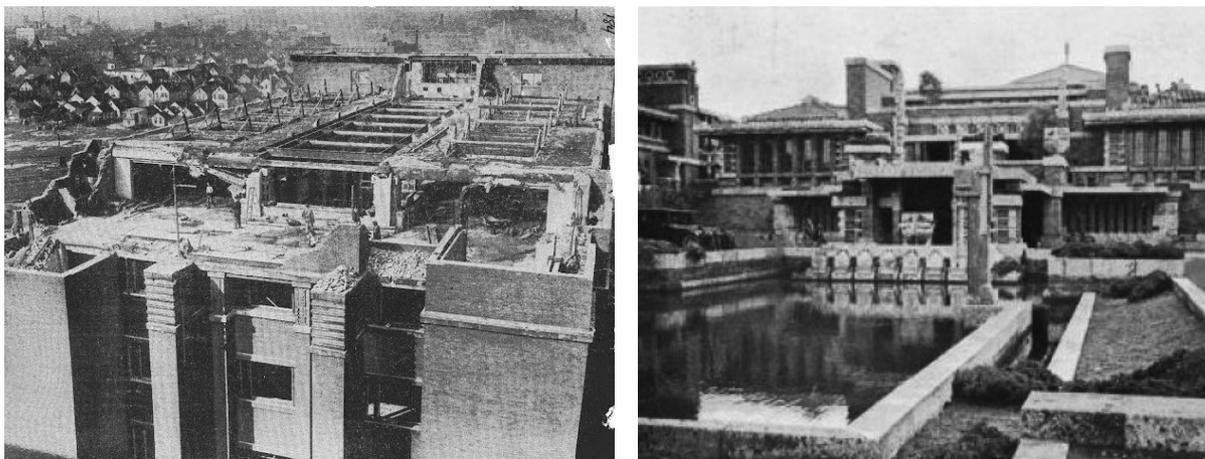


Fig. 14 e 15 – Construção da cobertura do *Wright's Larkin Building* (à esquerda). Fonte: <<http://www.buffalohistorygazette.com/2011/10/larkin-administration-building-wright.html>>; *Imperial Hotel*, Tokyo (à direita). Fonte: <<http://mtkomori.hubpages.com/hub/Frank-Lloyd-Wright-and-Japanese-Woodblock-Prints>>.

Le Corbusier foi possivelmente o maior impulsionador, no início do século XX, da utilização das coberturas como áreas exteriores habitáveis. Via nestas a conquista do espaço urbano perdido nas grandes cidades devido à expansão urbana.

Em 1924, Le Corbusier, juntamente com Charles-Edouard Jeanneret, publica os cinco elementos fundamentais da arquitetura moderna, dos quais os espaços exteriores das coberturas faziam parte. A sua arquitetura, pensada essencialmente para acolher coberturas planas, convidava os seus habitantes a ir para o exterior e a usufruir deste como lugar para estar e contemplar a paisagem envolvente. Em 1927, Le Corbusier publica *Théorie du toit-jardin* (Teoria do Terraço Jardim) na revista *L'Architecture Vivante*, onde apresentava as coberturas planas como terraços-jardim utilizáveis (Almeida, 2008).

Dos seus trabalhos, os que melhor refletem a forma como tratou e abordou a utilização das coberturas planas são: a famosa *Villa Savoye*⁵ (1928-31), em Poussy, Paris; as casas *Domino* (1914-15); a *Pessac workers house* (1926), Paris; os apartamentos *Unité d'Habitation* (1946-52), em Marseilles, França; os edifícios governamentais de Chandigarh (1952-56), Índia (Fig. 16,17 e 18).

5 Segundo Sigfried Giedion, "*The city dweller for whom it was designed wanted to look out over the countryside rather than be set down among the trees and shrubbery. He wanted to enjoy the view, the breezes, and the sun – to experience that unhurried natural freedom which his work deprived him off*" (Osmundson, 1999).

No meio de uma cidade que passava a ser mais vertical, a utilização de vegetação aplicada sobre coberturas planas surgiu como uma das soluções à constante procura de espaços exteriores. Em 1930, o arquiteto paisagista alemão, Harri Maasz, imaginou um modelo de cidade onde o homem poderia passear ao longo das coberturas vegetais criadas no topo dos vários edifícios (Werthmann, 2007).



Fig. 16,17 e 18 – Terraço do 2º piso da *Villa Savoye* (à esquerda), *Villa Savoye* – ligação interior-exterior (ao centro). Fonte: <<http://www.divhouse.com/villa-savoye-by-architect-le-corbusier>>; *Pessac workers house* (à direita). Fonte: <<http://mtkomori.hubpages.com/hub/Frank-Lloyd-Wright-and-Japanese-Woodblock-Prints>>.

A utilização das coberturas dos edifícios como espaço exterior começou a ser acessível a uma grande parte da população. Este tipo de espaços de recreio e lazer passava agora a estar disponível para classes sociais mais baixas, ao contrário do que se vinha a verificar até então, quando estes eram apenas acessíveis a Duques, Reis e milionários que os mandavam construir nas suas habitações.

Em 1933, nos EUA, após ficar horrorizado com a vista de uma das janelas dos escritórios do *Rockefeller Center* sobre as coberturas dos edifícios vizinhos, o arquiteto Raymond Hood pensou que a renda de cada escritório podia ser determinada tendo em conta a qualidade da vista sobre a envolvente (Fig. 19). Propôs então que sobre as coberturas planas dos edifícios dos escritórios mais baixos fossem instalados pequenos jardins, densamente plantados, de forma a valorizar a vista que se tinha de cada escritório. A este conceito chamou “*viewsapes*” (Osmundson, 1999). Hood projetou as coberturas vegetais de forma a permitir que a ligação entre elas fosse efetuada através de pontes. Apesar de bem aceite, o seu projeto nunca foi totalmente executado. Após a sua morte em

1934, o caráter de oásis urbano de “uma cidade acima da cidade” que tinha sido previsto, tornou-se um simples conjunto de jardins decorativos, perdendo a dimensão global prevista inicialmente (Almeida, 2008).

No Brasil, com Lúcio Costa como Ministro da Educação e Saúde, o arquiteto paisagista Roberto Burle Marx foi convidado a projetar duas coberturas vegetais no Rio de Janeiro (Fig. 20). A primeira em 1938, sobre o edifício do Ministério da Educação e da Cultura e o segundo em 1940 sobre o edifício da Associação Brasileira de Imprensa (Osmundson, 1999).



Fig. 19 e 20 – Terraços do *Rockefeller Center* em Nova Iorque (à esquerda). Fonte: Osmundson, (1999), p. 132; Perspetiva da cobertura vegetal do Ministério da Educação e da Cultura do Rio de Janeiro (à direita). Fonte: <<http://www.construblog.com.br/burle-marx/burle-marx-palacio-gustavo-capanema/>>.

Ainda em 1938, em Londres, é aberto ao público um dos mais conhecidos jardins modernos. Localizado a 30 metros de altura, sobre o edifício *Derry and Toms Department Store*, existe ainda hoje um enorme jardim (aproximadamente 4000 metros quadrados) repleto de vegetação arbórea, arbustiva e herbácea. O acesso é efetuado por elevador a partir da *Derry Street* (Fig. 21, 22 e 23).

Ao contrário do que se tinha verificado nos séculos anteriores, em que se pretendia reproduzir cenários naturais que invocavam a estética e o sublime, no período moderno, o peso simbólico dado à natureza foi ignorado, tendo sido favorecido o caráter naturalista da

paisagem.

As componentes, funcional, cultural e ecológica passaram a constituir os principais desígnios da conceção do espaço.



Fig. 21, 22 e 23 – Terraços do *Derry and Toms Department Store* no início do séc. XX(em cima à esquerda); Terraços do *Derry and Toms Department Store* atualmente (em cima à direita); Vista panorâmica atual do jardim *Derry and Toms Department Store* (em baixo) Fonte: <<http://thlandscapedesign.blogspot.pt/2010/06/kensington-roof-gardens.html>>.

2.3. AS COBERTURAS VEGETAIS APÓS A II GUERRA MUNDIAL

A situação de pós-guerra marca a viragem na reconquista da liberdade de expressão pelos arquitetos e, simultaneamente, do espaço, para afirmar a inevitabilidade da arquitetura moderna. Os arquitetos reclamam a industrialização e a sua participação na resolução do problema da habitação. Reivindica-se a intervenção na cidade a outra escala que não a do

edifício isolado, como Le Corbusier já tinha enunciado no seu estudo *Ville Radieuse*.

No entanto, ao contrário do Modernismo, em que o pensamento utópico e o racionalismo pareciam encaminhar as transformações da sociedade, a partir dos anos 60, a tradição passa a constituir a referência mais forte para se concretizar uma mudança na interpretação da natureza.

Este novo período (pós-Modernismo), contesta a prioridade dada à função sobre a forma, defendida no Modernismo, e reivindica a atitude contrária. O que há a reter do período modernista são as preocupações higienistas que consistiam na melhoria da salubridade do espaço urbano e das suas edificações, nomeadamente nas funções benéficas que a vegetação transporta para o meio urbano, confirmadas por investigadores desde o século XIX (Magalhães, 2001).

No final da década de 50, início da década de 60, começaram a ser desenvolvidas e aperfeiçoadas, nomeadamente em países como a Alemanha e a Suíça, novas técnicas e materiais para a construção de coberturas vegetais.

Na Alemanha, durante a década de 60, surgiram movimentos e grupos ecologistas que procuravam novas formas de viver e de construir as suas casas, sobretudo assentes na pragmática “*greening the city rooftops*” (Dunnett & Kingsbury, 2008).

Ecologistas, bem como escritores e artistas, imaginavam a cidade do futuro coberta de vegetação. Propunham torres com vegetação, superfícies planas plantadas, bem como vegetação nas varandas e coberturas. No início dos anos 70, estas imagens, acompanhadas com publicações de livros e artigos sobre coberturas plantadas, consciencializaram a população sobre os benefícios dos sistemas de coberturas vegetais (Dunnett & Kingsbury, 2008).

Ainda durante a mesma década foi levada a cabo uma quantidade significativa de investigações sobre os possíveis benefícios da construção de coberturas vegetais, principalmente em áreas urbanas. Já nos anos 80, na sequência dos desenvolvimentos

ambientalistas e dos princípios higienistas do início do século XX, surgem os princípios ecologistas alertando para o importante papel da vegetação na cidade, nomeadamente na melhoria do meio ambiente e do equilíbrio psicofisiológico da população.

Este facto, associado a muitos outros, como o elevado custo de solo urbano e a necessidade de preservar e criar espaços exteriores em meio urbano, foram determinantes para a evolução do constante interesse pela construção de áreas plantadas sobre edificações.

A partir da década de 90, com os importantes casos de sucesso deste tipo de construções sobretudo na Europa, e com o aumento das preocupações com as alterações climáticas, as coberturas vegetais adquiriram maior importância, ocorrendo um *boom* por todo o mundo.

Hoje em dia, as coberturas vegetais estão a ser instaladas um pouco por todo o mundo, superando expectativas a nível climático e cultural. Especialistas, defendem que a instalação de áreas plantadas sobre coberturas de edifícios, só se torna um problema se a plantação for efetuada incorretamente, se os materiais utilizados forem de baixa qualidade ou se houver negligência nos trabalhos de construção, nomeadamente o desrespeito das cargas e dos declives admissíveis.

A Alemanha tem sido o principal centro de desenvolvimento deste tipo de coberturas. O rápido crescimento das cidades alemãs levou a uma enorme perda de solo e do seu coberto vegetal. Na tentativa de compensar as perdas de solo por a construção e por consequência de continuidade natural, em algumas cidades foram instaladas sobre as coberturas planas dos edifícios, coberturas vegetais. Atualmente, 43% das cidades alemãs concedem incentivos fiscais a entidades que pretendam instalar estes sistemas construtivos. Em 1989 existiam 1 milhão de metros quadrados de coberturas de edifícios revestidas com vegetação, em 1996 existiam 10 milhões e em 2001 atingiram-se os 13,5 milhões de metros quadrados, correspondentes a 14% das coberturas planas na Alemanha (Snodgrass, 2006).

Ainda na Alemanha, a *Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau* (Sociedade de Pesquisa para o Desenvolvimento da Paisagem e do Paisagismo), conhecida por FLL, publica em 1995 a sua primeira edição das Diretrizes para o Planeamento, Execução e Manutenção de Coberturas Vegetais.

À semelhança do que acontece na Alemanha, na Áustria, em Linz, desde 1983 que são pagas contrapartidas a quem construir nos seus edifícios coberturas vegetais. Este incentivo deve-se ao facto de Linz, devido à sua história de evolução da cidade, apresentar elevado índice de ocupação do solo, de poluição e de falta de espaços exteriores e de apresentar uma forte necessidade de rejuvenescimento.

Na Suíça, atualmente, mais de 12% das coberturas planas dos edifícios são plantadas, existindo a obrigação por parte do investidor de plantar 25% da cobertura de novos estabelecimentos comerciais (Snodgrass, 2006).

Em Inglaterra, as coberturas vegetais estão a ser instaladas em áreas urbanas para promover *habitats* para pássaros e outras espécies animais. Londres e Sheffield já aprovaram medidas municipais para a promoção das coberturas vegetais na sua cidade.

Em contraste, na América do Norte, estes são instalados por questões económicas, como uma estratégia para reduzir o gasto de energia, consumida sobretudo pelos sistemas de ar condicionado, levando a uma poupança a longo prazo (Dunnett & Kingsbury, 2008). Estas estruturas começam a ser comuns em cidades como Chicago, Toronto, Atlanta e Portland.

Em climas húmidos e quentes, do Sudoeste Asiático e parte da América do Sul, as coberturas vegetais têm surgido com a função de mitigar o efeito de Ilha de Calor Urbano (UHI). Segundo alguns autores, os governos do Japão e Singapura têm apresentado um interesse crescente em utilizar as coberturas vegetais (o governo Japonês introduziu a exigência de que os novos edifícios privados com mais de 1000 m² e edifícios públicos com mais de 250 m² deverão ter pelo menos 20% da cobertura com vegetação)⁶ como forma de

6 Dunnett, N. & Kingsbury, N. (2008). *Planting Green Roofs and Living Walls*, 2nd edition. Timber Press Inc., Potland, USA

minimizar o efeito UHI, de promover espaços verdes urbanos para a população e como forma de combate às inundações.

Na Austrália a sua construção também começa a ser muito comum, existindo um verdadeiro interesse em instaurar políticas de desenvolvimento e implantação. O governo australiano fornece subsídios para a instalação de coberturas vegetais em três fases do projeto (planeamento, construção e manutenção).

Em Portugal, devido à expansão urbana desordenada que se tem verificado e aos problemas que a cidade atual apresenta começa a surgir uma forte necessidade de encontrar soluções que possam atender às suas exigências. Apesar das coberturas vegetais ainda serem instaladas principalmente como uma solução estética, muitos autores têm vindo a debater as suas reais funções e benefícios tanto em ações de formação como em ações de sensibilização. O mercado destas estruturas começa agora a emergir e, após o entendimento dos seus benefícios, as coberturas vegetais surgem como uma real forma de minimizar os impactos negativos da construção desmesurada e de responder à necessidade de espaços verdes e vegetação na cidade.

25

Um pouco por todo o mundo têm surgido associações nacionais e internacionais com o objetivo de promover uma maior utilização das coberturas vegetais, divulgar os seus benefícios, fornecer materiais de apoio à sua instalação e construção, criar regulamentos e normas de construção e apoiar os decisores políticos na criação de legislação. As mais conhecidas são o IGRA (*International Green Roof Association*) e a EBF (*European Federation of Green Roof Association*).

A EBF foi criada em 1997 pelas *Green Roof Associations* da Áustria, Alemanha e Suíça. Mais tarde juntaram-se a estas as associações da Holanda, Bélgica, Escandinávia, Hungria, Itália, Polónia e Inglaterra. Em 2010 a associação Grega passou também a fazer parte deste grupo.

2.4. AS COBERTURAS VEGETAIS EM PORTUGAL

Em Portugal, os exemplos mais antigos e em melhor estado de conservação da construção de jardins sobre coberturas de edifícios remonta ao século XVIII, período Barroco português. É nas Quintas de Recreio que encontramos os exemplos mais importantes deste tipo de construção, parte integrante do património paisagístico, nomeadamente na Quinta Real de Caxias e Quinta Real de Queluz.

Propriedade da Casa do Infantado, a Quinta Real de Caxias, foi mandada edificar na primeira metade do século XVIII pelo Infante D. Francisco, prolongando-se a sua construção até ao início do século XIX. Das obras levadas a cabo na segunda metade do século XVIII, datam a construção da Cascata e a organização do jardim. Da construção da grande cascata e dos seus reservatórios de captação e distribuição de água, resultaram enormes socalcos, os quais foram amenizados pela colocação de vegetação nas suas coberturas (Fig. 24). Dos seus patamares pode-se tirar partido da vista privilegiada sobre o jardim de buxos, existente no nível inferior, e deambular pelo meio da vegetação percorrendo os seus corredores.

26



Fig. 24 e 25 – Jardim da Cascata da Quinta Real de Caxias (à esquerda). Fonte: <<http://marialynce.wordpress.com/2010/05/04/a-real-cascata-ii/>>; Jardim Pênsil da Quinta Real de Queluz (à direita). Fonte: <<http://homepage.oninet.pt/269mba/letrinha/passear/queluz.htm>>.

A Quinta Real de Queluz, hoje conhecida por Palácio Nacional de Queluz, deve a sua construção à iniciativa de D. Pedro III (1717-1786). Um dos jardins desta Quinta é o jardim

Pênsil ou de Neptuno, o qual foi construído sobre um reservatório de água, peça central do sistema de captação e distribuição de águas (Fig. 25). O seu sistema hidráulico foi estruturado em 1758 e em 1765 foram desenhados os *parterres de broderie* em buxos que formalizam o jardim. Para a sua plantação foram importadas da Holanda centenas de árvores e arbustos, nomeadamente buxo e murta (in página oficial⁷ Palácio Nacional de Queluz).

Só séculos mais tarde, influenciado pela arquitetura modernista e pelos seus princípios fundamentais presentes na Carta de Atenas, volta a haver registo em Portugal da construção de jardins sobre as coberturas de edifícios.

Projetada pelos arquitetos paisagistas Viana Barreto, Álvaro Dentinho e Albano Castelo Branco sobre os terraços do Hotel Ritz em Lisboa, surge em 1956 a primeira cobertura vegetal da época moderna em Portugal. As suas experiências viriam mais tarde a ser transpostas para a Fundação Gulbenkian (Fig. 26).

27



Fig. 26 e 27 – Cobertura vegetal do Hotel Ritz em Lisboa (à esquerda). Fonte: <www.monumentos.pt>; Vista aérea sobre as coberturas vegetais da Fundação Calouste Gulbenkian (à direita). Fonte: <<http://maps.google.pt>>.

Nos finais da década de 60 são construídos os jardins da Fundação Calouste Gulbenkian segundo um projeto dos arquitetos paisagistas António Viana Barreto e Gonçalo Ribeiro Telles. Parte integrante deste projeto são as coberturas vegetais propostas para o topo de alguns dos edifícios, cobertos parcial ou totalmente por vegetação (Fig. 27). Desta

⁷ <http://pnqueluz.imc-ip.pt/pt-PT/jardins/ContentList.aspx>

obra interessa realçar o importante papel que a vegetação das coberturas vegetais e do jardim envolvente aos edifícios desempenha na relação interior-exterior.

Na década de 80, da autoria do arquiteto paisagista Manuel Sousa Câmara, foram construídos os jardins do edifício sede da Portugal Telecom em Picoas, Lisboa. Instalado sobre as coberturas do edifício, construídas a diferentes cotas, o jardim privado é acessível a partir do interior do edifício e pelo acesso de emergência existente, a partir da Praça José Fontana (Fig. 28). Estes jardins, com desenho formal, foram construídos sobre um eficiente sistema de drenagem, onde a vegetação herbácea, arbustiva e arbórea de pequeno porte cresce com grande pujança, povoando toda a área da cobertura. Os jardins inferiores, bem como o parque José Fontana com o qual mantêm proximidade e forte ligação visual, são visíveis do patamar superior e dos edifícios vizinhos, oferecendo vistas privilegiadas à envolvente.



