



UTILIZAÇÃO DE COBERTURAS AJARDINADAS DE VEGETAÇÃO INTENSIVA, EXTENSIVA E HORTA URBANA EM EDIFICAÇÕES

José Manuel Domingues Mariano
(Licenciado em engenharia civil)

Trabalho Final de Mestrado para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil

Orientador:

Licenciado Jorge Manuel Grandão Lopes

Júri:

Presidente: Doutora Maria Dulce e Silva Franco Henriques

Vogais:

Licenciado Jorge Manuel Grandão Lopes

Mestre Maria Manuela da Silva Eliseu Ilharco Gonçalves

Setembro de 2015



INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA
DEC - Departamento de Engenharia Civil



Palavras-chave

Cobertura ajardinada, reabilitação urbana, comportamento térmico, absorção e retenção das águas pluviais, construção sustentável, aquaponia.

Key words

Green roof, urban regeneration, thermal behaviour, rainwater absorption and retention, sustainable construction, aquaponics.



INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA
DEC - Departamento de Engenharia Civil



Resumo

O presente trabalho incide sobre o estudo de coberturas ajardinadas em edifícios, e, em particular, na solução a adotar numa moradia, na rua dos Ranúnculos, na Herdade da Aroeira concelho de Almada. Pretende-se dotar o edifício com uma solução sustentável, cuja técnica já é utilizada em vários países.

A cobertura ajardinada é uma solução que já vem da antiguidade, utilizada pelas primeiras civilizações em alguns edifícios, embora apenas como elemento estético e ornamental.

Ao longo dos tempos, com a evolução do conhecimento as técnicas evoluíram e começa-se a perceber algumas vantagens com a utilização deste tipo de cobertura, que não só as estéticas. Os benefícios trazidos por este tipo de coberturas poder-se-ão traduzir em benefícios ambientais sociais e económicos.

Pelo exposto, a execução de coberturas ajardinadas em edifícios traduz-se em valorização ecológica, fator a ter presente na reabilitação urbana, que deve ir sempre ao encontro das novas necessidades e utilizando novos materiais, com maiores reflexos na saúde e bem-estar do próprio ser humano.

Neste trabalho, pretende-se ainda, avaliar as vantagens e benefícios com a execução de uma cobertura ajardinada na Guarda e Vila Nova de Gaia. Verificar que o uso do solo utilizado na cobertura traz benefícios económicos, sociais e ambientais, porque conduz à criação de zonas de lazer ou hortas, o que se enquadra na perspetiva de desenvolvimento sustentável, e analisar o impacto causado pela pluviosidade, e o seu comportamento na rede de drenagem de águas pluviais.

Por último, e a partir dos casos de estudo, faz-se uma síntese das vantagens da opção pelas coberturas ajardinadas, com vista a que a sua divulgação possa contribuir para despertar um maior interesse e receptividade à sua utilização e permitir desenvolver uma técnica moderna de reabilitação sustentável.



Abstract

This work focuses on the study of green roofs and in particular on the solution to adopt on a house at Ranunculos street in Herdade da Aroeira, in the municipality of Almada. It is intended to provide a sustainable solution for this building using a technique already used in several countries.

The green roof is a solution with its origin in ancient times, used by early civilizations in some buildings, although only as an aesthetic and ornamental element.

Throughout time, the evolution of knowledge and techniques have evolved and people realized that there were other advantages in using this type of roof rather than only aesthetics. The benefits of this type of roof will bring environmental, social and economic benefits.

For the reasons above, construction of green roofs on buildings translates into ecological recovery, a factor to bear in mind in urban regeneration, which must always meet the new needs and use of new materials, with major impacts on health and well-being for the human being.

In this work, we intend also to assess the advantages and benefits of the construction of green roofs in the cities of Guarda and Vila Nova de Gaia, to confirm that the soil use in green roof brings environmental, social and economic benefits because it leads to the creation of recreational areas or gardens, contributes for sustainable development. We analyze also the impact of rainfall, and its behavior in the rainwater drainage network.