Fig. 28 e 29 – Coberturas vegetais da Portugal Telecom em Picoas (à esquerda). Fonte: <<http://www.bing.com/maps/>>; Vista sobre o Centro Cultural de Belém (à direita). Fonte: <<http://en.wikipedia.org/wiki/File:CentroCulturalBelem-CCBY.jpg>>.

No início dos anos 90, foi construído em Lisboa, sobre parte da cobertura dos edifícios do Centro Cultural de Belém (CCB), uma cobertura vegetal com aproximadamente dois hectares, da autoria de Francisco Caldeira Cabral e Elsa Matos Severino, hoje conhecida como Jardim das Oliveiras (Fig. 29). Os jardins distribuem-se pelos diferentes módulos do edifício, sendo um exposto a Norte, com vista para o Mosteiro dos Jerónimos e três

expostos a Sul, com vista para o Rio Tejo. Constituindo um elemento fundamental na humanização do conjunto arquitetónico que constitui o CCB, destinado essencialmente a ser o suporte de atividades culturais, os seus jardins procuram devolver aos seus utilizadores a tranquilidade que poderá estimular a criatividade e a abertura de espírito para um completo envolvimento nas atividades culturais do centro (Cabral, 2002). Os jardins, de malha essencialmente ortogonal, são povoados por todo tipo de estratos vegetais (herbácea, arbustiva e arbórea), criando locais de sombra e de estadia onde a presença de água é uma constante, quer pela presença de grandes tanques de água quer pela existência de caleiras que distribuem e conduzem a água ao longo de todo o jardim. O acesso aos mesmos pode ser feito pelo interior do edifício ou por escadarias de acesso direto à via pública.

Após a Exposição Mundial de 1998 (Expo '98) que decorreu em Lisboa, foi dado início ao projeto de requalificação urbana que engloba o antigo recinto de exposições bem como alguns dos terrenos contíguos, dando forma ao conhecido Parque das Nações.

Concluído ainda em 1998, surge naquele que viria a ser o Parque das Nações, um edifício da responsabilidade da empresa Tirone Nunes, intitulado de Torre Verde. A Torre Verde é um edifício de habitação com projeto bioclimático que usufrui de uma área ajardinada localizada no embasamento e no terraço comum localizado no 10º piso, que proporciona aos habitantes áreas de interação com vistas privilegiadas sobre o Mar da Palha e o próprio Parque das Nações. Livia Tirone refere que “são espaços verdes de proximidade que satisfazem as necessidades visuais e emocionais dos habitantes, mas também as necessidades de passear e de ter espaços de lazer acessíveis, não totalmente públicos, que fomentam oportunidades de interação entre vizinhos para fortalecimento do sentido de comunidade, que se perdeu quando as populações começaram a habitar as cidades”⁸. Este projeto pretende demonstrar a nível nacional e internacional que, mesmo em contexto urbano de alta densidade, é possível alcançar elevados níveis de conforto durante

8 Tirone, L., *apud* Pereira, G., (2009). *A Quinta Fachada*. National Geographic Portugal, nº98, p.103

todo o ano, partindo da eficiência energética, recorrendo a energias renováveis e a novas técnicas construtivas.

Da requalificação, levada a cabo após o término da Exposição, surgem novos edifícios baseados nas novas tendências e tecnologias bem como nas importantes questões relacionadas com a sustentabilidade e eficiência energética.

Levados a cabo pelo *atelier* Topiaris, coordenado pelo arquiteto paisagista Luís Paulo Ribeiro, surgem a partir do ano 2000 no atual Parque das Nações um elevado numero de intervenções paisagísticas executadas sobre espaço edificado que impulsionaram e elevaram a construção de coberturas vegetais em Portugal. Dos seus projetos são de destacar o Edifício SONY e IBM construídos em 2000, sobre uma área de cobertura do piso de estacionamento dos edifícios, que constitui uma área privada de acesso público e o conjunto de terraços contíguos afetos aos edifícios de escritórios das Torre Zen, Torre Fernão de Magalhães e Central Office, com 2120, 2200 e 1500 m² respetivamente, executados entre 2001 e 2002 e localizados na nova zona urbana do Parque das Nações (Fig. 30 e 31).



Fig. 30 e 31 – Espaços exteriores do edifício SONY (à esquerda) e Espaços exteriores do edifício IBM (à direita). Fonte: <<http://www.topiaris.com/>>

Ainda em 2001, levado a cabo pelo *atelier* AP, Estudos e Projectos de Arquitectura Paisagista, Lda, no âmbito da requalificação do centro histórico de Évora, no local onde existia o antigo jardim da Praça Joaquim António de Aguiar, é construído um parque de

estacionamento subterrâneo, sobre o qual é executado um jardim de caráter público e acesso livre. Neste foi instalado um grande relvado e plantadas diversas árvores e arbustos, estrategicamente localizadas, bem como um elemento de água que marca forte presença no espaço.

Em 2003, é construído na Ilha da Madeira o Parque Temático de Santana, da autoria do *atelier* Topiaris. Com 14 hectares, constitui um grande espaço de recreio e lazer, o qual é apoiado por 4 pavilhões temáticos encaixados ao longo da encosta e com uma presença mínima na paisagem. As coberturas dos edifícios foram relvadas, à semelhança da envolvente, permitindo salvaguardar as vistas em direção ao mar.

Também da autoria do *atelier* Topiaris, foi construído em 2005 o novo Campus da Justiça de Lisboa, localizado no Parque das Nações. Com 12000 m², a área de intervenção integra uma plataforma sobre laje de cobertura do piso de estacionamento, sobrelevada em relação ao sistema de circulação público. De caráter público, na praça central formalizada pelos edifícios podemos encontrar um grande leque de vegetação arbórea e arbustiva, zonas de estadia, bem como um grande plano de água.



Fig. 32, 33 e 34 – Jardim da Praça Joaquim António de Aguiar, Évora (à esquerda). Fonte: <<http://clubebadmintonevora.blogspot.pt>>; Parque Temático de Santana (ao centro) e Campus da Justiça de Lisboa (à direita). Fonte: <<http://www.topiaris.com/>>.

Em 2006 é finalizada a construção da sede do Banco Mais em Lisboa. Da autoria de Gonçalo Byrne. O projeto consistiu na adaptação de um armazém do século XIX para a instalação de um edifício de escritórios. Paredes meias com o jardim do Museu Nacional de Arte Antiga, na cobertura do edifício foi instalado um *deck* de madeira e vegetação arbustiva

e herbácea. A cobertura vegetal, destinada a aumentar o conforto ambiental e com o objetivo de baixar o consumo de energia, é considerada um dos exemplos de construção sustentável aplicado a edifícios de escritório.

Já no final da primeira década do século XXI, é construído em Almada, em 2008, o Almada Business Center, da responsabilidade do *atelier* Topiaris. Construído sobre uma laje de cobertura de estacionamento, é um espaço exterior privado de uso público, repleto de vegetação e amenizado pela presença de um enorme plano de água.



Fig. 35, 36 e 37 – Cobertura vegetal da sede do Banco Mais em Lisboa (à esquerda). Fonte: <<http://www.byrnearqu.com>>; Espaços exteriores do Almada Business Center (ao centro). Fonte: <<http://www.topiaris.com/>>; Estação de Tratamento de águas Residuais de Alcântara (à direita). Fonte: <<http://www.leonardofinotti.com/projects/etar-slash-alcantara>>.

Com projeto iniciado em 2006 e obra concluída em 2011 é de salientar a nova Estação de Tratamento de águas Residuais de Alcântara. Situada no vale de Alcântara, zona urbana, a cobertura vegetal da estação foi projetada pelo *atelier* PROAP, e permitiu a requalificação e integração paisagística da estação, através da cobertura que reduz o impacto no vale de Alcântara e dá a ideia de continuidade de espaço natural.

Apesar de apenas terem sido enumerados estes exemplos de coberturas vegetais em Portugal, muitos outros existem, principalmente a partir do século XXI. Estes surgem sobretudo sobre centros comerciais, hotéis, estacionamentos, edifícios públicos e privados.

CAPÍTULO III

3. FUNÇÕES DAS COBERTURAS VEGETAIS

3.1. TIPOLOGIAS

O termo cobertura vegetal (*vegetated roof*), também conhecido por coberturas verdes (*green roof*), coberturas ecológicas (*eco-roof*), coberturas vivas (*living roof*), coberturas plantadas (*planted Roof*), entre outros, tem como base o uso da vegetação, autóctone ou ornamental, para melhorar o desempenho e a fisionomia das coberturas planas e inclinadas de edifícios (Snodgrass, 2010).

Existindo várias definições para cada um dos termos acima apontados e, não havendo uniformidade em Portugal relativamente ao termo que melhor traduz este tipo de construções, na execução deste trabalho optou-se pela utilização do termo cobertura vegetal, por se considerar ser o mais correto e que melhor traduz este tipo de construções.

Proveniente da junção dos termos **Cobertura** do latim *cooperio* mais *-ire*, cobrir completamente ou ato de cobrir e **Vegetal**, termo usado na botânica para caracterizar o *Reino Plantae* (reino vegetal) como empregou Carolus Linnaeus, pretende-se com a terminologia adotada (Cobertura Vegetal) caracterizar um tipo de construção empregue sobre uma laje ou cobertura, plana ou inclinada, em que sobre uma camada de solo de qualquer espessura é instalada vegetação. Desta forma, entende-se por cobertura vegetal qualquer espaço aberto plantado, destinado ao usufruto pelo homem ou a valorização ambiental, instalado sobre um edifício ou estrutura, de uso público ou privado. Este pode-se localizar ao nível do solo ou vários níveis acima deste, servindo outras funções simultaneamente.

As coberturas vegetais são um sistema de construção, tal como o nome indica, que permite que a vegetação se desenvolva sobre a cobertura de um edifício ou estrutura, protegendo ao mesmo tempo a integridade da estrutura base (Earth Pledge, 2005).

Os materiais específicos utilizados na construção de coberturas vegetais podem variar de acordo com o tipo de projeto. No entanto, todas as coberturas vegetais têm os mesmos

componentes básicos. Para que uma cobertura funcione corretamente, devem fazer parte da sua construção: uma membrana de impermeabilização instalada sobre a laje de cobertura do edifício, uma barreira de proteção da membrana, um sistema de isolamento térmico, um sistema de drenagem e retenção de água, uma barreira antirraízes, um meio para crescimento e suporte de plantas (substrato ou substrato técnico) e por fim vegetação, quer herbácea, quer arbustiva ou arbórea. Pensadas sobretudo para albergar vegetação, o método construtivo das coberturas vegetais destina-se a imitar o que acontece na natureza (Horizontes O, A, E, B, C e R)⁹ (Fig. 38 e 39).

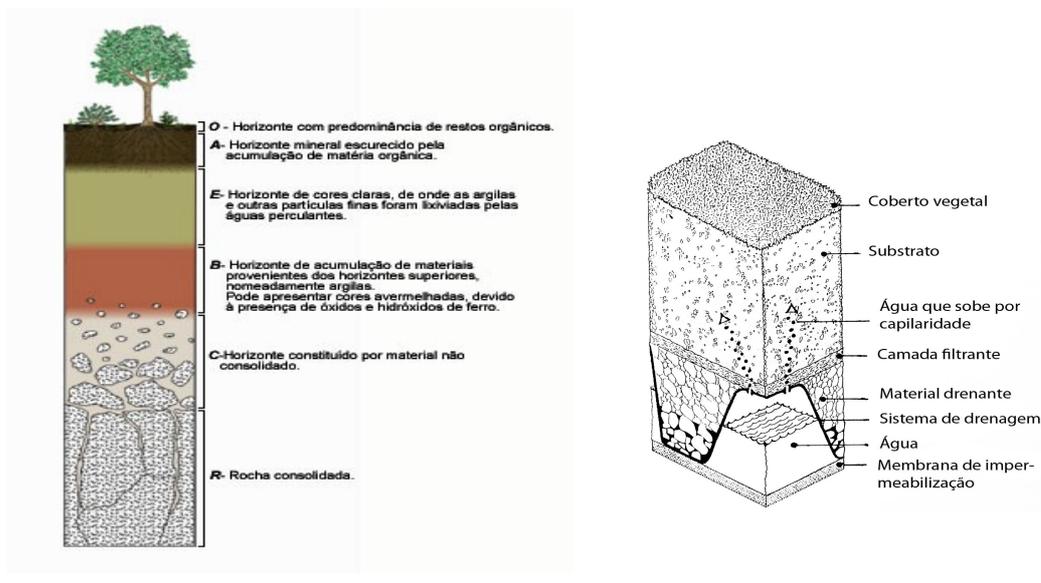


Fig. 38 e 39 – Horizontes do solo natural (à esquerda). Fonte: <<http://www.dct.uminho.pt>>; Horizontes de uma cobertura vegetal (à direita). Fonte: Adaptado de Osmundson, (1999), p.183.

O desempenho ecológico de cada cobertura vegetal está estritamente ligado ao bom funcionamento de cada um dos seus componentes. Se algum desses componentes estruturais for mal instalado ou deixar de desempenhar a sua função corretamente, a estabilidade do sistema que se criou poderá ser posta em causa, podendo levar ao declínio parcial ou total da cobertura vegetal.

Uma boa compreensão dos materiais que constituem uma cobertura vegetal é

⁹ Os solos evoluídos possuem normalmente várias camadas sobrepostas, designadas de horizontes. Estas camadas são formadas pela ação simultânea de processos físicos, químicos e biológicos e podem distinguir-se entre si através de diferentes propriedades. (Fonte: <http://www.dct.uminho.pt>)

fundamental para entender a forma e a função ecológica de cada cobertura (Earth Pledge, 2005).

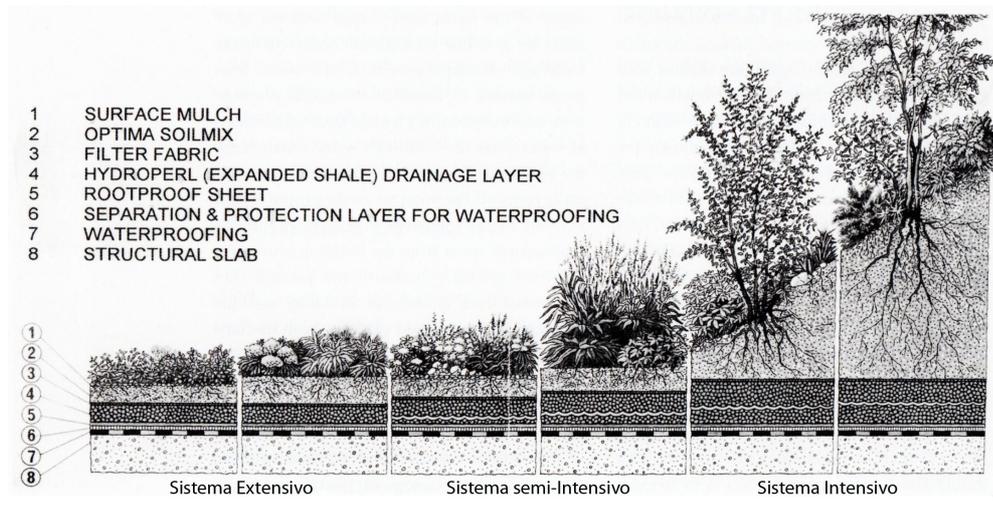


Fig. 40 – Esquema de divisão de coberturas vegetais e método fundamental de construção. Fonte: Adaptado de Osmundson, (1999), p.182.

As coberturas vegetais são geralmente categorizadas em Sistemas Intensivos e Extensivos que segundo o Guia da FLL dependem do uso, dos fatores que afetam a construção e do método utilizado para realizar o trabalho (Tabela 1). Esta distinção entre tipologias de construção desempenha um papel crucial na determinação dos diferentes tipos de vegetação possíveis de utilizar (Fig 40). Cada uma destas tipologias de coberturas vegetais abrange uma grande variedade de formas de construção e de cultivo, com transições perfeitas entre ambos, aplicados em diferentes locais específicos (FLL, 2002).

	Extensivos	Semi-Intensivos	Intensivos
Uso	ecológico (não suporta carga adicional)	pequeno jardim (pouca carga adicional)	jardim (cargas adicionais elevadas)
Espessura do substrato	2 – 20 cm	15 – 25 cm	15 - >100 cm
Tipo de vegetação	herbáceas / gramíneas / suculentas	arbustos / herbáceas / gramíneas	árvores / arbustos / gramíneas / herbáceas /
Peso (saturado)	85 – 150 Kg/m ²	150 – 250 kg/m ²	200 - >500 Kg/m ²
Tipo de manutenção	baixa	moderada	elevada
Necessidade de rega	baixa	moderada	intensa (variando de acordo com o tipo vegetação)

Tabela 1 – Esquema de divisão de coberturas vegetais e suas principais características. Fonte: Adaptado de FLL, (2002).

As coberturas vegetais extensivas, também denominadas por eco telhados e telhados gramados, são conhecidas por serem leves, de baixa manutenção, geralmente inacessíveis e de reduzida utilização e acesso, exceto para manutenção (Fig. 41, 42 e 43). A espessura de substrato aplicado varia na sua maioria entre os 8 e os 15 cm, atingindo quando saturado os 85 a 150 Kg/m², variando a carga sobretudo com o tipo de substrato aplicado e a sua espessura. A vegetação utilizada nesta tipologia de coberturas corresponde, em geral, a plantas resistentes, adaptadas a condições atmosféricas extremas e/ou autóctones e capazes de se autopropagar, levando a uma reduzida necessidade de manutenção. Apesar de dominados na sua maioria por vegetação resistente à seca (musgos, suculentas, *sedums*, herbáceas e gramíneas), em climas mais quentes como o mediterrâneo pode surgir a necessidade de instalação de sistemas de rega que lhes forneçam água nos períodos mais quentes. Regra geral, os sistemas extensivos são os que têm custos de instalação e manutenção mais baixos. Dependendo do objetivo da cobertura vegetal construída, da região climática onde se insere e do tipo de construção utilizado, em alguns dos casos pode-se verificar a necessidade de fornecimento de nutrientes à vegetação durante o processo de manutenção das coberturas. Os principais objetivos da sua construção prendem-se com o isolamento, com as questões ecológicas e a melhoria estética das coberturas dos edifícios.



Fig. 41, 41 e 43 – Exemplos de coberturas vegetais extensivas: Academia de Ciências da Califórnia, Museu de Historia Natural (à esquerda), Life Expression Chiropractic Center (ao

centro), Ford Rouge Center Truck Plant (à direita). Fonte: Earth Pledge (2005).

As coberturas vegetais intensivas, são funcionalmente e esteticamente similares aos antigos jardins construídos até ao final do século XVIII. Segundo (Osmundson, 1999) as coberturas vegetais intensivas podem atingir a tipologia e dimensão de jardins ou parques, semelhantes aos que encontrados por todo o mundo, ao nível do solo (Fig. 44, 45 e 46). Na sua maioria instaladas em coberturas ao nível do solo, estas são geralmente de livre acesso ao público, apesar do investimento da sua construção e da do edifício onde estão instaladas ser de origem privada. Este tipo de cobertura pode suportar na sua composição percursos, locais de lazer e estadia, elementos de água e estruturas de ensombramento, nomeadamente pérgulas.



Fig. 44, 45 e 46 – Exemplos de coberturas vegetais Intensivas: Campus da Justiça de Lisboa (à esquerda) e Espaços exteriores do Almada Business Center (ao centro). Fonte: <<http://www.topiaris.com/>>; Jubilee Park Canary Wharf (à direita). Fonte: Earth Pledge, (2005).

Divididos entre coberturas vegetais intensivas e semi-intensivas, são assim designados devido à sua constante necessidade de manutenção, ao tipo de utilização que poderão suportar, à espessura do substrato aplicado e por consequência o tipo de vegetação passível de ser instalada e devido à sua maior ou menor necessidade de rega (ver tabela 1).