Finally, and based on the case studies, we summarize the advantages of green roofs, in order to create greater interest and receptivity to its use and allow the development of a modern technique for sustainable rehabilitation.



Índice

CAPITULO 1 – Introdução.....	1
1.1 Enquadramento.....	1
1.2. Objetivos	2
1.3. Metodologia	3
1.4 Estrutura do trabalho	3
CAPÍTULO 2 - Coberturas ajardinadas	5
2.1 Contexto histórico	5
2.2 Descrição.....	6
2.3 Fundamentação na sua utilização.....	6
2.4 Tipologia	7
2.4.1 Coberturas verdes intensivas	7
2.4.2 Coberturas verdes extensivas	8
2.4.3 Comparação das tipologias.....	9
2.4.4 Exemplos.....	10
2.5 Sistema construtivo	12
2.5.1 Sistema de impermeabilização	13
2.5.2 Camada de Drenagem	14
2.5.3 Camada da proteção de raízes	15
2.5.4 Camada do substrato	16
2.5.5 Camada de vegetação.....	17
2.6 Legislação em Portugal	20
2.6.1 Normalização	22
2.7 Vantagens das coberturas ajardinadas.....	23
2.7.1 Solução integrada	23
2.7.2 Benefícios públicos	24



2.7.2.1 Criação de hortas urbanas	25
2.7.2.2 Melhoria do bem-estar e da qualidade de vida.....	26
2.7.2.3 Redução do efeito “ Ilha de calor”	27
2.7.2.4 Gestão e drenagem de águas pluviais.....	29
2.7.2.5 Redução de resíduos, com a utilização de técnicas de compostagem	32
2.7.2.6 Aumento da biodiversidade.....	33
2.7.2.7 Melhoria da qualidade do ar	36
2.7.2.8 Estética, qualidade urbanística e valorização dos espaços privados	37
2.8 Restrições à utilização das coberturas ajardinadas.....	37
CAPITULO 3 – Duas soluções ajardinadas em	41
funcionamento.....	41
3.1 Intervenção – Horta em cobertura de edifício de autarquia na cidade da Guarda.....	41
3.1.1 Objetivo.....	41
3.1.2 Capacidade de suporte e tipo de impermeabilização.....	42
3.1.3 Manutenção do sistema implementado	42
3.1.4 Obtenção de resultados do sistema implementado.....	43
3.2 Intervenção - Moradia unifamiliar em Vila Nova de Gaia.....	43
3.2.1 Objetivo.....	44
3.2.2 Capacidade de suporte da estrutura	44
3.2.3 Implementação do sistema	44
3.2.4 Obtenção de resultados do sistema implementado.....	46
CAPITULO 4 – Cobertura ajardinada em fase de projeto	47
4.1 Enquadramento	47
4.2 Intervenção - Moradia unifamiliar Aroeira	48
4.2.1 Objetivo.....	49
4.2.2 Cobertura existente.....	50
4.2.3 Capacidade de suporte da estrutura	51
4.2.4 Implementação de um sistema Aquapônico.....	52



INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA
DEC - Departamento de Engenharia Civil

4.2.5 Instalação do sistema.....	54
4.2.6 Reaproveitamento das águas pluviais e sistema de rega	57
4.2.7 Resultados da implementação	57
CAPITULO 5 - Conclusões	59
CAPITULO 6 - Recomendações para trabalhos futuros	65



INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA
DEC - Departamento de Engenharia Civil