Instaladas para ser utilizadas e servir de espaço de recreio e lazer, o edifício onde estão implantadas deve estar preparado para suportar a sua carga bem como a da ocupação humana. Totalmente pensadas pela especialidade de arquitetura paisagista, as plantações são efetuadas de forma cuidada e instaladas sobre camadas de substrato mais

profundas que nas extensivas, podendo neste caso suportar uma maior variedade de plantas. Nesta tipologia de cobertura é possível o plantio de herbáceas, arbustos e árvores, permitindo desenvolver ecossistemas mais complexos, em função da espessura de substrato disponível e da carga que a laje possa suportar. No caso das coberturas intensivas, as questões relacionadas com a irrigação, adubação, controlo de infestantes e seleção de plantas devem ser cuidadosamente consideradas.

No que respeita às coberturas vegetais semi-intensivas, pouco diferem das coberturas intensivas, focando-se as suas principais diferenças no tipo de vegetação utilizada e na espessura do substrato disponível para a plantação. Esta tipologia de coberturas é caracterizada pela utilização de pequena vegetação herbácea, gramíneas e pequenos arbustos, pela necessidade de manutenção moderada e a necessidade ocasional de irrigação. A profundidade do substrato pode variar entre os 15 (quinze) e os 25 (vinte cinco) centímetros, condicionando desta forma o tipo de vegetação a utilizar. Este sistema é capaz de reter mais água da chuva do que o sistema de cobertura extensivo, oferecendo um maior potencial para a criação de um sistema ecológico mais rico. Com um custo de construção mais baixo que o sistema intensivo, este pode-se aproximar em muito da tipologia de jardim.

Subjacente à mesma base construtiva e aos mesmos princípios ecológicos que as coberturas vegetais, existem outros espaços construídos sobre cobertura de edifícios, que quando formalizados se assemelham em muito às coberturas vegetais extensivas. Das existentes merecem especial destaque os *Sod Roofs*, os *Brown Roofs* e os *Earth Sheltering*.

De forma a suportar os invernos rigorosos sentidos no norte da Europa, os Noruegueses criaram há muitos séculos atrás métodos para viver em condições atmosféricas extremas. Um desses métodos são os *Sod Roofs* (*torvtak*, em Norueguês), uma cobertura construída sobre madeira e casca de bétula, com terra como forma de

isolamento, plantada com gramíneas e outras plantas de forma a estabilizar o solo (Osmundson, 1999). O segredo da impermeabilização destes sistemas está nas várias camadas de casca de bétula que eram instaladas, permitindo um perfeito isolamento da cobertura (Fig, 47). A terra e grama aplicada sobre a casca de bétula era retirada da envolvente da habitação e cortada em paralelepípedo de aproximadamente 30 (trinta) centímetros de lado e 7 (sete) centímetros de espessura. Uma primeira camada era colocada com a grama virada para baixo, de forma a proteger a casca de bétula e a favorecer a drenagem, sendo a segunda camada colocada com a grama virada para cima, favorecendo o seu desenvolvimento e criando uma estrutura sólida. Sendo que estas coberturas tinham uma inclinação igual ou aproximada à de um telhado comum, de forma a favorecer o escoamento da água e de parte da neve, ao longo do beirado eram colocadas fortes vigas de forma a segurar as camadas de terra e grama.



Fig. 47, 48 e 49 – Pormenor da construção de um Sod Roof (à esquerda). Sod roofs numa quinta em Gudbrandsdal, Noruega (ao centro). Fonte: <http://en.wikipedia.org/wiki/Sod_roof>; Sod Roof na escandinávia (à direita). Fonte: <<https://picasaweb.google.com>>

Existentes provavelmente desde a Pré-História até ao final do século XIX, comuns durante o tempo dos Vikings e Idade Média, este tipo de coberturas era bastante vulgar na construção de casas rurais de madeira existentes em grande parte da Escandinávia. Apesar das diferenças entre métodos construtivos os *Sod Roofs* estão possivelmente na origem das coberturas vegetais extensivas (Fig. 48 e 49).

Com origem nas coberturas vegetais extensivas, aplicando o mesmo método

construtivo, mas apoiados sobretudo nas questões ecológicas relacionadas com a biodiversidade surgem os *Brown Roofs*. Este tipo de construção apresenta uma grande flexibilidade no que respeita à sua conceção, podendo ser adaptado de acordo com as exigências do cliente e do arquiteto, de forma a cumprir as metas de sustentabilidade exigidas para a execução do edifício. O substrato utilizado na execução dos *Brown Roofs*, na sua maioria proveniente de detritos da própria obra quando o edifício é construído ou de construções vizinhas, é essencialmente constituído por materiais sobrantes, nomeadamente entulho proveniente de demolições que posteriormente são triturados e juntos com terra. De forma a promover as políticas ambientais, os materiais utilizados para a elaboração das diferentes camadas constituintes deste tipo de coberturas devem ser na sua maioria oriundos de materiais reciclados (Fig. 50). Assente nos princípios da evolução natural do meio, onde a vegetação deve surgir e se propagar de forma espontânea, os *Brown Roofs* devem sofrer o mínimo de intervenção humana possível. Para isso devem ser criadas condições de base para o desenvolvimento de *habitats* para insetos, zonas húmidas para o estabelecimento de musgos e líquenes, bem como condições para o aparecimento de vegetação autóctone, através da criação de diferentes ambientes. Desta forma podemos concluir que a força motriz que sustenta toda a teoria subjacente aos *Brown Roof* é o desejo de fomentar a biodiversidade espontânea e o desenvolvimento de *habitats* (Fig. 51) (Earth Pledge, 2005).



Fig. 50 e 51 – Exemplo de solo aplicado em Brown Roof (à esquerda) Desenvolvimento da vegetação num Brown Roof (à direita). Fonte: Earth Pledge, (2005).

Com base nas soluções arquitetônicas praticadas em alguns países do norte da Europa surgem os *Earth Sheltering*. Esta prática consiste na colocação de terra contra as construções e sobre a cobertura, com o intuito de criar isolamento térmico e desta forma reduzir a perda de calor interna dos edifícios. Esta técnica, apoiada pelos defensores da energia solar passiva e da arquitetura sustentável, permite manter constante a temperatura do ar, que de outra forma se alteraria facilmente. Estes edifícios são geralmente edificadas fora das zonas urbanas, sendo comuns em montes ou embutidos em zonas planas, confundindo-se muitas vezes com a paisagem envolvente (Fig. 52 e 53).

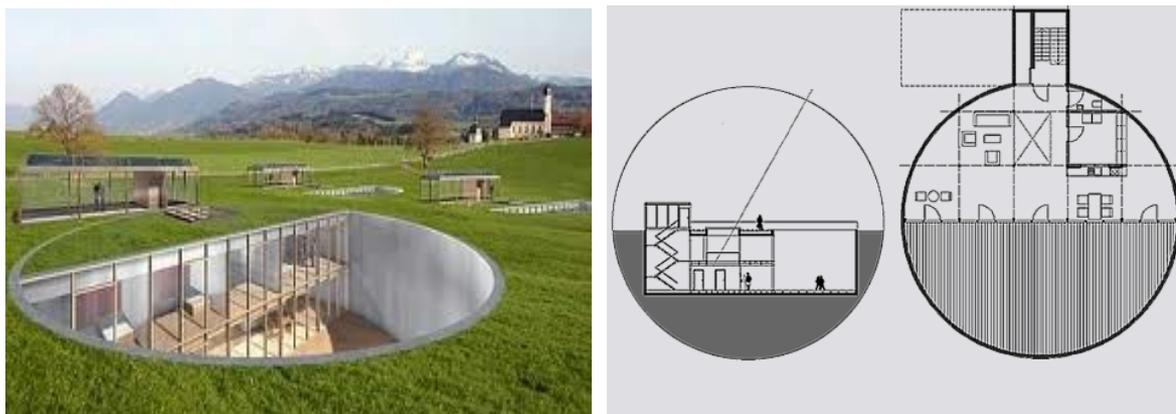


Fig. 52 e 53 – *Haus 0*, um projetoa equipa *Exilhäuser Architekten* na Alemanha (peperspetiva esquerda e planta do prprojeto direita). Fonte: <http://www.haus-o.de/home_flash.html>.

3.2. MATERIAIS E COMPONENTES

As coberturas vegetais provêm de ambos os elementos e técnicas da horticulura¹⁰ e dos componentes de um telhado tradicional. Existem três camadas distintas na sua composição, a camada composta pelos elementos que proporcionam a integridade estrutural da cobertura, a camada que compõe o meio de cultura para o desenvolvimento das plantas e a camada composta pela vegetação que irá povoar toda a cobertura.

10 Do latim *hortus*, -i, horto, jardim + *cultura*, significa cultivo e/ou arte de cultivar hortas e jardins.

Segundo vários autores existem oito elementos básicos na construção de qualquer cobertura vegetal, a membrana de impermeabilização da laje, a barreira de proteção, a barreira antirraízes, o isolamento térmico, a camada de drenagem, a camada filtrante, o meio de cultura (substrato) e a vegetação (Fig. 54 e 55). Os elementos que compõem cada camada permitem à vegetação crescer sobre uma superfície protegendo ao mesmo tempo a estrutura subjacente.

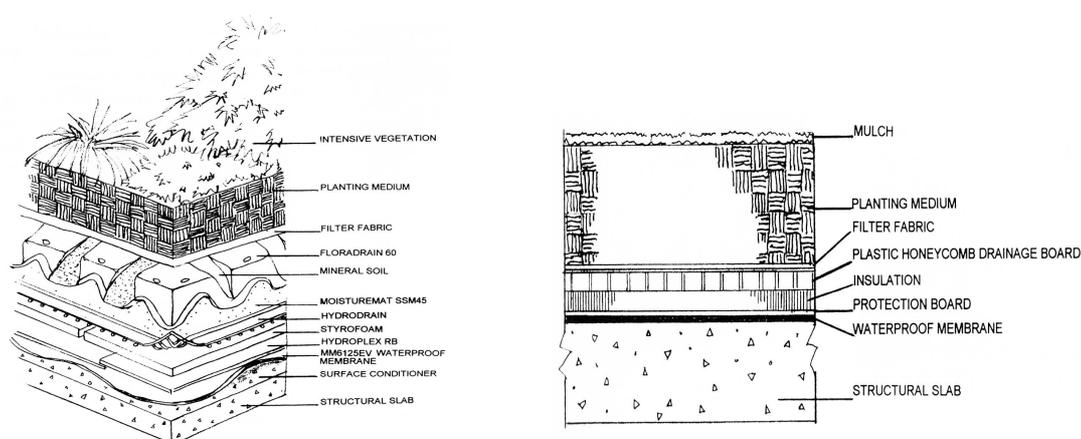


Fig. 54 e 55 – Sistema Intensivo (à esquerda) e Sistema Extensivo de Osmundson (à direita) Um, entre muitas das possibilidades para a sua pormenorização e construção. Fonte: Osmundson, (1999).

O sistema de coberturas vegetais moderno foi desenvolvido na Alemanha após vários anos de pesquisa e teste, tendo a Sociedade de Pesquisa para o Desenvolvimento da Paisagem e do Paisagismo (FLL - *Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau*) publicado um guia que estabelece de forma simples e compreensiva as suas principais formas *standard* de construção, os materiais a aplicar e técnicas de manutenção.

Hoje em dia encontram-se disponível no mercado, uma grande variedade de produto de fácil instalação, ideais para a construção de grandes coberturas vegetais e com certificado de garantia de prestigiadas marcas operantes no sector. Para pequenos projetos comprar os componentes separadamente pode-se tornar mais rentável e permitir também uma maior flexibilidade no *design* da cobertura. Numa grande percentagem dos projetos

executados atualmente, são aplicados materiais de um único fabricante, sendo a sua instalação levada a cabo pelo mesmo, de forma a assegurar uma maior viabilidade da obra. Por outro lado o arquiteto paisagista, juntamente com a equipa de arquitetos e engenheiros pode desenvolver um sistema eficaz com a mesma viabilidade. A opção dos materiais a utilizar depende em grande parte do tipo de cobertura, das cargas suportadas pelo edifício, da inclinação da cobertura e da região geográfica, variando estes de projeto para projeto.

3.2.1. Laje/cobertura do edifício

A laje do edifício é a principal camada estrutural de uma cobertura vegetal. Esta pode ser de betão, madeira, metal, ou outro material de construção que apresente capacidade estrutural para suportar sobre si as cargas provenientes da construção de uma cobertura vegetal (Srivastava, 2011). A instalação de uma cobertura vegetal requer um sistema estrutural de suporte adicional, sendo por isso necessária a elaboração de cálculos com base no aumento de carga que a laje irá sofrer e nas suas variações (substrato seco/substrato saturado, aumento da dimensão da vegetação e seu peso e cargas provenientes da manutenção).

Edifícios existentes cuja cobertura já é plana e que contêm outras formas de proteção da laje, nomeadamente gravilha e seixo rolado de baixa granulometria, são excelentes oportunidades para a instalação de coberturas vegetais pois na sua maioria não necessitam de apoio estrutural extra da laje (Dunnett & Kingsbury, 2008).

Em coberturas planas é comum a aplicação de uma camada de betonilha leve à qual é muitas vezes chamada camada de forma. Esta camada tem como principal objetivo a criação de pendentes de escoamento da água acumulada sobre a laje e é aplicada caso não exista qualquer pendente ou caso seja necessário criar mais do que um sentido de escoamento. Esta pode ser aplicada sobre a laje ou na maioria dos casos sobre o isolamento, como refere Theodore Osmundson.

A durabilidade da laje de cobertura e o sucesso da cobertura vegetal e consequentemente do edifício depende da correta impermeabilização e isolamento desta.

3.2.2. Membrana de impermeabilização

A membrana de impermeabilização é o elemento primário de proteção da laje e o mais importante, sendo tipicamente instalada abaixo de todos os outros componentes que constituem a cobertura vegetal. O objetivo principal da impermeabilização é manter a humidade indesejada proveniente da chuva, rega e da condensação longe da estrutura existente abaixo (laje). É ainda importante que a seleção da membrana a instalar esteja de acordo com as especificações dos outros componentes da cobertura vegetal. Após a aplicação da membrana e antes da aplicação de novas camadas deve ser executado um teste à estanquidade da estrutura e à acumulação de água, de forma a certificar a eficácia da impermeabilização e do escoamento das águas.

De acordo com a bibliografia estudada, nomeadamente Dunnett & Kingsbury e Colin Cheney¹¹, atualmente existem no mercado três tipos de membranas provenientes de diferentes materiais, tais como betuminoso¹², PVC¹³ e EPDM¹⁴ (Fig. 56).

As Membranas betuminosas modificadas são feitas por fusão de dois feltros betuminosos e um subproduto do carvão. De forma a aumentar a flexibilidade, elasticidade e força destas membranas ao betume é adicionada borracha sintética. As folhas feitas com estireno-butadieno-estireno (SBS¹⁵) são especialmente apropriadas para a utilização na

11 (Earth Pledge, 2005)

12 Betume, bitume (do latim *bitumine*) é a mistura sólida, semi-sólida, formada por compostos químicos (hidrocarbonetos), e que pode tanto ocorrer na Natureza como ser obtido artificialmente em processos de destilação do petróleo. Com diferentes aplicabilidades é comumente utilizado no isolamento e impermeabilização de edifícios.

13 Cloreto de polivinilo (PVC), é um plástico não proveniente 100% do petróleo e o terceiro mais produzido, depois do polietileno e polipropileno. O PVC é muito utilizado na construção devido à sua durabilidade e facilidade de manuseamento. Para aumentar a sua plasticidade podem ser incorporados químicos na sua elaboração, levando a uma maior aplicabilidade deste produto.

14 Monómero de etileno-propileno-dieno (classe M), EPDM é um tipo de borracha sintética e elastómero conhecido por possuir uma vasta gama de aplicações. O EPDM, quando utilizado na impermeabilização de edifícios tem a vantagem de não poluir as águas, importante quando estas são aproveitadas para saneamento na habitação bem como para outros fins.

15 SBS, do Inglês Styrene-Butadiene-Styrene, é um elastómero termoplástico sintético obtido por polimerização de uma

construção de coberturas vegetais (Earth Pledge, 2005). A aplicação destas membranas é efetuada recorrendo a fogo e a uma forma líquida, muitas vezes referida como borracha asfáltica, que quando aplicada sobre a laje e incendiada derrete e entrando em contacto com a membrana betuminosa a cola à laje.

As *membranas termoplásticas* (PVC) são fornecidas em grandes rolos e aplicadas após limpeza total da laje. O volume cilíndrico é desenrolado sobre a laje de forma a ocorrer sobreposição de camadas, sendo a membrana colada uma à outra através de calor ou fixadores mecânicos, formando uma grande estrutura impermeável. Este tipo de membranas é bastante comum na construção de coberturas vegetais (Earth Pledge, 2005).

As *membranas elastómeras* (EPDM) são feitas à base de borracha sintética e caracterizadas por serem fortes e resistentes a perfurações. Apesar da sua forte resistência este tipo de membranas não é muito utilizado na construção de coberturas vegetais, tudo devido ao facto de estas serem coladas umas às outras por meio de adesivo, o que fragiliza a união, tornando-se suscetível à intrusão radicular.



Fig. 56 – Membrana de impermeabilização em PVC (à esquerda) e membrana Betuminosa (à direita). Fonte: Earth Pledge, (2005).

3.2.3. Barreira de proteção

Aplicada sobre a membrana de impermeabilização, a sua função é protegê-la de danos causados durante a construção da cobertura vegetal bem como posteriormente de ferramentas de manutenção e equipamentos de reparação da cobertura. Estas barreiras feitas à base de fibras de poliéster e polipropileno são caracterizadas por serem duras, fortes e duráveis.

A barreira de proteção é colocada solta sobre a membrana de impermeabilização, devendo ser deixada no local durante a construção da cobertura, sendo instalado sobre si o isolamento e a camada de forma, ou na inexistência destes o sistema de drenagem.

No caso de coberturas vegetais extensivas com baixa disponibilidade para recepção de cargas e onde não é aplicada camada de forma esta barreira de proteção deve ser aplicada sobre o isolamento (Osmundson, 1999). Quando aplicadas também sob a camada de drenagem estas barreiras ajudam na retenção de água e na posterior disponibilização da mesma para a vegetação.

3.2.4. Barreira antirraízes

A barreira antirraízes tem como principal função a proteção da membrana de impermeabilização da laje contra as ações agressivas levadas a cabo pela penetração de raízes. Esta barreira é especialmente utilizada na construção de coberturas vegetais onde foram utilizadas membranas de impermeabilização com guias adesivas (EPDM) ou membranas de origem orgânica (betuminosas), particularmente suscetíveis à invasão por raízes. As coberturas vegetais onde se opte pela aplicação de membranas de PVC não necessitam de barreira antirraízes uma vez que este material é naturalmente repelente de raízes.

Este tipo de barreira pode também ser aplicado sobre a camada de drenagem, evitando

assim a passagem de raízes e assegurando a sua eficácia. A sua localização pode variar em função do projetista; no entanto a sua utilização considera-se fundamental.

3.2.5. Isolamento

A cobertura de um edifício é o local principal nas trocas de calor entre interior-exterior. O isolamento limita essas trocas de energia através da cobertura, criando uma barreira entre espaços onde as diferenças térmicas são substancialmente diferentes (Osmundson, 1999). O isolamento funciona como uma rutura térmica, reduzindo a condensação em superfícies que estão expostas a temperaturas altas e baixas em lados opostos (Dunnett & Kingsbury, 2008).

O isolamento pode ser aplicado sobre diferentes camadas da constituição de uma cobertura vegetal e não é estruturalmente necessário na sua construção; no entanto a maioria dos códigos de construção prevê a sua instalação como forma de redução das perdas de calor do edifício. Na maioria dos casos a camada de isolamento é aplicado sobre a laje do edifício (ente esta e a membrana de impermeabilização) ou abaixo desta; no entanto o local mais comum da sua instalação é sobre a membrana de impermeabilização. A aplicação desta camada sobre a impermeabilização adquire uma segunda função, a de proteção da membrana, salvaguardando-a em caso de reconstrução da cobertura vegetal.

Para isolamento são geralmente utilizadas placas à base de poliisocianurato ou poliestireno extrudido.

Placas de poliisocianurato (PIR), também denominadas *isoboard*, são o isolante vulgarmente aplicado sob a membrana de impermeabilização. Fornecido em placas produzidas de forma a oferecer um bom isolamento térmico, deve ser aplicado sobre superfícies planas, regularizadas e limpas.