Índice de figuras

Figura 1.1 Evolução da população rural e urbana no mundo, 1950 – 2050 (adaptado de world U.P. 2010).....	1
Figura 2.1 Jardins suspensos da Babilónia, Fonte: http://pt.wikipedia.org/wiki/jardins suspensos da Babilónia , 2013.....	5
Figura 2.2 Cobertura Intensiva, (Fonte: www.arquiteturaefcoeficiente.com.br , 2013).....	8
Figura 2.3 Cobertura extensiva, (Fonte: http:// www.landlab.pt , 2013).....	8
Figura 2.4 Exemplos de coberturas ajardinadas em Portugal, (Fonte: http://www.neoturf.pt , 2013).....	10
Figura 2.5 Cobertura ajardinada com sistema extensivo numa habitação em Macedo de Cavaleiros, (Fonte: http://www.neoturf.pt , 2013).....	11
Figura 2.6 Cobertura ajardinada com sistema extensivo de habitação em Entre-Os-Rios, (Fonte: http://www.neoturf.pt , 2013).....	11
Figura 2.7 Cobertura ajardinada com sistema extensivo numa habitação em Aveleda, Braga, (Fonte: http://www.neoturf.pt , 20113).....	11
Figura 2.8 Cobertura ajardinada com sistema extensivo e vegetação tapete de “Sedum” numa habitação em Vila Nova de Gaia, (Fonte: http://www.neoturf.pt , 2013).....	12
Figura 2.9 Corte construtivo Tipo (CAD)(Fonte: http://www.planetacad.com ,2013).....	12
Figura 2.10 Corte construtivo Tipo (Adap. De Tolderland, 2008).....	13
Figura 2.11 Tela de drenagem e retenção de água fabricado em polietileno reciclado, com 25mm de altura, (Fonte: boya-tech.alibaba.com , 2013)	15
Figura 2.12 Família de Sedum: Erva-pinheira, Fonte: http://sigmetum.blogstop.com , 2013).....	18
Figura 2.13 Exemplos se vegetação Sedum: Erva-pinheira vistoso, (Fonte: http://www.landlab.pt , 2013).....	18
Figura 2.14 Vantagens das coberturas verde.....	24
Figura 2.15 - Tomates e pimentos (à esquerda) e beringela (à direita) produzidos na cobertura ajardinada da Fundação Earth Piedge, (Fonte: Earth Piedge, 2005).....	26
Figura 2.16 Condomínio habitacional em Vila Madalena S. Paulo Brasil, (Fonte: http://www.aphins.com.br , 2013).....	27
Figura 2.17 Torre Residencial Aquária, situada em Bombaim, India, (Fonte: http://www.engenhariapt.com , 2013).....	27
Figura 2.18 Perfil típico de uma ilha de calor urbana, cujas temperaturas nas zonas rurais são inferiores às dos centros urbanos, (Fonte:USEPA,2003).....	28



Figura 2.19 Taxa de retenção de água pluvial, em cobertura extensiva, localizada na Carolina do Norte, durante o período de Abril de 2003 a Setembro de 2004. Fonte (Moran, et al., 2005).....	30
Figura 2.20 Escoamento de um telhado verde (linha a tracejado) gerado por um evento de chuva (linha preta), (Adaptado de Berndtsson, 2009).....	31
Figura 2.21 Ciclo dos materiais orgânicos, (Fonte: http://www.culturadigital.br , 2013).....	33
Figura 2.22 Cobertura de edifício, Nova Iorque, (Fonte: http://luzdeluma.blogspot.com , 2013).....	34
Figura 2.23 Borrelho de dupla coleira, em cobertura ajardinada, Washington, (Adaptado de, Snodgrass, et al., 2006)	35
Figura 2.24 Borrelho de dupla coleira, em cobertura ajardinada, Washington (Snodgrass, et al., 2006).....	35
Figura 3.1 Horta autarquia na Guarda, (Fonte: www.asbeiras.pt , 2013)	42
Figura 3.2 Anexo com piscina, sobre o qual se instalou a cobertura ajardinada, (Fonte: http://www.neoturf.pt , 2013).....	43
Figura 3.3 Vista da cobertura ajardinada, (Fonte: http://www.neoturf.pt , 2013)	43
Figura 3.4 Rede de águas pluviais – Embocadura de “Tubo de queda”, (Fonte: http://www.neoturf.pt , 2013)	45
Figura 3.5 Sistema de Rega, (Fonte: http://www.neoturf.pt , 2013).....	45
Figura 3.6 Esquema de camadas utilizadas na cobertura ajardinada, (Adap. De Tolderland, 2008).....	45
Figura 3.7 Planta da cobertura ajardinada (anexo), (Fonte: http://www.neoturf.pt , 2013)	46
Figura 4.1 Terreno antes da construção - Vista para sul, (Fonte: Autor do T.F.M, 2004).....	48
Figura 4.2 Volumetria do Edifício depois de construído - Vista da estrada,(Fonte: Autor do T.F.M, 2004).....	48
Figura 4.3 Volumetria do edifício depois de construído - Vista do lago,(Fonte: Autor do T.F.M, 2004).....	49
Figura 4.4 Corte da cobertura com o sistema de impermeabilização existente, (Fonte: www.imperialum.com , 2013).....	50
Figura 4.5 Esquema representativo das várias camadas do sistema construtivo da cobertura ajardinada adotar, (Adap. De Tolderland, 2008).....	51
Figura 4.6 Sistema básico de aquaponia, (Fonte: www.embrapa.br , 2013).....	53
Figura 4.7 Esquema técnico Aquapônico, (Fonte: www.liciamalla.com , 2013)	53
Figura 4.8 Representação esquemática do processo de aquaponia, (Fonte: aquaponicsplan , 2013).....	54



INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA
DEC - Departamento de Engenharia Civil

Figura 4.9 Peixes da espécie “Tipália” e “carpa, (Fonte: [http:// www.luciamalla.com](http://www.luciamalla.com), 2013) ...55

Figura 4.10 Substrato e vegetação, (Fonte: youtube-downloader-mp3.com,2013)56

Figura 4.11 Tanque ou lago, (Fonte: <http://www.ehow.com.br>, 2013).....56

Figura 4.12 Pormenor do sifão do tanque, (Fonte: <http://www.luciamalla.com>, 2013).....56



INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA
DEC - Departamento de Engenharia Civil



Índice de tabelas

Tabela 2.1 Características de coberturas intensivas e extensivas (adaptado de Oberndorfer et al.2007)	9
Tabela 2.2 Tipologia Intensiva (adaptado de Peck et al. 2012 et al., 1999).....	10
Tabela 2.3 Tipologia extensiva (adaptado de Peck et al. 2012 et al., 1999)	10
Tabela 2.4 Sistemas de impermeabilização em coberturas (adapta. de IST, 2012.....	14
Tabela 2.5 Proporção dos componentes de substrato para coberturas verdes	16
Tabela 2.6 Espécies a utilizar nas coberturas verdes	19
Tabela 2.7 Países líderes em legislação, aplicação e desenvolvimento em coberturas ajardinadas (Adaptado de Lawlor et al., 2006)	21
Tabela 2.8 Fases de implementação de programas para coberturas verdes (Adaptado de Lawlor et al., 2006)	22
Tabela 4.1 Espessuras mínimas de terra vegetal para os vários tipos de vegetação (adaptado de Grandão, 2002).....	52
Tabela 4.2 Tabela de quantidades	55
Tabela 5.1 Vantagens e desvantagens das coberturas dos casos de estudo.....	63



INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA
DEC - Departamento de Engenharia Civil



CAPITULO 1 – Introdução

1.1 Enquadramento

Só muito recentemente, na história de humanidade, se tem dado importância às questões relacionadas com o ambiente e as suas ameaças contínuas, aos locais e ao planeta. Consequentemente, a forma como as populações ocupam as grandes cidades, provocada pelo enorme fluxo migratório para as zonas urbanas, deram origem a grandes concentrações de edificado, menosprezando, e até mesmo abolindo, diversas áreas verdes existentes, traduzindo-se em verdadeiros prejuízos sociais e ambientais para as populações.