Placas de poliestireno extrudido, também conhecido por XPS, é um produto sintético

proveniente do petróleo, muito leve, com alta resistência à absorção de água e à compressão e vulgarmente usado como isolante térmico. Devido às suas características é considerado o único material com capacidades para aplicação sobre a membrana de impermeabilização.

A construção de uma cobertura vegetal sem isolamento minimiza o consumo de energia no verão; porém esta não se verifica suficientemente eficaz no inverno. O isolamento adicional maximiza as poupanças de energia, reduzindo o calor no interior do edifício e consequentemente o uso de ar condicionado (Earth Pledge, 2005).

3.2.6. Sistema de drenagem e retenção de água

O sistema de drenagem é a chave do sucesso da propagação e manutenção da vegetação numa cobertura vegetal (Earth Pledge, 2005).

A camada de drenagem de uma cobertura vegetal impede a supersaturação da água, permite o arejamento do sistema radicular da vegetação e o fornecimento de água a estas (Osmundson, 1999). Muitos dos sistemas de drenagem existentes têm a capacidade, juntamente com as mantas de retenção, de reter água para posterior disponibilização ao substrato e à planta (Fig. 57).

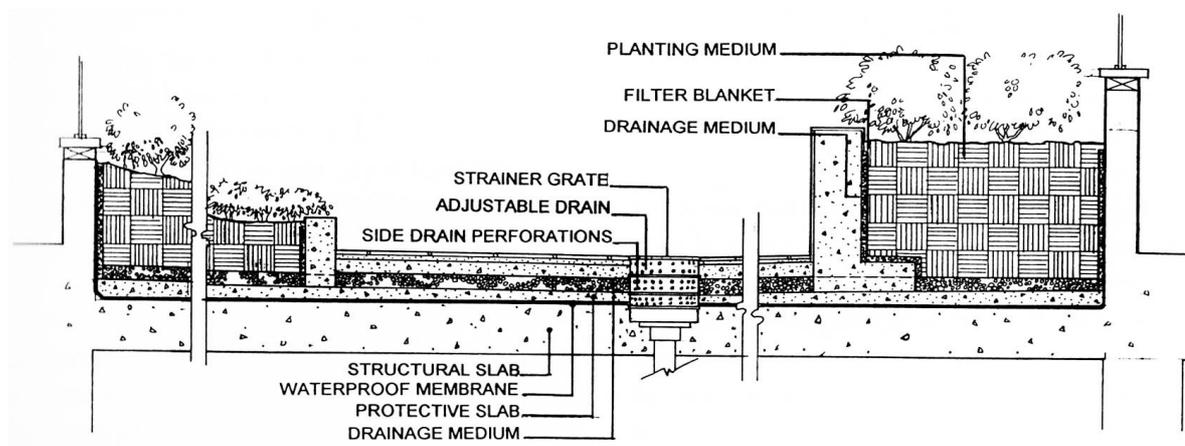


Fig. 57 – Sistema de drenagem de pavimentos e ligação ao descarregador. Fonte: Osmundson,

(1999).

Em coberturas vegetais onde a inclinação é superior a 5% a camada de drenagem poderá ser desnecessária, uma vez que a água escoar naturalmente, no entanto a sua utilização torna-se uma vantagem devido à sua capacidade de retenção de água. Em coberturas vegetais planas a camada de drenagem torna-se necessária e especialmente importante, ajudando a água a escoar e evitando excesso da água na cobertura que poderia levar ao declínio desta (Earth Pledge, 2005).

Atualmente existem dois sistemas que permitem a drenagem das coberturas vegetais, um à base de placas sintéticas vulgarmente utilizadas na construção de coberturas extensivas e inclinadas e outro à base de material granular inerte utilizado em coberturas planas e muitas vezes como solução para coberturas intensivas.

50

As placas de drenagem sintéticas são geralmente feitas de material forte e leve, nomeadamente polietileno (Fig. 58). São fornecidas em placas ou em rolos e podem adquirir variadas formas (células em forma de caixa de ovos e favos de mel) e dimensões de acordo com a carga e tipo de cobertura a que se destinam (coberturas vegetais intensivas ou extensivas) e com a inclinação. A ligação entre as diferentes placas é efetuada através de ranhuras ou por sobreposição. As células que constituem estas placas servem para retenção e armazenamento de água que quando cheias vão passando por transbordo umas para as outras criando um enorme reservatório de água. No caso de placas com células de grande dimensão estas podem ser cheias com material granular de forma a criar uma uniformização da camada e possibilitar a instalação das camadas subsequentes (filtro geotêxtil e substrato).

Os materiais granulares utilizados na execução da drenagem de coberturas vegetais são essencialmente minerais, tais como gravilha de baixa granulometria, argila expandida

(leca), escória de tijolo e pedra-pomes. Durante anos este foi o principal material utilizado como base drenante, sobretudo devido à sua baixa densidade, facilidade de manuseamento e aquisição e baixo custo.

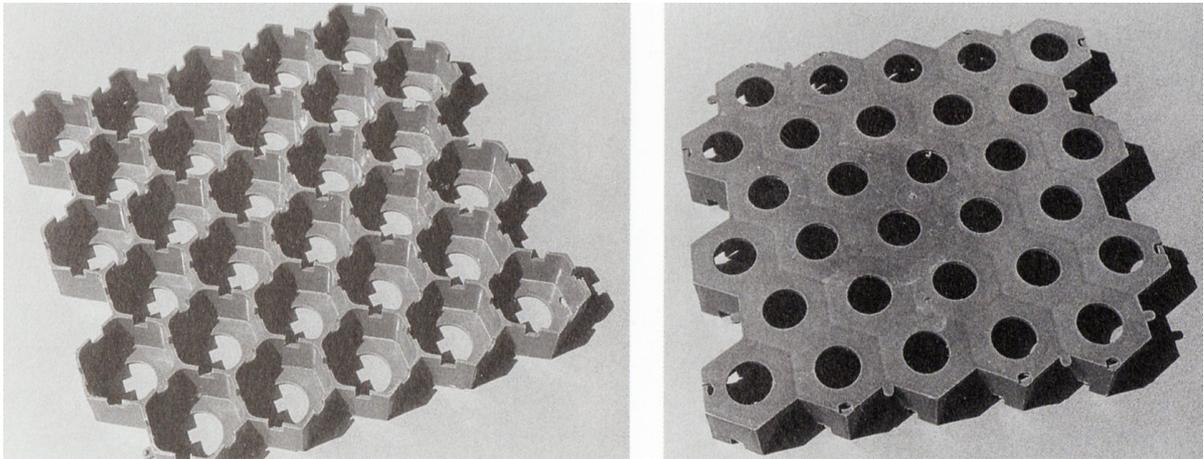


Fig. 58 – Exemplos de Placas drenantes. Fonte: Osmundson, (1999)

Este tipo de solução, na sua maioria aplicado em coberturas vegetais intensivas de grandes dimensões, implica a instalação de um sistema de drenos e geodrenos, estrategicamente colocados, de forma a assegurar uma maior eficácia e durabilidade do sistema.

3.2.7. Camada filtrante

A camada filtrante instalada sobre o sistema de drenagem tem como principal função a separação deste da camada de substrato, de forma a impedir a passagem de materiais finos e indesejados que desta forma poderiam levar à rutura do sistema de drenagem (Dunnett & Kingsbury, 2008).

A camada de drenagem, muitas vezes denominada filtro geotêxtil ou manta geotêxtil, é usualmente feita à base de fibras de poliéster ou polipropileno não tecido. A aplicação deste material deve-se às das suas importantes características (resistência, durabilidade, facilidade de manuseamento e baixo custo) e funções que desempenha.

3.2.8. Meio de cultura

O meio de cultura (meio de crescimento, substrato ou composto de plantação) é para a vegetação de uma cobertura vegetal o mesmo que o solo é para as plantas de um jardim (Snodgrass, 2010). Embora seja a camada superior, o meio de cultura é a base da cobertura vegetal, proporcionando a base de nutrientes e espaço para o crescimento de plantas (Earth Pledge, 2005).

Muitos profissionais referem-se ao meio de cultura como solo, no entanto, o meio de cultura em coberturas vegetais extensivas, nada se assemelha ao solo utilizado num jardim convencional. O húmus e a terra vegetal são pesados e não permitem a drenagem, o arejamento do substrato e a substituição de matéria orgânica necessária a uma cobertura vegetal. O meio de cultura, também denominado substrato, utilizado numa cobertura vegetal é feito a partir de diferentes compostos do solo natural (base mineral com material orgânico). Segundo Colin Cheney a composição do substrato de uma cobertura vegetal é determinada em função da capacidade de retenção de água, do peso específico, da capacidade de arejamento e da retenção de nutrientes, que são baseados na porosidade e tamanho do grão. Em geral, um meio de cultura deve ter as seguintes características: uma boa e consistente drenagem, bom arejamento, uma estrutura que lhe permita reter água para absorção pela vegetação, capacidade de tornar os nutrientes acessíveis às raízes das plantas através de troca catiónica, resistência à decomposição e compressão, peso leve e estabilidade física e química (Snodgrass, 2010).

Na seleção do substrato ideal para a cobertura vegetal é importante ter em linha de conta o tipo de vegetação que se pretende utilizar (conhecer as suas necessidades hídricas e nutricionais), o tipo de clima onde se pretende instalar a cobertura vegetal (climas frios e húmidos exigem uma capacidade de drenagem maior que em climas quentes) e a tipologia de cobertura (coberturas extensivas exigem maior capacidade de retenção de água).

Em termos nutricionais é importante adicionar à composição do substrato um fertilizante de libertação lenta, de forma a ajudar a satisfazer as necessidades nutricionais da vegetação.

3.2.9. Vegetação

O arquiteto paisagista ao projetar uma cobertura vegetal e sobretudo ao desenvolver o seu plano de plantação deve considerar múltiplos critérios, nomeadamente a intenção do projeto, o objetivo do cliente e os resultados por ele esperados; orçamento disponível e gastos com manutenção; expectativa de vida da cobertura vegetal; questões de acesso e segurança; localização; micro e macro clima; exposição; humidade; temperaturas máximas e mínimas; peso médio admitido pela laje, profundidade e composição do substrato; e irrigação (Snodgrass, 2006).

A seleção adequada da vegetação é essencial para o sucesso da cobertura vegetal, não só no que respeita à função estética mas também às questões ambientais. Os critérios utilizados nessa seleção podem não ser os mesmos aplicados à escolha de plantas para um jardim convencional. Segundo Edmund Snodgrass a escolha da vegetação deve ser sobretudo baseada nas questões relacionadas com o clima e microclima (variações de temperatura, humidade, exposição solar, vento, sombras). O facto de se tratar de uma cobertura vegetal intensiva ou extensiva e a altura em que esta é construída são fatores muito importantes na seleção da vegetação, uma vez que com a altura variam os fatores climáticos e com elas a exposição da planta ao *stress*. As diferenças regionais são outro fator que condiciona a escolha de vegetação, pois com elas podem ocorrer grandes variações climáticas. No caso de Portugal construir uma cobertura vegetal no Algarve ou no oeste é significativamente diferente da sua construção no interior do país, sobretudo devido às diferenças de temperatura e precipitação.

Para a plantação de coberturas vegetais extensivas existe um grande número de

métodos, os quais variam com o tipo de plantação pretendido e com os seus custos. Caso se opte por uma “finalização imediata” da cobertura existem no mercado tapetes pré-cultivados e sistemas modulares, cuja aplicação é muito simples e proporciona um espeto acabado à cobertura. Outra opção é a plantação de pés pré-cultivados, executada da mesma forma que num jardim convencional. Esta última possibilita uma maior criatividade por parte do projetista, podendo este criar desenhos e formas com a vegetação.

No caso das coberturas vegetais intensivas as opções de plantação são as mesmas que num jardim convencional.

Em ambos os casos deverá ser respeitada a época ideal para plantação, início da primavera quando as temperaturas são moderadas.

De forma a proporcionar um bom desenvolvimento da vegetação numa fase inicial deve ser instalado um sistema de rega, nomeadamente em climas quentes e pouco húmidos como o caso de Portugal. Neste tipo de clima a rega tem como principal objetivo assegurar o fornecimento de água à planta nos períodos mais quentes, podendo este sistema ser desligado em situações e períodos de abundância de água. As coberturas extensivas requerem um maior cuidado no que toca à rega, pois as suas reservas de água no substrato são muito baixas e em climas como o de Portugal aquelas podem sofrer grandes perdas de vegetação. A rega deve ser sempre pensada de acordo com as necessidades da planta, sendo no entanto essencial quando não ocorra precipitação em período superior a seis semanas. Nestas situações deve ser aplicada uma rega de aproximadamente 10 mm/m².

3.3. BENEFÍCIOS

“Uma cobertura vegetal é uma comodidade valiosa que aumenta o valor da estrutura que ocupa e gera benefícios tangíveis na forma de retornos financeiros, bem como de benefícios ambientais qualificáveis” (Srivastava, 2011).

As coberturas vegetais, ao ocuparem áreas de cobertura inutilizáveis, podem

proporcionar múltiplos benefícios, nomeadamente: retenção e diminuição do escoamento das águas pluviais (efeito *runoff*), mitigação do efeito ilha de calor urbano, aumentar o tempo de vida útil da laje e sua impermeabilização, proporcionar isolamento térmico e aumentar a eficiência energética do edifício, criação de *habitats* para espécies animais, aumentar a qualidade do ar e melhorar a qualidade estética da cidade (Nagase, 2010).

Ao falar dos benefícios das coberturas vegetais é fundamental não esquecer o importante papel que a vegetação tem na cidade referido por Manuela Raposo Magalhães no seu livro *Morfologia e Complexidade*.

3.3.1. Retenção e diminuição do escoamento das águas pluviais

O desenvolvimento urbano aumentou a quantidade de superfícies impermeáveis, tais como estradas, áreas pavimentadas e habitações, e veio alterar os cursos hídricos na cidade (Mentens, 2005). Em espaço *natural*, não edificado, a água da chuva infiltra-se diretamente no substrato através das suas superfícies permeáveis causando uma escorrência superficial baixa (Fig. 59). Contudo, em áreas urbanas, a situação é bem diferente: as águas pluviais deslocam-se à superfície sobre as áreas impermeáveis, em direção aos sistemas de drenagem, ocorrendo um mínimo de infiltração. Durante o processo de deslocação em direção ao sistema de drenagem as águas arrastam consigo metais pesados, óleos e gases fixados no pavimento e sobre a cobertura dos edifícios (Srivastava, 2011).

Com a construção de coberturas vegetais as superfícies impermeáveis que não retinham qualquer quantidade de água passam a fazê-lo, libertando-a posteriormente de forma lenta ao longo do tempo. Parte da água que fica retida no substrato é depois absorvida pela vegetação, sendo posteriormente libertada para a atmosfera através da evapotranspiração. O excesso de água que fica no substrato é posteriormente descarregado para o sistema de drenagem da cobertura vegetal. Estudos elaborados na

cidade de Vancouver, levados a cabo por Graham & Kim¹⁶ (2003), para analisar a potencialidade das coberturas vegetais como ferramenta de gestão das águas pluviais, revelaram que este tipo de construções, quer intensivas quer extensivas, apresenta elevada eficácia na redução do pico e dos volumes de escoamento.

De acordo com Monterusso¹⁷ (2003) a capacidade de retenção de água de uma cobertura vegetal depende de vários fatores do sistema construído, nomeadamente da inclinação da cobertura, do declive, profundidade e tipo de substrato aplicado, do tipo de vegetação e grau de coberto e das características climáticas da região, tais como intensidade e frequência da chuva, temperatura e humidade.

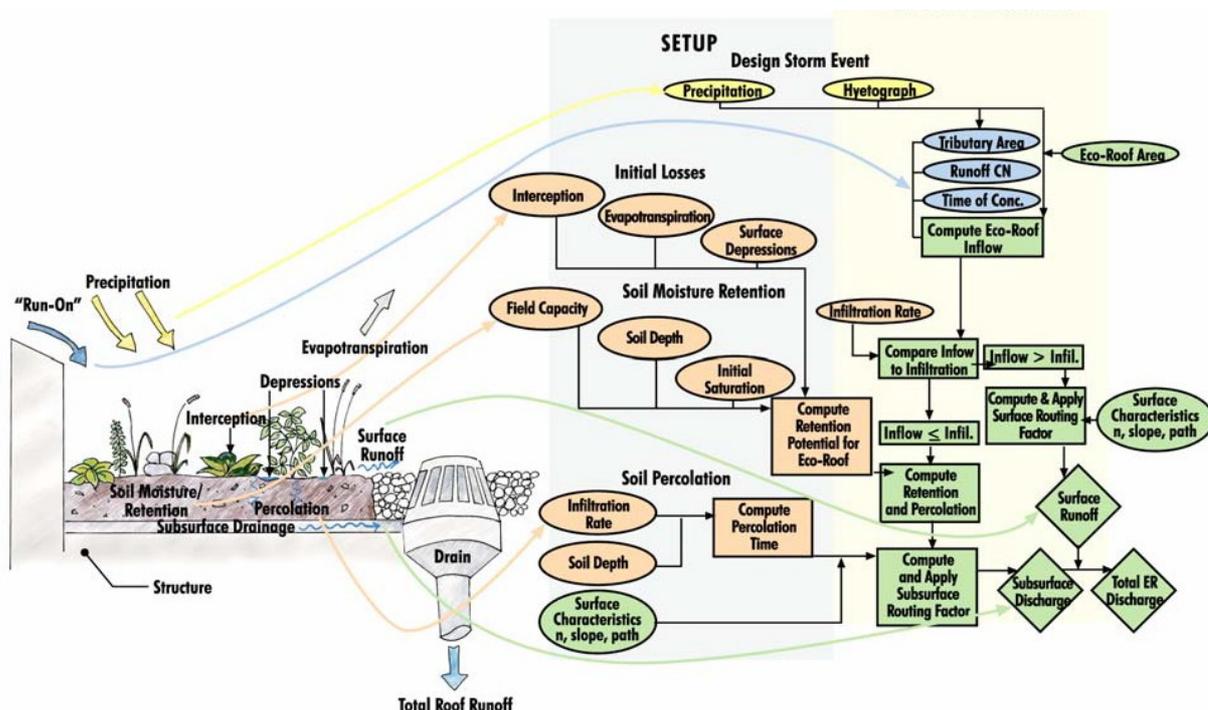


Fig. 59 – Modelo Hidrológico de uma cobertura vegetal. Fonte: Brian L. Taylor, P.E., and Drew A. Gangnes, P.E., (2004) *Method for quantifying runoff reduction of green roofs*. Portland, Oregon.

De acordo com o Guia da FLL o coeficiente de descarga de águas pluviais varia com a espessura do substrato, decrescendo o escoamento à medida que a espessura deste

16 Graham, P. And Kim, M. (2003). *Evaluating the Stormwater Management Benefits of Green Roofs Through Water Balance Modeling*. Greening Rooftops for Sustainable Communities. Geen Roofs for Healthy Cities. Chicago.

17 Monterusso, M. (2003) *Species Selection and Stormwater Runoff Analysis from Green Roof System*. Master Thesis, Department of Horticulture, Michigan State University

umenta. Um maior coeficiente de descarga traduz-se num maior escoamento superficial e consequentemente numa menor retenção de água. No caso de coberturas inclinadas o coeficiente de descarga aumenta com a inclinação. A retenção da água aumenta com a espessura do substrato e com o tipo de vegetação utilizado.

O mesmo Guia refere ainda a percentagem de água retida anualmente por duas coberturas vegetais distintas. Numa cobertura à base de *sedum* e musgo com 2 a 4 cm de substrato a retenção de água anual pode rondar os 40%; já numa cobertura à base de gramíneas e vegetação herbácea com substrato entre os 15 a 20 cm de espessura a retenção anual aumenta substancialmente podendo atingir os 60% (estes valores foram obtidos em estudos efetuados em cidades alemãs com precipitação anual média entre os 650-800 mm). Os valores obtidos pela FLL só se aplicam a regiões com o mesmo tipo de clima.