Após a segunda metade do século XX, o decréscimo dos recursos naturais tem-se acentuado relativamente ao avanço das áreas urbanas, tanto a nível da Europa como no resto do mundo. Deste modo podemos destacar que na Europa o aumento foi de 51 para 73%, nos EUA de 64 para 80% e em média de 29 para 48% em todo o mundo. Prevê-se que para o ano de 2030 a população urbana seja de 80% na Europa, 87% nos EUA e de 61% no resto do mundo. De acordo com estudos realizados em 2009, verifica-se um maior número de habitantes a viver nas zonas urbanas do que nas zonas rurais a partir de 2010 (World U.P., 2010), tal como se evidencia na Figura 1.1. O estudo realizado, teve início em 1950, ano em que se deu a explosão demográfica, fazendo-se sentir mais nos países industrializados ou em desenvolvimento. Deste modo, poderemos definir uma zona urbana, como uma área ocupada por uma cidade caracterizada pela edificação contínua, incluindo a existência de equipamentos e infraestruturas sociais destinadas à habitação, trabalho, recreação e circulação, isto é, que possibilita a vida das pessoas. A zona rural, por sua vez, poderemos definir como um espaço não urbanizado destinado à agricultura, pecuária, silvicultura e conservação ambiental.

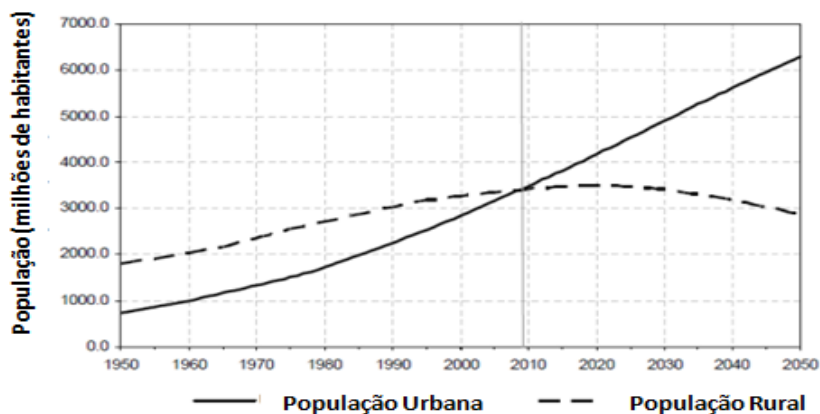


Figura 1.1 Evolução da população rural e urbana no mundo, 1950-2050 (Adaptado de World U.P., 2010)



Relativamente a Portugal, com um total de cerca de 10.000 de habitantes, registou-se no ano de 2009 uma população rural de aproximadamente 4.000 de habitantes, e uma população urbana de aproximadamente 6.000 de habitantes.

Para que a construção seja sustentável, terá que existir de facto uma mudança de paradigma, ou seja, terá que haver uma mudança de atitude em cada cidadão, de forma a tomar consciência dos impactos ambientais das decisões tomadas, fruto das pressões a que cidadãos comuns e empresas estão sujeitos.

A União Europeia tem adotado estratégias no âmbito da construção sustentável, no sentido de gradualmente possibilitar melhorias ao nível da eficiência energética e na utilização eficiente dos recursos naturais, impondo diretivas e boas práticas ao nível da construção, em contexto urbano. Assim, a criação de espaços verdes ao nível da cobertura, vão ao encontro de soluções ecológicas e de sustentabilidade. Genericamente conhecidos como jardins de cobertura, são há muito utilizados em alguns países, sendo que em Portugal têm ainda pouca expressão. Poder-se-ão realçar algumas vantagens na utilização destas coberturas ajardinadas, tais como, a retenção temporária de águas pluviais, a redução do efeito de ilha de calor, assim como, a melhoria ambiental nos meios urbanos.

1.2. Objetivos

O principal objetivo do trabalho é divulgar a introdução da aquaponia como sistema de cultivo em coberturas, em particular numa moradia, elencar os parâmetros térmicos, hidrológicos e em particular, o impacto visual, resultante da sua utilização. E ter presente que, esta solução tem também como objetivo, o resgate da área verde utilizada na implantação e construção do edificado, devolvendo-a ao ecossistema inicialmente existente.

Para tal, recorreu-se a dois casos distintos já aplicados e a um terceiro ainda em fase de projeto. Para este último, o presente trabalho poderá justificar a solução adotada. Trata-se de uma moradia unifamiliar inserida num loteamento residencial urbano “Herdade da Aroeira”, junto à arriba fóssil da Costa de Caparica e a 600 metros das praias da Fonte da Telha. O loteamento com aproximadamente 350 hectares e 450 lotes de moradias, está envolvido numa extensa área de pinhal, tem vários lagos, e inclui alguns equipamentos, tais como, quatro campos de ténis e dois campos de golfe de campeonato, com 18 buracos.

Esta solução, “Aquaponia”, ainda tem também como objetivo final, despertar interesse para aplicação em edifícios mais antigos, nomeadamente em “Edifícios mistos de betão e alvenaria, surgidos entre 1930 e 1940”, e também em “Edifícios de betão armado e alvenaria de tijolo, surgidos entre 1940 e 1960” dado que, o substrato utilizado à base de argila expandida garante cargas substancialmente menores.



1.3. Metodologia

Para dar cumprimento aos objetivos traçados, a metodologia compreendeu três fases:

1ª Fase – Introdução ao tema, destacando os seus objetivos finais.

2ª Fase – Perceção dos benefícios das coberturas ajardinadas em alguns edifícios existentes, e respetivos contextos urbanos.

3ª Fase – Estudo do projeto de implementação de cobertura ajardinada em moradia, com referência às vantagens da sua utilização.

1.4 Estrutura do trabalho

A estrutura aqui preconizada, é composta por seis capítulos, e que são:

1º Capítulo - Introdução: referência ao enquadramento do tema destacando os objetivos do Trabalho Final de Mestrado.

2º Capítulo – Coberturas ajardinadas: Contextualização histórica desde a sua origem e análise dos seus aspetos técnicos e das vantagens da sua utilização.

3º Capítulo – Duas soluções de coberturas ajardinadas em funcionamento: Referência a aspetos técnicos e de manutenção.

4º Capítulo – Cobertura ajardinada em fase de projeto: Análise da sua sustentabilidade face às anteriores e desenvolver, com especial relevância para a possibilidade de cultivar várias espécies ao longo de todo o ano através da aquaponia.

5º Capítulo – Conclusões: Análise e interpretação dos respetivos resultados.

6º Capítulo – Recomendações para trabalhos futuros.



INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA
DEC - Departamento de Engenharia Civil



CAPÍTULO 2 - Coberturas ajardinadas

2.1 Contexto histórico

A utilização de coberturas ajardinadas, não é um fenómeno recente, antes pelo contrário, é uma prática que se observa em algumas civilizações antigas, tais como os jardins suspensos da Babilónia (Figura 2.1). Na utilização desta prática pelas civilizações antigas, residia simplesmente o sentido estético e visual que proporcionava.



Figura 2.1 Jardins suspensos da Babilónia
(Fonte: https://pt.wikipedia.org/wiki/Jardins_Suspensos_da_Babilónia, 2013)

Esta prática desenvolveu-se de uma forma regular ao longo dos tempos em diversas sociedades. O império Romano utilizou as coberturas verdes com a introdução de árvores no topo dos edifícios. Também em Itália no período renascentista foi notória a sua utilização, assim como na Índia entre os séculos XVI e XVII e na Escandinávia no início do século XIX.