Em Portugal os valores não são idênticos aos obtidos na Alemanha, apesar de numa grande parte do nosso território ocorrer uma média anual da precipitação semelhante à média alemã. Isto deve-se à ocorrência, em Portugal, de fortes precipitações durante o período húmido e no período seco (altura do ano que faz baixar a média anual) a precipitação ser menor, e, portanto, uma grande parte da água tenderá a ficar retida, podendo ser superior aos valores acima referidos.

Num estudo levado a cabo por Maureen Connelly, publicado em 2006, na cidade de Vancouver o autor concluiu que 86 a 94% da água precipitada entre março e setembro era retida pela cobertura vegetal, sendo que a mesma cobertura num período compreendido entre outubro e março apenas conseguia reter 13 a 18% da água da chuva.

Autores como Liu e Hutchinson observaram que as coberturas vegetais têm a capacidade de atenuar o pico do fluxo de escoamento, mesmo durante os meses de inverno quando o substrato se apresenta saturado. A diminuição do pico depende não só do tipo de cobertura mas também da intensidade da chuvada. A redução do pico pode atingir até 30%

do fluxo do evento em pequenas chuvadas e 5% em grandes chuvadas de inverno, no caso de coberturas vegetais extensivas. Em média uma cobertura vegetal extensiva pode reter cerca de 61% do total da água da chuva, dependendo sempre este valor da intensidade da chuvada (Fig. 60). Quanto menor for a intensidade da chuvada, maior a espessura do substrato e o grau de coberto, maior a eficácia da cobertura neste processo.

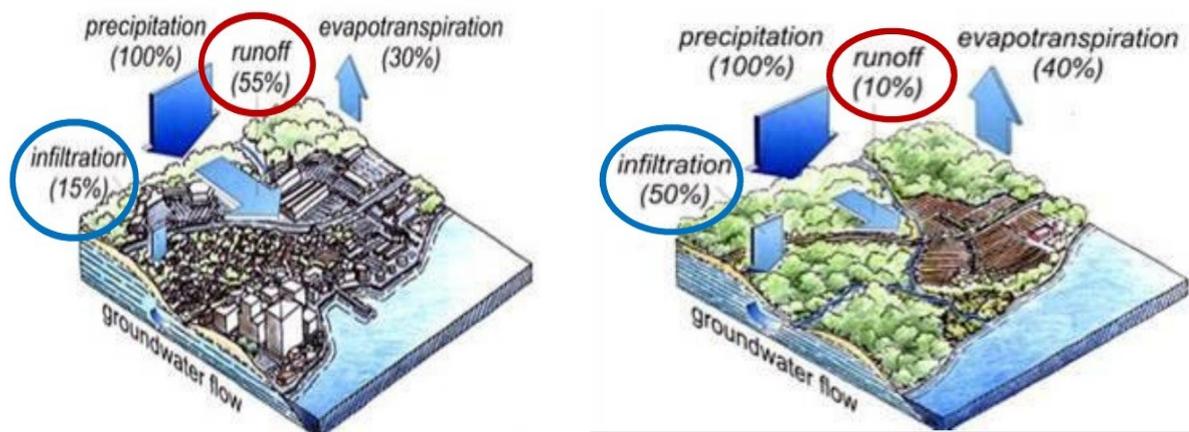


Fig. 60 – Modelo do efeito runoff antes (à direita) e depois (à esquerda) do solo impermeabilizado. Fonte: Earth Pledge, (2005).

Para além das vantagens acima enumeradas relativamente à água da chuva, as coberturas vegetais apresentam ainda aptidões relativamente à qualidade da água drenada. A adicionar à capacidade que a cobertura apresenta para filtrar determinados produtos químicos, o substrato que a compõe também apresenta capacidades de absorção de contaminantes. Estudos elaborados mostraram que a quantidade de poluentes preocupantes arrastados pelas águas é menor em edifícios com cobertura vegetal do que em situações de coberturas convencionais (Gregoire, 2011).

3.3.2. Isolamento térmico e eficiência energética

A região mediterrânica tem temperaturas médias muito amenas, sendo coincidentes com as que o ser humano considera confortáveis em espaço exterior (entre os 18°C e 26°C). No entanto, Portugal é um país com picos térmicos bastante desconfortáveis. Grande

parte das habitações não têm a capacidade de trazer para o seu interior as temperaturas médias, à semelhança do que é feito nos países do norte da Europa, com condições completamente opostas às existentes em Portugal (Tirone, 2010).

Um estudo da Universidade de Waterloo (2006) registou em edifícios com coberturas vegetais, temperaturas do ar interior na ordem dos 3 a 4°C a menos do que as registadas no exterior, no verão. Por outro lado, o isolamento extra proporcionado pelos jardins de cobertura faz também com que, no inverno, a perda do ar aquecido no interior dos edifícios seja menor. Neste processo a vegetação têm um papel fundamental na regulação térmica das construções, impedindo que a energia solar atinja o solo e fornecendo-lhe sombra (Dinsdale et al., 2006). Do total da radiação absorvida pelas plantas de uma cobertura vegetal, 27% é refletida, 60% é absorvida pela planta e pelo solo e 13% é transmitida para o solo (Ekaterini, 1998). A partir de estudos efetuados sobre a redução da temperatura e economia de energia a partir de uma cobertura vegetal, concluiu-se que colocar plantas em superfícies edificadas pode reduzir significativamente a temperatura da superfície do edifício em até 20%, levando a uma poupança no consumo de energia do ar condicionado na ordem dos 80%, embora seja mais correto apontar reduções de 25% a 50% (Meier, 1991).

As coberturas vegetais apresentam a capacidade de diminuir o uso de energia para refrigeração e aquecimento, tendo como consequência a diminuição dos picos de consumo (Susca et al, 2011). Um estudo efetuado em coberturas vegetais de edifícios comerciais em Singapura mostra que estas podem reduzir 1 a 15% no consumo anual de energia e 17 a 79% nos gastos de energia para arrefecimento interior do edifício durante o período de maior pico de consumo (Wong et al, 2003).

Estes estudos demonstram a importância da vegetação e da sombra por esta produzida na redução das temperaturas interiores do edifício e, consequentemente, no consumo energético.

3.3.3. Diminuição do efeito Ilha de Calor Urbano (UHI)

Um dos mais importantes reguladores da temperatura à superfície do solo é a troca de calor entre este e a atmosfera por evaporação da água (calor latente). A impermeabilização do solo, não só impede a infiltração da água da chuva e baixa a humidade do solo, como altera as trocas de energia que recebe do Sol e do meio circundante. Este efeito é reforçado ou atenuado consoante a geometria dos edifícios, a sua posição relativa, a sua inércia térmica e o seu revestimento exterior. No caso do solo, a evaporação direta e a que é promovida pela vegetação, constitui um regulador fundamental. Alterar a mata ou a cobertura arbórea, é alterar o clima.

Todas estas alterações contribuem para a efeito ilha de calor urbano (Oke, 1987), caracterizado por regiões urbanas onde as temperaturas são mais elevadas do que em áreas circundantes, especialmente à noite. As diferenças de temperatura encontram-se geralmente entre os 2 a 3°C, podendo ser superiores no caso de grandes cidades e em situações extremas. A falta de solo e vegetação na cidade leva à diminuição da evaporação e da humidade do ar e, conseqüentemente, ao aumento da temperatura. Este efeito pode ser reduzido pelo aumento do albedo ou pelo aumento da vegetação e da humidade do solo e, consecutivamente, da evapotranspiração (Akbari et al, 2001). O efeito UHI tem múltiplas conseqüências negativas ao nível do consumo energético, sobretudo em edifícios com um albedo baixo (quanto menor o albedo da cobertura, maior a absorção de energia solar e mais energia é necessária para o arrefecimento interior).

A vegetação, aplicada em coberturas vegetais tem um efeito bastante positivo sobre a mitigação do efeito UHI, favorecendo o aumento do albedo e das temperaturas que se fazem sentir no exterior do edifício. A diminuição do albedo influencia fortemente o impacto causado pelos sistemas de coberturas convencionais. A alteração do telhado convencional (telhado negro) para uma cobertura vegetal, pode ter efeitos positivos, não apenas na microescala (do edifício) mas também à escala urbana (Susca et al, 2011).

De acordo com um modelo de simulação regional, em que foi aplicado, de forma uniforme, a 50% dos edifícios de Toronto uma cobertura vegetal, os resultados mostraram que a temperatura do ar poderia sofrer uma oscilação de cerca de 2°C em algumas áreas (Bass et al, 2002). A descida de 1% na temperatura da cidade provocaria uma redução no consumo de energia, aumentando a eficiência energética do processo em que a energia é utilizada. O próprio ar condicionado do edifício aumenta a temperatura do ar exterior, pesando imenso quando utilizado massivamente. Um edifício bem isolado absorve menos calor nos meses quentes de verão, e vai perder menos na sua refrigeração do ar, reduzindo assim os custos de ar-condicionado. Desta forma as coberturas vegetais refletem a radiação solar e reduzem bastante a absorção de calor comparando com uma cobertura convencional (Dunnett & Kingsbury, 2008).

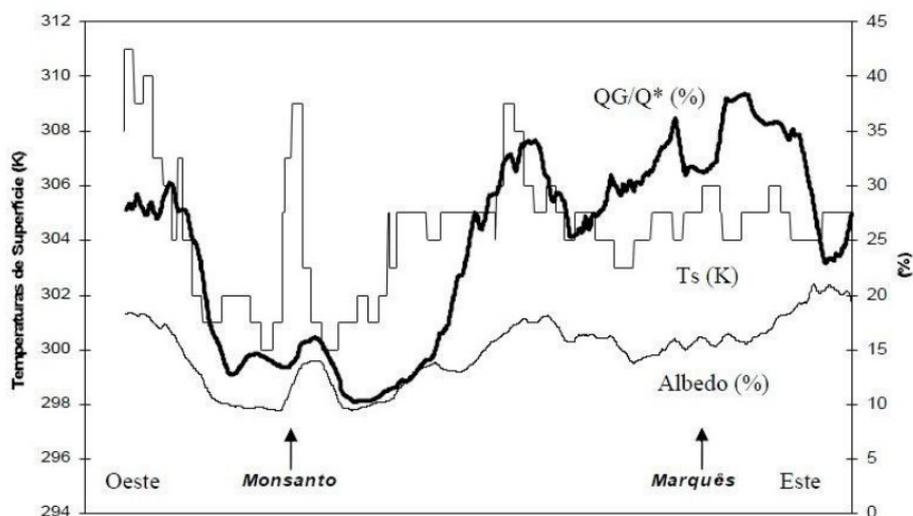


Fig. 61 – Modelo das variações do albedo, da temperatura à superfície do solo e da energia disponível na cidade de Lisboa. Fonte Lopes (2003).

Lopes¹⁸ demonstra num dos seus estudos, para a cidade de Lisboa, a importância do espaço aberto (exemplo do Parque de Monsanto) na variação do valor de albedo, da temperatura à superfície do solo e da energia disponível, bem como no fluxo de calor

18 Lopes, A. (2003). *Modificações no clima de Lisboa como consequência do crescimento urbano. Vento, ilha de calor de superfície e balanço energético*. Tese de Doutoramento em Geografia Física. Portugal: Universidade de Lisboa.

acumulado na cidade.

Para Domingos¹⁹ o problema central está na maneira como se planeiam as cidades. A arquitetura e o urbanismo têm de ser adaptados ao clima e às novas tendências para que se obtenha um aumento na eficiência do uso da energia nos edifícios e se reduzam as emissões dos gases de efeito de estufa. Se forem plantadas árvores nas cidades as temperaturas podem baixar na ordem de 1, 2 ou 3°C, melhorando não só os níveis de temperatura como a qualidade do ar.

3.3.4. Durabilidade da membrana de impermeabilização do edifício

De acordo com os resultados obtidos ao longo dos tempos, sobretudo em países europeus como a Alemanha e Suíça, a instalação de vegetação sobre a cobertura dos edifícios pode duplicar o tempo de vida útil de uma cobertura convencional, protegendo a membrana das oscilações térmicas extremas, da radiação ultravioleta e de danos mecânicos (Peck, 2003). No estudo levado a cabo por Porsche em 2003, o autor chega à mesma conclusão que Peck, afirmando que uma cobertura vegetal dura pelo menos o dobro de uma cobertura convencional.

Estudos elaborados na Alemanha mostram que as coberturas vegetais têm um tempo de vida superior a 50 anos. Em Berlim, coberturas vegetais antigas demonstram que o seu tempo de vida útil pode superar os 90 anos até que seja necessária uma intervenção de fundo na sua estrutura ou mesmo a sua substituição.

Liu (2003) mencionou num dos seus trabalhos que num edifício, localizado em Ottawa, Canadá, a temperatura da superfície da membrana exposta ao sol atingira os 60°C num dia quente de verão. Já numa cobertura vegetal com 15 cm de espessura e com vegetação rasteira (grama), a membrana da cobertura não tinha chegado aos 30°C. Isto mostra que a

19 Domingos, D. (2009). *Cidades do Futuro - Por uma sociedade com menos CO₂*. [<http://jddomingos.ist.utl.pt/> - oficial website, acesso a 05.06.2011].

taxa de envelhecimento da membrana de impermeabilização através do calor é inferior no caso de edifícios com coberturas vegetais. Além disso, a cobertura vegetal reduziu também as tensões térmicas sobre a membrana da cobertura.

Estas observações sugerem que as coberturas vegetais podem trazer elevados benefícios à membrana de impermeabilização do edifício, proporcionando-lhe um maior tempo de vida e exigindo menos reconstruções da estrutura. Para além dos benefícios económicos daí resultantes, também surgem benefícios ambientais, nomeadamente com a diminuição de resíduos provenientes da sua substituição.

3.3.5. Qualidade do ar

As coberturas vegetais são cada vez mais uma prática corrente nas nossas cidades. Essencialmente porque são uma estratégia importante na forma de abordar algumas das principais questões ambientais urbanas (Nagase, 2010). Segundo Dunnett e Kingsbury, (2008), as coberturas vegetais podem trazer vários benefícios à cidade nomeadamente ao nível da qualidade do ar.

Le Corbusier, no início do século XX, defendia que era preciso dar sol, dar ar puro e dar luz à cidade, e que esta teria que nascer de um espaço verde. No entanto em pleno século XXI ainda se sentem algumas das problemáticas do passado (Telles, 1996)²⁰.

Em Portugal, Ribeiro Telles e Delgado Domingos, entre outros, debatem-se, desde há muito, pela redução da utilização dos combustíveis fósseis. Domingos (2009) acrescenta que o mais importante é promover a eficiência energética em todas as suas vertentes, de entre as quais importa realçar a organização espacial das atividades, a edificação, o urbanismo, e as consequências no clima urbano, na saúde e na qualidade do ambiente. Para este cientista o CO₂ e os gases com efeito de estufa são tão importantes nas questões climáticas e energéticas como as alterações do uso do solo. Neste sentido a vegetação

20 Telles, G. (1996). *Conferências de Matosinhos - Um novo conceito de cidade: a paisagem global*. Contemporânea Editora, Lda., Matosinhos.

desempenha um papel fundamental na cidade, devido à sua capacidade de transformar o CO₂ em oxigênio, durante o dia.

Com a destruição do coberto vegetal existente à superfície após a construção de um edifício, as coberturas vegetais surgem como uma das soluções para minimizar esse impacto, suportando uma pequena parte da vegetação que seria possível instalar ao nível do solo. A instalação de uma cobertura vegetal numa cidade não tem qualquer expressão na redução de CO₂. No entanto, se a maior parte dos edifícios de uma cidade tiverem uma cobertura vegetal, a sua expressão torna-se significativa, não só na redução dos níveis de CO₂, mas também na redução do efeito de estufa e, conseqüentemente, na variação térmica e qualidade do ar.

Uma superfície vegetal absorve partículas suspensas removendo-as do ar. Estas partículas, posteriormente, são arrastadas das folhas para o substrato pela ação da chuva. Um estudo Britânico estimou que 2000 m² de grama numa cobertura poderia remover aproximadamente 4000 kg de partículas do ar em redor, prendendo-as nas suas folhas (Johnson, 2004)²¹. Num outro estudo efetuado em Singapura observou-se que uma cobertura vegetal pode reduzir até 37% do dióxido de enxofre e até 21% de ácido nitroso proveniente de partículas existentes no ar.

3.3.6. Valor Estético

A importância da natureza em redor do ser humano é bem conhecida e considerada. Aos seus benefícios são incluídos a redução do *stress*, da pressão arterial, do alívio da tensão muscular e o aumento de sentimentos positivos.

A cidade atual apresenta uma forte necessidade de espaços abertos, permeáveis e plantados, graças ao crescimento desenfreado e caótico sofrido ao longo dos anos.

As coberturas vegetais desempenham um papel fundamental na introdução de espaços

21 Johnson, J. (2004). Building Green: *A guide to using plants on roofs, walls and pavements*. Greater London Authority . London. [Download: http://legacy.london.gov.uk/mayor/strategies/biodiversity/docs/Building_Green_main_text.pdf]

de lazer e recreio em áreas urbanas, principalmente quando estes são acessíveis ao público e têm uma tipologia intensiva. No caso de coberturas extensivas os espaços de lazer trazem uma melhor imagem estética ao tecido urbano, principalmente quando visíveis do topo de edifícios vizinhos. Estes podem ainda ser fruídos pelos habitantes do edifício, podendo melhorar o papel social de vizinhança muitas vezes perdido.

Assim podemos dizer que as coberturas vegetais, devido ao seu importante valor estético, trazem às áreas urbanas um potencial essencial para a melhoria da qualidade de vida em meio urbano de alta densidade, atribuindo valor estético a *espaços morto*, convertendo-os em áreas utilizáveis para recreio.

3.3.7. Agricultura urbana

Existem cada vez mais adeptos do cultivo de vegetais para consumo próprio. O desafio será introduzir as hortícolas de forma harmoniosa na cobertura vegetal. Com a perda de solo nas cidades o topo dos edifícios surge como uma oportunidade para a instalação da horta, que em muitos casos pode ser de caráter comunitário. Estas áreas, criadas no topo de edifícios fornecem as condições necessárias ao desenvolvimento de produtos vegetais agrícolas em área urbana, atribuindo assim uma nova função às coberturas planas muitas vezes abandonadas.

Em Vancouver foi instalado sobre o Fairmont Waterfront Hotel uma cobertura vegetal onde são produzidos legumes, ervas aromáticas, fruta e flores comestíveis para confeção no próprio hotel. Esta ideia economiza ao hotel cerca de 25000 a 30000 dólares por ano (Tomalty, 2010)²².

Este tipo de opção começa a ser uma prática muito comum, principalmente num período em que surge a necessidade de produzir os próprios alimentos para equilíbrio do orçamento familiar. Estes locais tornam-se também sítios de convívio e troca de

22 Tomalty, R. and Komorowski, B. (2010). *The Monetary Value of the Soft Benefits of Green Roofs*. Smart Cities Research Services. Montreal [http://www.scribd.com/doc/55834566/17/Case-Study-2-Fairmont-Waterfront-Hotel-Vancouver-BC]

experiências, funcionando muitas vezes como refúgios da vida stressante da cidade.

3.3.8. Habitats e biodiversidade

A invasão provocada pela urbanização dominada pelo betão criou um ambiente hostil/inóspito dentro da comunidade urbana. Este mundo, estéril, teve um efeito devastador sobre o meio *natural*. Parques e jardins perdidos dentro da malha urbana e dos limites da cidade como oásis, tornam-se insuficientes para aliviar as ameaças provocadas pela perda de continuidade *natural*, vegetação e fauna.

Coberturas vegetais extensivas, onde a intervenção humana é mínima, tornam-se perfeitos refúgios para aves e insetos, criando corredores de vida selvagem em áreas urbanas. Nestas áreas deve ser criado um ambiente adequado para as espécies faunísticas, através da criação de condições necessárias ao fornecimento de alimento, abrigo e água.

66

Este tipo de situação tem que ser pensado à grande escala, sendo necessária a criação de diferentes locais com coberturas vegetais, produzindo corredores ecológicos, para onde as aves possam voar, migrar e nidificar e criar o seu próprio território.

Um bom exemplo da facilidade com que as aves se apropriam destes espaços é a fábrica de camiões da Ford em Dearborn, Michigan, onde foram observadas a fazer ninho sobre a cobertura algumas semanas após a conclusão da mesma. Em Londres estudos elaborados em coberturas vegetais detetaram a existência de 59 espécies diferentes de aranhas das quais duas foram classificadas como raras, seis como novas em Londres e uma como nova no Sul da Inglaterra (Earth Pledge, 2005).

3.3.9. Absorção/ Redução da poluição sonora

Existem poucos estudos que indiquem os benefícios das coberturas vegetais na absorção e redução do ruído, no entanto estes benefícios são-lhes atribuídos.

As superfícies rígidas de uma área urbana refletem o som, apresentando-se incapazes de o absorver. As coberturas vegetais, devido à natureza do substrato e da vegetação têm a capacidade de absorver as ondas sonoras, fornecendo isolamento acústico (Srivastava, 2011).

Segundo Dunnett e Kingsbury, a espessura das camadas da cobertura vegetal funcionam como uma barreira acústica, o substrato bloqueia as baixas frequências e a vegetação impede a passagem das frequências mais elevadas.

Um estudo realizado no aeroporto de Frankfurt, Alemanha, demonstrou que uma cobertura vegetal com 0.10 cm de espessura é capaz de reduzir os níveis de ruído em 5dB (Dunnett & Kingsbury, 2008).

3.4. CUSTOS

Segundo Edmund Snodgrass a construção de uma cobertura vegetal é inicialmente mais cara do que a de uma cobertura convencional plana. No entanto conclusões obtidas por diferentes autores, nomeadamente Haemmerle²³ (2002), Porsche & Köhler (2003) entre outros²⁴, referem que a longo prazo estas coberturas tornam-se mais económicas.

Para muitos autores os benefícios públicos e privados provenientes da construção de uma cobertura vegetal justificam os custos adicionais. Se todas as vantagens da sua construção fossem quantificáveis a relação custo/benefício iria aumentar ainda mais.

Tal como acontece noutros países, em Portugal a construção deste tipo de estruturas é cada vez mais comum. Apesar de não existirem incentivos, como acontece em muitos países, a verdade é que a sua construção traz ao proprietário e à população em geral muitos benefícios que se podem reverter em poupanças económicas.

Um estudo elaborado por Porsche & Köhler identificou os benefícios quantificáveis por

23 Haemmerle, F., 2002. *Jahrbuch Dachbegrünung. Dachbegrünungen rechnen sich*. Bundesverband Garten, Landschafts und Sportplatzbau, pp. 18-19

24 ALL, 2004. *Green Roofs - Benefits and cost implications*. Eastside Sustainability Advisors. London

critérios financeiros, tendo enumerado cinco: tempo útil de vida do sistema de impermeabilização, redução do escoamento das águas superficiais, melhoria do isolamento térmico, redução da reflexão e transmissão sonora e aumento do valor da propriedade. Nesse mesmo estudo Porsche conclui que os custos das coberturas vegetais são duas vezes superiores ao de uma cobertura convencional.

Com base no tempo de vida útil de coberturas vegetais na Alemanha (superior a 90 anos) e nas suas necessidades de manutenção ou substituição de componentes, o autor elaborou um quadro onde aponta os custos iniciais de instalação para diferentes tipos de cobertura, bem como os gastos com a manutenção da estrutura ao longo de 90 anos. Os valores abaixo apresentados não incluem os gastos com a manutenção vegetal, pavimentos e mobiliário urbano.

Tipo de cobertura	Custos de construção (€/m ²)	Reparações (intervalo em anos)	Renovação após... (anos)	Custos com a renovação ao longo da vida (€/m ²)	Reconstrução RC / Eliminação e reciclagem RECY	Soma (€/m ²)
Cobertura betuminosa	40	De 10 em 10	15	6 x 40 =240	20 RC, 20 RECY	320
Cobertura com gravilha	50	De 15 em 15	15 - 20	Aproximadamente 200	25 RC, 25 RECY	295
Cobertura vegetal extensiva sem produtos em PVC	90	-	Trabalhos de renovação ocasionais	40	40 RC, - RECY	170
Cobertura vegetal extensiva com produtos em PVC	85	-	Trabalhos de renovação ocasionais	40	40 RC, 20 RECY	185
Cobertura vegetal intensiva sem produtos em PVC	380	-	Trabalhos de renovação ocasionais	No máximo 380 (o mesmo valor gasto na sua construção)	100 RC, - RECY	860
Cobertura vegetal intensiva com produtos em PVC	340	-	Trabalhos de renovação ocasionais	340	100 RC, 40 RECY	820

Tabela 2 – Estimativa dos gastos durante o tempo de vida útil de diferentes coberturas na Alemanha (construção e reparação, custos de eliminação e reciclagem de materiais). Os dados são estimados num ciclo de vida de 90 anos, de uma cobertura com 100 m². Os valores são calculados em m². Adaptado de Porsche, U. & Köhler, M., (2003). *Life Cycle of Green Roofs – A Comparison of Germany, USA, and Brazil*. World Climate & Energy Event. pp. 461-467. Rio de Janeiro, Brasil

Este quadro demonstra-nos que os gastos com uma cobertura não vegetal, num período de 90 anos, podem ser até oito vezes superiores ao seu valor inicial e atingir o dobro dos gastos efetuados com uma cobertura vegetal extensiva. Estes valores são significativos, uma vez que as coberturas extensivas podem custar até duas vezes mais que as coberturas convencionais.

Embora todas as coberturas vegetais apresentem componentes comuns, não existe uma tabela de custos padrão para a sua implementação (ver Anexo - A)

CAPÍTULO IV

4. CASOS PRÁTICOS

4.1. COBERTURAS VEGETAIS EM EDIFÍCIOS ESCOLARES – OS CASOS DE PORTALEGRE E MOURA

4.1.1. Apresentação da proposta

Como caso prático é apresentado o projeto de construção de duas coberturas vegetais instaladas no topo de edifícios escolares.

Os projetos foram elaborados no *atelier* AP, Estudos e Projectos de Arquitectura Paisagista no âmbito do Programa de Modernização do Parque Escolar Destinado ao Ensino Secundário, levado a cabo pela Parque Escolar. Do consórcio que elaborou o projeto faziam ainda parte o *atelier* de arquitetura NRL e o grupo de engenharia composto pela TRIEDE e OMF. A equipa de arquitetura paisagista foi composta pelos arquitetos paisagistas Paulo Sal Monteiro, coordenador de projeto, António Ganhão Serrano e Sérgio Rodrigo Águas, como colaboradores. A Escola Secundária de S. Lourenço e Escola Secundária de Moura, inserem-se na segunda e terceira fase, respetivamente, deste programa, tendo sido os trabalhos de projeto iniciados em Janeiro de 2009.

As coberturas vegetais apresentadas nesta tese fazem parte de um projeto muito mais vasto, tendo sido a sua construção proposta pela equipa de arquitetura e arquitetura paisagista em fase de estudo prévio e posteriormente aceite pelo dono da obra.

Os edifícios, onde foram projetadas as coberturas vegetais, comportam uma altura média de 7 m, e estão localizadas no Alto e Baixo Alentejo (em clima mediterrânico), encontrando-se nas localidades de Portalegre e Moura, respetivamente.

As coberturas foram construídas segundo as técnicas convencionais: laje de betão plana, camada de forma, membrana de impermeabilização, barreira de proteção, sistema de drenagem à base de materiais inertes, camada filtrante, substrato e material vegetal. De tipologia extensiva, estas apresentam em termos de vegetação soluções claramente

distintas, devido ao tipo de uso previsto (num caso só para manutenção e no outro fertilização pontual). Em Portalegre, optou-se por um coberto de arbustos baixos, maioritariamente autóctones, instalados sobre uma camada de 40 cm de espessura de substrato, sobre o qual foi instalado um sistema de rega gota-a-gota para auxiliar o crescimento da vegetação durante os primeiros anos de vida, sobretudo nos períodos mais quentes (Fig. 63). Em Moura, optou-se por um sistema relvado, à base de gramíneas, adaptado às condições climáticas da região, instalado sobre uma camada de 40 cm de espessura de solo, sobre o qual foi instalado um sistema de rega por aspersão (Fig. 62).

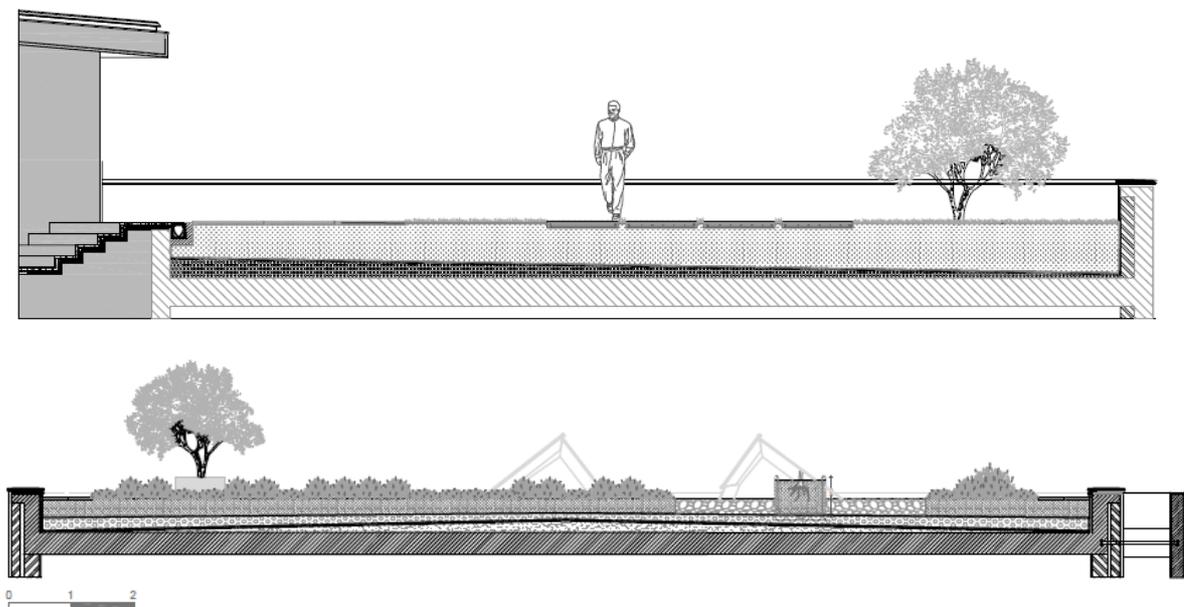


Fig. 62 e 63 – Corte das coberturas vegetais de Moura (em cima) e Portalegre (em baixo). Fonte: AP, Estudos e Projectos de Arquitectura Paisagista

A cobertura da biblioteca, em Portalegre só é visitável para manutenção, sendo o acesso efetuado a partir do interior do edifício principal da escola. A proposta de esta não ser acessível aos alunos prende-se com questões de segurança, primeiro por este não poder ser sempre vigiado e segundo por regras impostas pelo dono da obra. Nas suas extremidades foi criado um percurso em laje para circulação de manutenção e no seu interior foram instalados dois contentores com aproximadamente 1m² para plantação de arbustos de médio porte. Junto às claraboias que possibilitam a entrada de luz no interior do

edifício foi projetada uma área com seixo rolado onde não se prevê a existência de vegetação.

No caso de Moura, também instalada sobre a cobertura da biblioteca, esta funcionará como uma extensão da sala de música, opção tomada pela equipa de arquitetura que viria a condicionar o tipo de coberto vegetal a propor e com isso o sistema de rega. Numa das suas extremidades foi criado um pequeno palco, formalizado por lajes de betão, para algumas atuações ou ensaios de música. Para obtenção de alguma sombra, quebrar a rigidez de planos e criar cor no espaço foi proposta a instalação de floreiras para a instalação de vegetação arbustiva de médio porte.



Fig. 64 e 65 – Cobertura vegetal de Portalegre durante a plantação (esquerda), Cobertura vegetal Portalegre após Plantação.

A instalação da primeira cobertura foi concluída em janeiro de 2011, tendo-se vindo a monitorizar a evolução da vegetação. A segunda, por imposição do dono da obra, foi eliminada do projeto da biblioteca devido a este ter perdido um dos seus pisos e consequentemente a sala de musica. Desta forma, a pedido da escola e após aceitação pela Parque Escolar foi criada uma nova cobertura sobre o edifício de sala de aulas junto ao refeitório, o qual também viu perdido um dos seus pisos, ficando a cobertura à mesma cota do pavimento da entrada superior no recinto escolar. Esta nova cobertura é em termos construtivos igual à anterior, diferindo apenas o desenho formal e a intenção do projetista e da escola, que passa pela criação de uma horta. A pedido da escola foram criados cinco

talhões, delimitados por lajes de betão, onde inicialmente se prevê a instalação de um relvado que posteriormente será substituído por uma pequena horta levada a cabo pela própria escola sobre a cobertura agora impermeabilizada e coberta com substrato. Na extremidade este do edifício será instalado em contentores um alinhamento de arbustos de médio porte que criarão uma barreira visual com o campo de jogos. No extremo oeste propõe-se a plantação de um alinhamento de vegetação arbustiva autóctone que trará ao espaço cor e diversidade vegetal e impedirá o fácil acesso ao extremo do edifício criando uma barreira de segurança. Este projeto encontra-se à data em fase de execução.

4.1.2. Discussão

De acordo com os dados apontados pelo Instituto Meteorológico de Portugal (IMP), Portalegre apresenta uma temperatura média anual entre os 15.1-16°C e uma precipitação anual acumulada entre 601-800 mm, Moura apresenta temperaturas médias mais elevadas, entre 16-17°C, e menor precipitação anual acumulada <600 mm. Segundo a classificação climática de Köppen, Portalegre e Moura localizam-se em clima temperado (Csa) caracterizado por apresentar Invernos chuvosos e Verões secos e quentes, onde as temperaturas máximas no verão chegam a ultrapassar os 40°C.

Os projetos em estudo, estão ainda numa fase inicial do seu desenvolvimento, pelo que não foi possível testar a sua eficácia na regulação térmica dos edifícios e demonstrar os respetivos resultados.

Caso a instalação destas coberturas vegetais seja bem sucedida, não existindo problemas de drenagem, de falta de disponibilização de nutrientes para a planta por parte do substrato e que a vegetação cresça com pujança, é de esperar resultados semelhantes ao de outras coberturas vegetais estudadas por diferentes autores.

Também com base na bibliografia estudada, e focados nos benefícios que as

coberturas vegetais tiveram quando aplicadas noutras edificações e em diferentes tipos de climas, espera-se que, nas alturas de maior calor, a temperatura interna destes edifícios venha a ser menor, comparativamente aos mesmos edifícios se não tivesse sido aplicada vegetação, ou a outros edifícios semelhantes existentes na região, igualmente sem cobertura vegetal.

Contudo, não só a instalação de coberturas vegetais mas também a vegetação neles utilizada, influencia os resultados a obter. Como referido anteriormente (vide página 53) segundo Kolb (2002), um edifício apresenta maiores variações de temperatura interna quanto maior for a densidade da vegetação e a sua altura. A vegetação arbustiva apresenta uma grande capacidade de amortecimento das amplitudes térmicas, enquanto a vegetação à base de gramíneas não exerce efeitos tão notórios. Portanto, com base nestes critérios, é de prever que os melhores resultados sejam observados na biblioteca em Portalegre tendo em conta o tipo de vegetação utilizada e o grau de coberto aplicado.

75

Este seria o termo esperado numa construção ideal e sem problemas. Porém no decorrer de todo o processo, e após realização da pesquisa teórica para este trabalho, foram detetadas algumas falhas, quer de troca de informação entre profissionais quer na execução de projeto quer na realização da obra.

Em fase de projeto a troca de informação entre profissionais sobre as características técnicas das diferentes camadas foi inexistente. A especificação e composição das camadas que compõem as coberturas vegetais ficou a cargo da equipa de engenharia, tendo esta apenas cedido a informação da profundidade de substrato disponível para plantação. No entanto, na pormenorização construtiva apresentada por essa equipa é possível verificar a presença de diferentes camadas essenciais na construção deste tipo de estruturas. Ficou assim por saber que tipo de tela impermeabilizante foi proposta e se foi instalada alguma barreira antirraízes.

Por parte da equipa de arquitetura paisagista, para além da informação necessária à

execução do projeto, que devia ter sido cedida pelas outras equipas ou exigida por esta, faltou a recolha de informação sobre a vegetação adequada a propor para o tipo de situação específica e clima em questão, uma vez que esta foi proposta sem conhecimento da sua viabilidade de desenvolvimento em coberturas vegetais. Desta especialidade, ocorreu ainda a falha na projeção de um sistema de segurança para a execução de manutenções (sistema inexistente) e na projeção das lajes em torno da cobertura, sobretudo por inexperiência e falta de informação. Estas lajes foram projetadas para ser assentes sobre o substrato; no entanto, na sua base (em vez de substrato) deveria ter sido tomada a opção de instalar um composto granular inerte, devidamente acondicionado, que promoveria uma maior eficiência do sistema de drenagem (para receção da água proveniente do escoamento superficial da cobertura vegetal).

Na fase de execução da obra apenas é possível apontar falhas relativamente a Portalegre, uma vez que foi a única a ser concluída. Nesta obra a maior falha foi o seu incorreto acompanhamento, sobretudo pela falta de visitas a esta e pela fraca troca de informação ente a fiscalização e os projetistas. Devia ter existido uma fiscalização total dos trabalhos e dos componentes para garantir a correta instalação dos mesmos e com isso a verificação e deteção de falhas quer de obra quer de projeto. No que diz respeito à escolha do substrato por parte do empreiteiro, em visitas efetuadas posteriormente à sua instalação, verificou-se que o mesmo não seguiu as recomendações do projetista. Também a vegetação não respeitou as exigências do projetista: a dimensão da vegetação proposta não foi respeitada, o que irá provocar uma demora na concretização dos objetivos. A baixa qualidade e tamanho das espécies vegetais poderão provocar uma maior perda de exemplares.

No caso da cobertura vegetal a instalar em Moura ainda podem ser evitadas algumas das incorreções verificadas em Portalegre. Para isso basta existir um bom acompanhamento de obra por parte da equipa projetista e pelo dono da obra.

4.2. UM DESAFIO NA REDUÇÃO DO CONSUMO ENERGÉTICO

Toda a investigação feita na realização deste trabalho, assim como o caso prático acima apresentado serviram também à elaboração de um artigo intitulado “Green Roofs in Portugal – A challenge on the reduction of energetic consumption”, apresentado no congresso “Mind the Gap, Landscape for a New Era - EFLA Regional Congress of Landscape Architecture” em Tallinn, Estónia, e publicado na respetiva revista. Nesse artigo foram exploradas em particular as vantagens das coberturas vegetais na promoção da eficiência energética, dando particular ênfase às problemáticas da diminuição da temperatura no interior dos edifícios em meio urbano e, conseqüentemente, da redução do consumo energético nas cidades. O referido artigo é apresentado em anexo (Anexo – B).

Conjuntamente à apresentação do artigo, no âmbito do mesmo congresso, foi elaborado e exposto um Poster de forma a apresentar à comunidade científica presente a investigação realizada e as problemáticas discutidas no artigo. O Poster é também apresentado em anexo (Anexo – C).

CAPÍTULO V

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A construção de coberturas vegetais não é por si só a solução para todos os problemas que se fazem sentir na cidade atual. A resolução de problemas deve passar pela tomada de melhores políticas relativamente ao ordenamento do território e desenvolvimento urbano, nomeadamente na salvaguarda e no respeito pelos recursos naturais, quer sejam renováveis ou não, que integram o território e que em muitos casos estão a ser desrespeitados e delapidados por sucessivas impermeabilizações.

Será então necessária uma “revolução urbana” para procurar contrariar esta tendência. É importante criar regras e normas, que tenham como objetivo a realização de uma urbanização congratulante e equilibrada, que não destruam a *natureza*, nem a vida, que não prejudique nem o Homem, nem as condições para a sua existência futura.

Embora se considere que a construção de coberturas vegetais seja um passo na direção certa, um ou dois jardins de cobertura numa cidade de 2 milhões de habitantes, terão pouco impacto sobre qualquer uma das questões ambientais. No entanto com a construção sistemática destas estruturas e com a consciencialização da população face aos seus benefícios e às problemáticas inerentes à cidade, relativamente ao crescimento urbano, após alguns anos começarão a ser visíveis os seus benefícios, à semelhança de outras cidades mundiais localizadas em países como o Canadá, Alemanha e Estados Unidos da América.

As coberturas vegetais, como elemento maioritariamente vegetal que são, trazem à cidade grandes benefícios, sobretudo enquanto termorregulador da temperatura do ar, como elemento filtrante das poeiras em suspensão na atmosfera, na regulação do ciclo hidrológico e no escoamento das águas superficiais, na redução dos níveis de CO², na criação de microclimas, na variação do albedo e na criação de espaços de lazer e estadia para a população.

Devido ao elevado preço do solo urbano e à sua constante especulação para edificação as coberturas vegetais trazem à cidade uma nova oportunidade para a existência

de um maior número de espaços exteriores. Estas áreas ganham maior importância na cidade quando são de uso público, como é o caso da maioria das coberturas vegetais intensivas. No entanto a sua construção nunca deve ser apontada como justificação para a impermeabilização de solo na cidade, pois as funções e o valor ecológico deste são inatingíveis pelas coberturas. Estas devem ser construídas apenas para minimizar o impacto provocado pela construção de edifícios, pela perda de solo e pela perda de continuidade ecológica na cidade. É importante que o modelo de evolução da cidade seja repensado, principalmente no que toca à necessidade de espaços abertos, de forma a salvaguardar o *continuum naturale*.

Em cidades densamente construídas, onde os espaços abertos surgem como ilhas perdidas no meio de tanta construção, as coberturas vegetais podem ser uma das soluções para recuperar/revalorizar os corredores ecológicos urbanos e trazer de volta à cidade a fauna que foi obrigada a desaparecer ou a adaptar-se a condições insanas à sua existência.

80

A construção de coberturas vegetais traz também à cidade e ao interior dos edifícios benefícios térmicos que se refletem na diminuição da temperatura do ar exterior, através da diminuição do efeito urbano da ilha de calor, que depois se manifestam na climatização do interior dos edifícios. As pequenas alterações térmicas provocadas por estas estruturas na redução da energia necessária para a climatização dos edifícios, quando contabilizadas ao nível dos benefícios energéticos de uma cidade, revelam reduções substanciais na energia consumida na cidade.

Segundo defendeu Livia Tirone na sua comunicação, Portugal pode ser um dos países mais prósperos da Europa se souber transformar de um modo descentralizado e equitativo os seus recursos renováveis. Portugal é um país extremamente rico em recursos energéticos renováveis endógenos (solo, vento, sol e chuva).

Neste momento Portugal apresenta uma tendência crescente a nível de mercado, no que se refere à instalação de coberturas vegetais. Existe por isso a oportunidade de

começar a trabalhar bem, principalmente no que toca às técnicas e métodos de construção. Para que estes sistemas sejam eficientes e tragam ao edifício e à cidade as vantagens inerentes à sua construção, temos que olhar para os mercados internacionais, aprender e aplicar as boas práticas neles desenvolvidas. Temos contudo, devido às diferenças de clima, temos que saber adaptar essas práticas à realidade portuguesa.

É ainda necessário regular a sua construção, não só criando legislação que impeça a especulação imobiliária, punindo a substituição de solo natural por grandes estruturas edificadas a troco de coberturas vegetais, mas também criando incentivos à sua construção, à semelhança de outros países, nomeadamente Alemanha.

No que respeita aos estudos de caso apresentados ainda não foi possível tirar conclusões definitivas relativamente aos benefícios que estas estruturas trazem para os edifícios, uma vez que num deles a vegetação ainda não se encontra suficientemente desenvolvida e no outro a construção não foi ainda concluída. Assim, não é ainda possível estudar as variações de temperatura que se fazem sentir dentro dos edifícios. Podemos, no entanto, constatar que até ao momento a vegetação se continua a desenvolver de forma normal, apesar das grandes amplitudes térmicas a que tem sido sujeita. Se toda a vegetação proposta se desenvolver formando a massa vegetativa prevista, acreditamos que, à semelhança dos estudos apresentados em bibliografia, estas estruturas venham a trazer alterações nas variações térmicas internas dos edifícios e, consecutivamente, uma diminuição nos gastos energéticos relativos à climatização dos mesmos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Platt, R.H. (2004). *Regreening the metropolis: pathways to more ecological cities: keynote address*. Urban Biosphere and Society: Partnership of Cities. 1023: pp 49–61. USA: University of Massachusetts.
2. Schrader, S. & Böning, M. (2006). *Soil formation on green roofs and its contribution to urban biodiversity with emphasis on Collembolans*. Pedobiologia. 50
3. Farral, H. (2010). *Coberturas verdes – Benefícios e oportunidades de intervenção na cidade*. Conferência – Cidades Resilientes, Lisboa, 30th Setembro, 2010.
4. Oke, T. R. (1987). *Boundary Layer Climates*, 2nd edition. Cambridge University Press, New York.
5. Osmundson, T. (1999). *Roof Gardens: history, design, and construction*, 1st edition. w.w. Norton & Company. Inc., New York.
6. Peck, S.W. & Callaghan, C. (1999). *Greenbacks from Green Roofs: Forging a New Industry in Canada*. Status Report on Benefits, Barriers and Opportunities for Green Roof and Vertical Gardens Technology Diffusion. Canada Mortgage and Housing Corporation, Canada.
7. Jellicoe, Geoffrey and Susan. (1995). *The Landscape of Man: Shaping the Inveronment from Prehistory to Present Day*, 3ed edition. Thames & Hudson, New York.
8. Almeida, M.A. (2008). *Coberturas Naturadas e Qualidade Ambiental: Uma Contribuição em Clima Tropical Húmido*. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Arquitectura e Urbanismo, Rio de Janeiro.
9. Dunnett, N. & Kingsbury, N. (2008). *Planting Green Roofs and Living Walls*, 2nd edition. Timber Press Inc., Potland, USA.
10. Werthmann, C. (2007). *Green Roofs: a Case Study - Design by Michael Valkenburgh Associates for the headquarters of the American Society os Landscape Architects*, 1st edition. Princeton Architectural Press, New York.
11. Magalhães, M. R. (2001). *A Arquitectura Paisagista - Morfologia e Complexidade*, 1ª edição. Editorial Estampa, Lisboa.
12. Snodgrass, Edmund C. and Lucie L. (2006). *Green Roof Plants: A Resource and Planting Guide*, . Timber Press, Inc., Portland, USA.
13. Cabral, F.C. (2002). *Os jardins de Francisco Caldeira Cabral e Elsa Matos Severino*, Oito Projectos - Oito Paisagens. Revista Jardins, Lisboa.
14. Snodgrass, E. C. & McIntyre, L. (2010). *The Green Roof Manual: A Professional*

- Guide to Design, Instalation and Maintenance*, 1st edition. Timber Press, Inc., Portland.
15. Earth Pledge (2005). *Green Roofs: Ecological Design & Construction*, 1st edition. Schiffer Publishing Ltd, Atglen, Pennsylvania.
 16. Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau (2002). *Guidelines for the Planning, Execution and Upkeep of Green-Roof Sites*, 1st edition. FLL, Bonn, Germany.
 17. Srivastava, R. (2011). *Green Roof Design and Practices: A case of Delhi*. Thesis Master of Architecture. Kent State University, USA.
 18. Nagase, A. & Dunnett, N. (2010). *Drought tolerance in different vegetation types for extensive green roofs: Effects of watering and diversity*. *Landscape and Urban Planning*. Elsevier. 97 (4): pp 318–327. Japan: Chiba University.
 19. Mentens, J., Raes, D., Hermy, M. (2005). *Green roofs as a tool for solving the rainwater runoff problem in the urbanized 21st century?*. *Landscape and Urban Planning*. Elsevier. 77 (2006): pp 217-226. KULeuven, Belgium.
 20. Gregoire, B. G. and Clausen, J.C. (2011). *Effect of a modular extensive green roof on stormwater runoff and water quality*. *Ecological Engineering*. Elsevier. 37 (2011): pp 963-969. University of Connecticut, United States.
 21. Tirone, L. (2010). *Construção sustentável – Soluções para uma prosperidade renovável*. in: Conference – Cidades Resilientes, Lisboa, 30th Setembro, 2010.
 22. Dinsdale, S., Pearen, B., & Wilson, C. (2006). *Feasibility Study for Green Roof Application on Queen’s University Campus*. <http://www.queensu.ca/pps/reports/greenroof.pdf> [accessed on 15.07.2011].
 23. Ekaterini, E. & Dimitris, A. (1998). *The contribution of a planted roof to the thermal protection of buildings in Greece*. *Energy and Buildings*. 27 (3): pp 29-36. Greece: University of Thessaloniki.
 24. Meier, A. (1991). *Strategic landscaping and air-conditioning savings: a literature review*. *Energy and Buildings*. 15 (3/4): pp 479–486. U.S.A: University of California.
 25. Susca, T., Gaffin, S. R. & Dell’Osso, G. R. (2011). *Positive effects of vegetation: Urban heat island and green roofs*. *Environmental Pollution*. 159 (8-9): pp 2119-2126. Italy: Polytechnic University of Bari.
 26. Wong, N. H., Cheong, D. K. W. & Yan, H. & Soh, J. & Ong, C. K. & Sia, A. (2003). *The Effect of rooftop garden on energy consumption of a commercial building in Singapore*. *Energy and Buildings*. 35 (4): pp 353–364. Singapore: National University of Singapore.
 27. Akbari, H., Pomerantz, M., & Taha, H. (2001). *Cool surfaces and shade trees to*

- reduce energy use and improve air quality in urban areas*. Solar Energy. 70 (3): pp 295–310. USA: Lawrence Berkeley National Laboratory.
28. Modelling the impact of green roof infrastructure on the urban heat island in Toronto (2002). *Modelling the impact of green roof infrastructure on the urban heat island in Toronto*. The Green Roof Infrastructure Monitor. 4 (1): pp 2–3.
29. Peck, S, and Kuhn, M. (2003). *Design Guidelines for Green Roofs*. Ontario Association of Architects
30. Connelly, M. and Liu, K.K.Y. (2006). *BCIT Green Roof Research Program, Phase 1 - Summary of Data Analysis*. Report to Canada Mortgage and Housing Corporation. Centre for the Advancement of Green Roof Technology: British Columbia Institute of Technology. pp 55. http://commons.bcit.ca/greenroof/files/2012/01/cmhc_erp_20061.pdf
31. Liu, K.K.Y. and Baskaran, B.A. (2003). *Thermal performance of green roofs through field evaluation*. Proceedings for the First North American Green Roof Infrastructure Conference, Awards and Trade Show. National Research Council, Institute for Research in Construction: pp 1-10. Chicago. <http://www.nrc-cnrc.gc.ca/obj/irc/doc/pubs/nrcc46412/nrcc46412.pdf>
32. Hutchinson, D., Abrams, P., Retzlaff, R. And Liptan, T. (2003). *Stormwater Monitoring TwoEcoroofs in Portland, Oregon, USA*. Greening Rooftops for Sustainable Communities. City of Portland, Bureau of Environmental Services : pp 1 - 18. Chicago. <http://www.portlandonline.com/bes/index.cfm?a=63098&c=36055>
33. Porsche, U. & Köhler, M. (2003). *Life Cycle of Green Roofs – A Comparison of Germany, USA, and Brazil*. World Climate & Energy Event. pp. 461-467. Rio de Janeiro, Brasil

ANEXO – A

As duas tabelas em anexo apresentadas, adaptadas de Peck (2003), apresentam um leque de componentes e respectivos custos para coberturas vegetais extensivas e intensivas, respectivamente, bem como algumas variáveis que determinam esses mesmos valores.

(Costs assume an existing building with sufficient loading capacity; roof hatch and ladder access only. The larger the green roof, the cheaper the cost on a square metre basis.)

Component		Cost	Notes & Variables
a)	Design & Specifications	5% - 10% of total roofing project cost.	The number and type of consultants required depends on the size and complexity of the project.
b)	Project Administration & Site Review	2.5% - 5% of total roofing project cost.	The number and type of consultants required depends on the size and complexity of the project.
c)	Re-roofing with root-repelling membrane	\$100.00 - \$160.00 per sm. (\$10.00 - \$15.00 per sf.)	Cost factors include type of existing roofing to be removed, type of new roofing system to be installed, ease of roof access, and nature of flashing required.
d)	Green Roof System (curbing, drainage layer, filter cloth, and growing medium).	\$55.00 - \$110.00 per sm. (\$5.00 - \$10.00 per sf.)	Cost factors include type and depth of growing medium, type of curbing, and size of project.
e)	Plants	\$11.00 - \$32.00 per sm. (\$1.00 - \$3.00 per sf.)	Cost factors include time of year, type of plant, and size of plant - seed, plug, or pot.
f)	Installation / Labour	\$32.00 - \$86.00 per sm (\$3.00 - \$8.00 per sf.)	Cost factors include equipment rental to move materials to and on the roof (rental of a crane could cost as much as \$4,000.00 per day), size of project, complexity of design, and planting techniques used.
g)	Maintenance	\$13.00 - \$21.00 per sm (\$1.25 - \$2.00 per sf) for the first 2 years only.	Costs factors include size of project, timing of installation, irrigation system, and size and type of plants used.
h)	Irrigation System	\$21.00 - \$43.00 per sm. (\$2.00 - \$4.00 per sf.)	*Optional, since the roof could be watered by hand. Cost factors include type of system used.

A UTILIZAÇÃO DE COBERTURAS VEGETAIS EM CLIMA MEDITERRÂNICO

(Costs assume an existing building with sufficient loading capacity; roof hatch and ladder access only. The larger the green roof, the cheaper the cost on a square metre basis.)

Component		Cost	Notes & Variables
a)	Design & Specifications	5% - 10% of total roofing project cost.	The number and type of consultants required depends on the size and complexity of the project.
b)	Project Administration & Site Review	2.5% - 5% of total roofing project cost.	The number and type of consultants required depends on the size and complexity of the project.
c)	Re-roofing with root-repelling membrane	\$100.00 - \$160.00 per sm. (\$10.00 - \$15.00 per sf.)	Cost factors include type of existing roofing to be removed, type of new roofing system to be installed, ease of roof access, and nature of flashing required.
d)	Green Roof System (curbing, drainage layer, filter cloth, growing medium, decking and walkways)	\$160.00 - \$320.00 per sm. (\$15.00 - \$30.00 per sf.)	Cost factors include type and depth of growing medium, type and height of curbing, type of decking, and size of project. (cost does not include freestanding planter boxes.)
e)	Plants	\$54.00 - \$2,150.00 per sm. (\$5.00 - \$200.00 per sf.)	Cost is completely dependent on the type and size of plant chosen, since virtually any type of plant suitable to the local climate can be accommodated (one tree may cost between \$200.00 - \$500.00.
f)	Irrigation System	\$21.00 - \$43.00 per sm. (\$2.00 - \$4.00 per sf.)	Cost factors include type of system used and size of project.
g)	Guardrail / Fencing	\$65.00 - \$130.00 per lin.m. (\$20.00 - \$40.00 per lin. ft.)	Cost factors include type of fencing, attachment to roof, and size of project / length required.
h)	Installation / Labor	\$85.00 - \$195.00 per sm. (\$8.00 - \$18.00 per sf.)	Cost factors include equipment rental to move materials to and on roof, size of project, complexity of design, and planting techniques used.
i)	Maintenance	\$13.50 - \$21.50 per sm (\$1.25 - \$2.00 per sf) annually.	Costs factors include size of project, irrigation system, and size and type of plants used.

ANEXO – B

Green Roofs in Portugal – A challenge on the reduction of energetic consumption

Águas, Sérgio Rodrigo*; Matos, Rute Sousa**

Center for History of Art and Artistic Research

University of Évora

Department of Landscape, Environment and Planning

Largo dos Colegiais, Apartado 94

7001 Évora Codex. Portugal

*sergio.aguas@gmail.com; ** rutesousamatos@gmail.com

Copyright © 2011 by Águas, Sérgio Rodrigo and Matos, Rute Sousa. Published and used by EFLA Regional Congress 2011 with permission.

Abstract

As a consequence of the current crisis we are living, we have an increasing awareness in the professionals connected with the city and town planning to the environmental issues.

In Portugal, there are ongoing debates between authors, for the reduction of the use of fossil fuels and for the promotion of various forms of renewable energies. Promoting all types of energy efficiency is crucial, starting with a reduction of energetic consumption

In this presentation we intend to demonstrate the relevance of green roofs in the global climatic regulation, especially due to their influence over the variation in the value of albedo and the CO₂ levels in the atmosphere and consequentially of the urban heat island effect that affects most of the cities.

We also intend to demonstrate that the impermeability of the roofs with vegetation brings benefits to the building itself, especially lowering the temperature inside. Based in the information obtained with the theoretical investigation, we applied it to the two different case studies to obtain a preview of how the end results should be.

The lowering of the temperatures in the city and consequently inside the builds, brings great benefits in energy saving, contributing to a higher efficiency in the use of resources.

Keywords: Landscape Architecture, Green Roof, Energetic Consumption.

Introduction

Man over time, has altered the natural landscape in order to meet their needs and desires by inevitably creating environmental imbalances. During the last century there were severe changes in the proportion of urban and rural populations, these changes continue to increase today.

Rapid population growth in the cities, the increase in the built space and the radical landscape changes, have characterized the process of urbanization worldwide in the recent decades. In 1900, about 10% of the world population lived in cities, this number was expected to increase to 60% by 2030 (Platt, 2004). According to the UN, the world's urban population exceeded the rural population for the first time in 2007, a feat that has consequences as desertification and scarcity of resources in urban areas.

Throughout the world, authors are struggling since long to reduce the use of fossil fuels and to promote the use of renewable energy in all its forms. It is important to promote energy

efficiency in all its aspects, including the spacial organization of activities, construction, town planing and the effects on urban climate, health and environmental quality.

A set of environmental impacts, particularly in terms of water resources, soil and air temperature, have forcefully influenced the search for solutions to minimize or reverse the harmful man-made actions.

One method to cut back the environmental problems that are felt in the city and a way to minimize the impacts caused by urban sprawl is the construction of roof gardens that, according to several studies, bring vast environmental and ecological benefits to the city.

Subsequently, our aim is to try to understand what benefits may arise from the construction of green roofs due to the need to reduce energy consumption. For this purpose this investigation was based on the theoretical and practical works of authors such as N. H. Wong, N. Dunnett, B. Bass and Livia Tirone. The aim is thus to demonstrate the relevance of green roofs in regulating the cities climate (less Urban Heat Island Effect) as well as its importance in reducing the temperature inside the buildings. The temperature changes can bring large benefits in terms of energy savings.

The aim is also to understand other advantages derived from the use of green roofs either in climate regulation and in reducing the Urban Heat Island Effect (UHI).

It is also presented practical examples of the application of green roofs in two buildings located in *Alentejo*, one in *Portalegre* and the other in *Moura*, from which benefits are expected in the reduction of energy cost for the buildings indoor climate.

Material and methods

Some authors argue that many well known environmental problems in urban areas are caused by the loss of biodiversity and natural habitats, mainly as a result of the soil impermeability caused by construction measures, the increase of heavy metals and organic compounds and the emission of greenhouse gases (Schrader, 2006).

The disrespect for the dynamics of natural systems, soil resources and the improper occupation of areas that maintain the biophysical environment in work, are the leading causes of the problems that are felt.

The topic discussed here, namely the reduction of energy consumption, which included the green roofs, led to a discussion by several authors, leading to the production of literature and work supported by practical applications that support their relevance. We are interested, as theoretical support, in the authors that consider the green roofs as an advantage for the city and its buildings, particularly in relation to the reduction of the thermal levels.

This article develops from a literature review that is based in the theoretical and practical studies produced on the green roofs, where the base study was to understand and quantify the decrease in the internal temperature of the buildings. On the other hand it is also interesting to understand the advantages brought about by the existence of masses of vegetation, especially when associated with green roofs, in the climate regulation of the cities and the reduction of the UHI effect that is felt in them.

As a practical case we have the construction of two green roofs on the top of two libraries, with an average height of 4m, located in *Moura* and *Portalegre*.

These green roofs were constructed according to conventional techniques (layers of protection/waterproofing, drainage, filter mats, soil and vegetation), having as cover two distinct types of solutions (FLL, 2008). In *Portalegre*, the choice was a low cover of native shrubs, installed about a 40cm thick layer of pre-selected soil and a drip irrigation system was installed to assist in the early days and in the peak of summer. In *Moura* the choice was a system based on grasses, adapted to the climate conditions of the region, over a 40cm thick layer of soil and with pre-installation of a sprinkler irrigation system.

The first roof installation was concluded in January 2010 and the evolution of the vegetation has been continuously monitored. The second installation is still in the building construction phase and it is expected to be planted in the Spring of 2012.

Discussion

Theoretical Investigation

The green roof practice is increasingly spreading in our cities. Essentially because they are an important strategy in order to address some of the major urban environmental issues (Nagase, 2010). According to Dunnett and Kingsbury (2008), the green roof can provide many benefits to the city and the building. Among the many benefits pointed to these structures, we are interested, in the context of this work, those that directly or indirectly help to decrease energy consumption.

In Portugal, Ribeiro Telles and Delgado Domingos, among others are struggling since long to reduce the use off fossil fuels and to promote renewable energy in all its forms. Domingos (2009) adds that the most important thing is to promote energy efficiency in all its aspects, among which is important to highlight the spatial organization of activities, building, city planing and the consequences in the urban climate. For this scientist CO₂ and greenhouse gases are so important in the climate and energy issues as the changes in land use. In this sense, the vegetation plays a key role in the city due to its ability to transform

CO₂ into oxygen during the day.

With the destruction of the existing vegetation on the surface by the construction of a building, green roofs appear as a solution to minimize this impact, supporting a small part of the vegetation that would be installed at ground level. Installing one green roof in a city does not have any effect on CO₂ reduction. However if most of the buildings in a city had a garden in its coverage, the effect would be significant, not only in reducing CO₂ levels, but also in reducing the greenhouse effect and consequently the thermal variation and improving air quality.

One of the most important regulators of soil surface temperature is the heat exchange between the soil and atmosphere by the evaporation of water (latent heat). The impermeability of the soil, not only prevents the infiltration of rainfall and lowers soil moisture but modifies the energy trades between sun, soil and surrounding area. This effect is enhanced or attenuated depending on the geometry of buildings, their relative position, its thermal inertia and its outer coat. In case of soil, direct evaporation and plant related evaporation is a prime regulator. Change the bush or forest and you change the climate.

All these changes contribute to the Urban Heat Island effect (Oke, 1987), characterized by urban regions where temperatures are warmer than in the surrounding areas, especially at night. This effect can be reduced by increasing albedo, or the increase in vegetation along with increasing soil moisture and consequently evapotranspiration (Akbari et al, 2001). The UHI effect has multiple negative consequences in terms of energy consumption, especially in buildings with a low albedo (the lower the albedo of the coverage, the greater the absorption of solar energy and more energy is needed for cooling the inside).

The vegetation, applied to green roofs, has a very positive effect on mitigating the UHI effect, favoring an increase in albedo and a decrease in temperatures that are felt outside the building. The decrease in albedo strongly influences the impact caused by conventional roofing systems. Changing the conventional roof (black roof) for a green roof system, can have positive effects not only in micro-scale (the building) but also on an urban scale (Susca et al, 2011).

The Mediterranean region has very mild average temperatures, these being considered by many, the temperatures in which a human being feels comfortable outside (between 18° and 26°C), however, Portugal is a country with uncomfortable heat peaks. According to a study conducted by Dublin University in 2006, Portugal is one of the countries where more people die of cold, this problem has to do with the way we construct our buildings. Most of the houses do not have the ability to bring the outside average temperatures into the houses, like it is done in the countries of the northern Europe, which have completely opposite

conditions to those we have in Portugal (Tirone, 2010).

According to a regional model simulation, where a green roof was applied uniformly to 50% of the buildings in Toronto, the results show that the air temperature may suffer a swing of about 2°C in some areas (Bass et al, 2002). The 1% decrease in temperature of the city provokes a reduction in energy consumption, increasing energy efficiency. The buildings own air conditioning increases the outside air temperature, weighing immense when heavily used. A well insulated building absorbs less heat in the hot summer months, and will lose less in their air-cooling, thereby reducing air conditioning costs.

To Domingos (2009), the central problem lies in the way cities are planned. Architecture and urban planing must be adapted to the climate and new trends in order to obtain an increased efficiency of energy use in buildings and to reduce emissions of greenhouse gases. If trees are planted in cities the temperatures can lower 1, 2, or 3°C, improving not only the temperature levels but also the air quality.

A study by the University of Waterloo (2006) recorded in buildings with green roof, indoor air temperatures in the range of 3-4°C less than those recorded outside in the summer. The extra insulation provided by green roofs, in the winter, makes the loss of heated air, inside the buildings, decrease. In this process the vegetation has a role in thermal regulation of buildings, preventing the sun's energy from reaching the soil and providing it with shade (Dinsdale et al, 2006). Of the total radiation absorbed by the plants in a green roof, 27% is reflected, 60% is absorbed by plants and soil and 13% is transmitted to the ground (Ekaterini, 1998). According to studies by Meier (1991) on the temperature reduction and energy savings from green roofs, it was concluded that growing plants on land occupied by buildings can significantly reduce the surface temperature of the building by up to 20%, leading to a saving in energy consumption of air conditioning in the order of 80%, although it is more correct to point reductions of 25% to 50%.

The green roofs have the ability to reduce energy use for cooling and heating, resulting in the reduction of peaks energy (Susca et al, 2011). A study of commercial buildings gardens in Singapore shows that green roofs can reduce 1-15% in annual energy consumption, 17-79% in cooling load inside the building and within 17-79% of peak load (Wong, 2003). These studies demonstrate the importance of greenery and the shade it produces to reduce energy consumption of buildings.

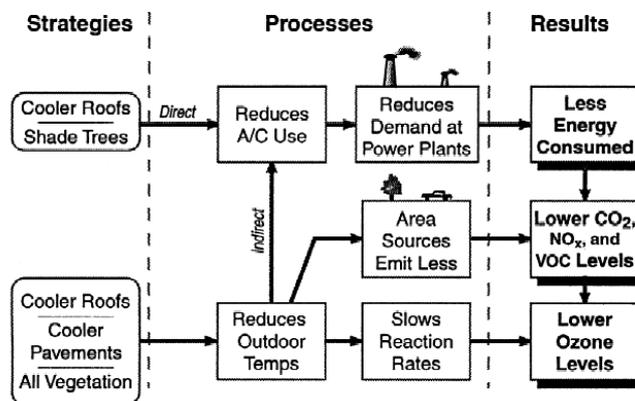


Figure 1. Methodology to analyze the impact of shade trees, cool roofs, and cool pavements on energy use and air quality (smog). (Akbari et al, 2001)

For Livia Tirone (2010), Portugal may be one of the most prosperous countries in Europe if we know how to transform in a decentralized and equitable way their indigenous renewable resources. According to this researcher, Portugal is a country extremely rich, this wealth corresponding to the indigenous renewable energy resources (soil, wind, sun and rain) .

Portugal currently has an increasing market level tendency for the installation of green roofs. There is therefore an opportunity to start working well, particularly with regard to techniques and construction methods. So that these systems are efficient and bring to the building and to the city the advantages inherent to its construction, we have to look to international markets, learning and applying the best practices developed, especially in the center of Europe. However, due to the differences in climate, we must learn to adapt these practices to the Portuguese reality.

Lopes (2003), demonstrates one of his studies for the city of Lisbon, the importance of open space (the case of Monsanto Park) on the change in the value of albedo, surface temperature and soil available energy, as well as flow of heat accumulated in the city.

The green roofs, like the gardens and parks, can provide important benefits to our cities, yet it is important that the model of evolution of the city to be re-thought, especially regarding the need for open spaces in order to safeguard the *cotinum naturale*.

Case Studies

According to the data pointed by the Meteorological Institute of Portugal (IMP), *Portalegre* has an average annual temperature between 15.1-16°C and an annual rainfall between 601-800mm, *Moura* presents higher average temperatures between 16-17°C, and lower

accumulated annual rainfall less than 600mm. According to the climatic classification of Koppen, *Alentejo* are located in a temperate climate (Csa) characterized by rainy winters and hot dry summers and with maximum temperature in the summer reaching over 40°C.

In order to minimize the high temperatures that often manifest inside the buildings, the construction of two libraries opted for the installation of green roof instead of the convention roofs, because of the advantages that green roof presents.

The case studies are in an initial phase of their development, for that reason it isn't yet possible to test their efficiency in the thermal regulation of the buildings (we intend to do so in a second phase of this project). However, Based on the works studied, and focusing on the benefits that green roofs had when used in other buildings and in different climates, it is expected that in times of great heat, the temperature inside these buildings will be smaller compared to the same buildings if they had regular roofs and other similar buildings in the region without green roof. This will contribute to a lower energy consumption, there is less need for air conditioning in these buildings.

However, not only the installation of green roofs, but also the vegetation in them influences the results you get. According to Kolb (2002), building features a larger inside temperature variation the higher the density of vegetation and its height. The shrub has a great capacity for damping temperature ranges, while the vegetation on the basis of grasses has an effect less notorious.

Therefore, it is likely that the best results are observed in the library in *Portalegre* taking into account the type of vegetation used.

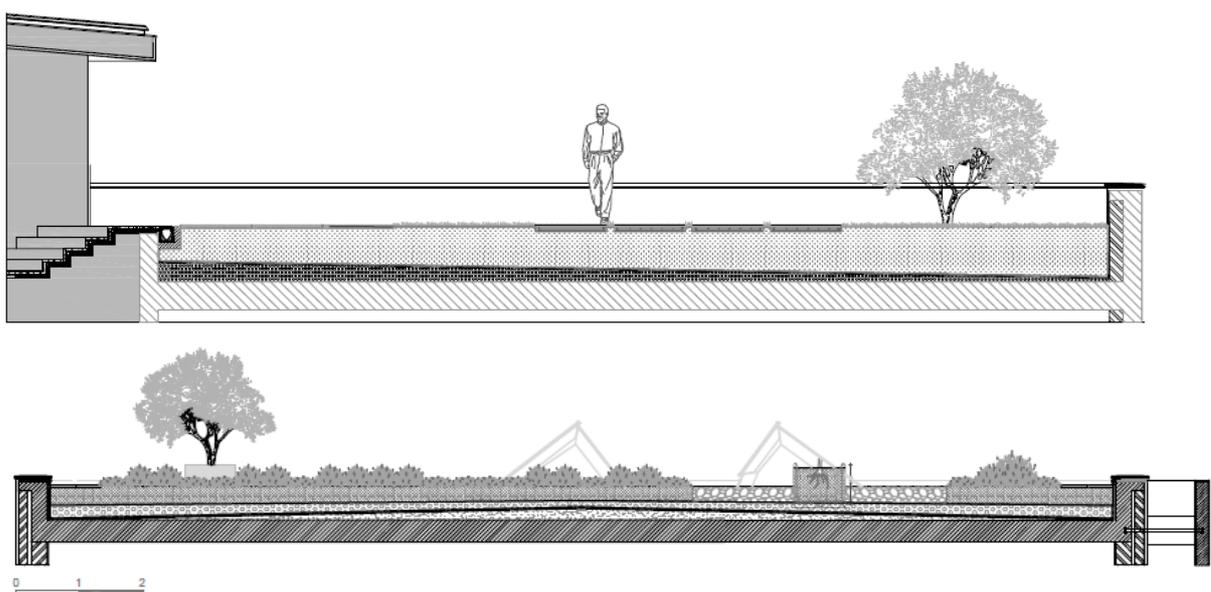


Figure 2. Section of *Moura* (above) and *Portalegre* (below) libraries green roofs projects.

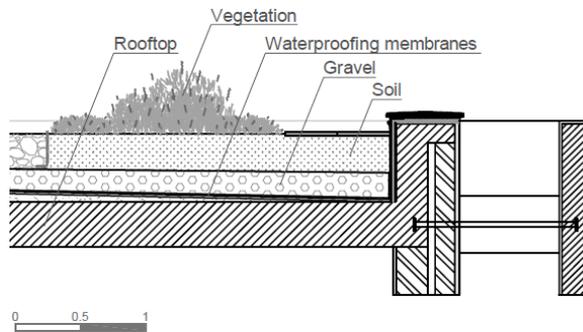


Figure 3. Construct system of green roofs.

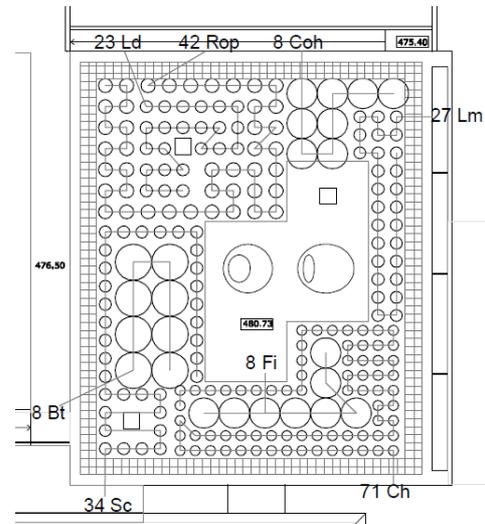


Figure 4. Vegetation plan of *Portalegre* library green roof project.

Conclusions

The construction of green roof is not itself the solution to all problems, which must go through better planning policies and urban development, particularly in safeguarding and respecting the natural resources, whether renewable or not, that make up the territory and that in many cases are being abused and depleted by successive constructions.

It will be necessary a “urban revolution” to undermine this tendency. It is important to create rules and regulations, aiming for a balanced town planning, that does not destroy *nature* or life, that doesn’t harm man or the conditions needed to insure their future existence.

Although it is considered that the construction of green roofs is a step in the right direction, one or two green roofs in a city of 2 million inhabitants, will have little impact on any of these environmental issues and especially the reduction of energy consumption on a global scale. However with the systematic construction of these structures, with awareness of the population about its benefits and the problems inherent to the city due to rapid urban growth, after a few years its benefits start to be visible like in other world cities.

The green roofs as an element that are mostly vegetable, bring great benefits to the city, specially as an air temperature regulator, as a filter of dust and elements suspended in the atmosphere, creating micro-climates, reducing CO₂ levels and the variation of albedo.

The construction of green roofs brings the city and the buildings thermal benefits that are reflected in the reduction of outside air temperature by decreasing the UHI effect, which then

manifest themselves in the air conditioning inside the buildings. Small thermal changes cause by the structures in the reducing the energy required for cooling of buildings, when counted in terms of energy benefits of a city, show substantial reduction in energy consumption in a city.

With regard to the case studies it as not been possible to draw definitive conclusions regarding the benefits they bring to the buildings, since the vegetation in one is not yet sufficiently developed and in the other, the building was not yet completed. Thus, it is still not possible to study the temperature variations that are felt within the buildings, or the energy consumed in its acclimatization.

However, we note that so far the vegetation continuous to develop normally, despite the extreme temperature ranges that they have been subjected. If all the vegetation grows as expected, we believe that like in the works we have analyzed, the structures will bring great changes in temperature variation inside the building and consecutively reducing the energy spent in they're acclimatization.

Acknowledgements

The work described in this paper was supported by the following funding agencies: University of Évora, Center for History of Art and Artistic Research (University of Évora) and Foundation for Science and Technology (Portuguese Ministry of Education and Science).

References

Akbari, H., Pomerantz, M., & Taha, H. (2001). Cool surfaces and shade trees to reduce energy use and improve air quality in urban areas. *Solar Energy*. 70 (3): pp 295–310. USA: Lawrence Berkeley National Laboratory.

Bass, B., Stull, R., Krayenjoff, S., & Martilli, A. (2002). Modelling the impact of green roof infrastructure on the urban heat island in Toronto. *The Green Roof Infrastructure Monitor*. 4 (1): pp 2–3.

Dinsdale, S., Pearen, B., & Wilson, C. (2006). Feasibility Study for Green Roof Application on Queen's University Campus. <http://www.queensu.ca/pps/reports/greenroof.pdf> [accessed on 15.07.2011].

Domingos, D. (2009). Cidades do Futuro - Por uma sociedade com menos CO₂. N <http://jddomingos.ist.utl.pt/>[official website publication, accessed on 05.06.2011].

Dunnett, N. & Kingsbury, N. (2008). *Planting Green Roofs and Living Walls*, 2nd edition. Timber Press, Portland Oregon.

Ekaterini, E. & Dimitris, A. (1998). The contribution of a planted roof to the thermal protection of buildings in Greece. *Energy and Buildings*. 27 (3): pp 29-36. Greece: University of Thessaloniki.

Farrall, H. (2010). Coberturas verdes – Benefícios e oportunidades de intervenção na cidade, in: Conference – Cidades Resilientes, Lisboa, 30th Setembro, 2010.

Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau (FLL) (2008). Guidelines for the planning, execution and upkeep of green roof sites. *Green Roofing Guideline*. Germany.

Kolb, W. & Schwarz, T. (2002). Kühlleistung verschiedener Gräser-Kräuter-Mischungen und Stauden bei Intensivbegrünungen. *Veitshöchheimer Berichte aus der Landespflege*. Heft 66: pp 145-150. Veitshöchheim

Lopes, A. (2003). Modificações no clima de Lisboa como consequência do crescimento urbano. Vento, ilha de calor de superfície e balanço energético. Tese de Doutoramento em Geografia Física. Portugal: Universidade de Lisboa.

Meier, A. (1991). Strategic landscaping and air-conditioning savings: a literature review. *Energy and Buildings*. 15 (3/4): pp 479–486. U.S.A: University of California.

Nagase, A. & Dunnett, N. (2010). Drought tolerance in different vegetation types for extensive green roofs: Effects of watering and diversity. *Landscape and Urban Planning*. 97 (4): pp 318–327. Japan: Chiba University.

Oke, T. R. (1987). *Boundary Layer Climates*, 2nd edition. Cambridge University Press, New York.

Platt, R.H. (2004). Regreening the metropolis: pathways to more ecological cities: keynote address. *Urban Biosphere and Society: Partnership of Cities*. 1023: pp 49–61. USA: University of Massachusetts

Schrader, S. & Böning, M. (2006). Soil formation on green roofs and its contribution to urban biodiversity with emphasis on Collembolans. *Pedobiologia*. 50 (4): pp 347-356. Germany: Institute of Agroecology.

Susca, T., Gaffin, S. R. & Dell’Osso, G. R. (2011). Positive effects of

vegetation: Urban heat island and green roofs. *Environmental Pollution*. 159 (8-9): pp 2119-2126. Italy: Polytechnic University of Bari.

Telles, G. (1996). *Conferências de Matosinhos - Um novo conceito de cidade: a paisagem global*. Contemporânea Editora, Lda., Matosinhos.

Tirone, L. (2010), Construção sustentável – Soluções para uma prosperidade renovável, in: Conference – Cidades Resilientes, Lisboa, 30th Setembro, 2010.

Wong, N. H., Cheong, D. K. W. & Yan, H. & Soh, J. & Ong, C. K. & Sia, A. (2003). The Effect of rooftop garden on energy consumption of a commercial building in Singapore. *Energy and Buildings*. 35 (4): pp 353–364. Singapore: National University of Singapore.

Biography

Rute Matos is a Professor of the Department of Landscape, Environment and Planning at the University of *Évora*, Portugal. With a Degree in Landscape Architecture, a Master in Landscape Recovery and Heritage Architecture and a PhD on Arts and Techniques of the Landscape, her research interests focuses on the theme of the new urban realities and challenges, namely the multifunctionality of the landscape, the interstitial urban spaces and the urban agriculture as a new design approach. Since 1996 she teaches on Landscape Architecture Degree. Since 2010 she teaches on Architecture Degree and on Civil Engineering Degree.

Sérgio Águas is a Landscape Architect at the studio *AP, Estudos e Projectos de Arquitectura Paisagista, Lda*, in *Évora*, Portugal, since 2009. With a Degree in Landscape Architecture he is currently registered at University of *Évora* as a Master Student on Landscape Architecture. His research interests focuses on the theme of the new urban realities, new tendencies and techniques on urban spaces construction, eco-cities, sustainable design and new materials.

ANEXO – C