Em edifícios modernos, os primeiros projetos com coberturas verdes foram desenvolvidos pelos arquitetos Frank Lloyd Wright e Le Corbusier, entre outros, e foram feitos apenas no sentido de integração paisagística, não numa lógica de sustentabilidade associada ao meio urbano (Peck et al., 1999).

É a partir de 1960 que começam a surgir em grande escala coberturas ajardinadas em diversos países da Europa, muito impulsionadas pelos incentivos e apoios dos respetivos países



(Peck et al., 2012). De facto, a partir desta altura começa-se a associar as coberturas ajardinadas a soluções “verdes”, com grandes melhorias na qualidade do ar exterior e interior assim como a redução do caudal originado pela drenagem das águas pluviais.

2.2 Descrição

A densidade cada vez mais acentuada do edificado construído, deve fazer surgir mais áreas verdes, nomeadamente em coberturas.

Na execução das coberturas ajardinadas são aplicadas camadas fixas no local, nomeadamente camadas de substrato e vegetação. Em alguns casos a sua utilização poderá destinar-se a práticas de horticultura urbana, uma vez que escasseiam cada vez mais estes espaços, o que contribui para a melhoria sócio económica das populações mas, também, para uma melhoria em termos de eficiência energética dos edifícios.

A utilização de coberturas ajardinadas nos edifícios contribui ainda para contrariar o denominado efeito de “ Ilha de calor”, assim como para melhorar ou retardar o escoamento das águas pluviais, permitindo assim uma melhor gestão e eficiência da rede pluvial, podendo evitar, deste modo, a possibilidade da existência de “ cheias”.

A eficiência nos resultados deste tipo de cobertura só é possível com a garantia de funcionalidade plena, e isso passa efetivamente por preocupações ao nível da execução e manutenção, ou seja, a implementação destas coberturas requerem rigor na execução e na escolha de sistemas de irrigação de qualidade.

2.3 Fundamentação na sua utilização

Como facilmente se verifica, grande parte das atuais cidades regista ocupação em massa do edificado, restando poucas áreas para espaços verdes, o que não contribui para uma boa qualidade do ambiente. Deste modo, a utilização de coberturas ajardinadas também designadas por verdes ou ecológicas vem dar um grande contributo ao próprio ambiente, mas também privilegiar a parte estética dos edifícios, conferindo maior harmonia e bem-estar aos seus utilizadores.

As melhorias conferidas por estas coberturas traduzem-se em números muito interessantes.

A eficiência energética é melhorada significativamente, pois reduz substancialmente as necessidades de utilização de ar condicionado. Relativamente à térmica, constata-se uma elevada inércia térmica na utilização das camadas fixas constituintes. As coberturas verdes têm a capacidade de refletir a maior parte do espectro solar, nomeadamente os infravermelhos, pelo que



diminui significativamente a absorção para o interior do edifício e, conseqüentemente, a redução de utilização em número de horas do ar condicionado. Assim, a melhoria do conforto térmico gera também menor consumo de eletricidade. Poder-se-á afirmar, portanto, que a sua utilização promove uma maior racionalização dos consumos energéticos, que se traduzem em melhorias para o meio ambiente. A diminuição das temperaturas urbanas são assim conseguidas em conjunto pelo contributo das superfícies frias (telhados), com a vegetação, o que promove um atraso na taxa de formação de *smog* (O_3), promovendo melhorias na qualidade do ambiente (Akbari et al., 2004, Neoturf, 2012). Normalmente a superfície das coberturas ajardinadas não ultrapassa os 25°C de temperatura, muito inferior aos 70°C que se poderão registar nas coberturas tradicionais. A fotossíntese com as coberturas ajardinadas é ampliada, originando maior produção de oxigénio, assim como uma melhoria na reciclagem do dióxido de carbono (Neoturf, 2012).

Esta solução, permite uma mais fácil gestão do escoamento de águas pluviais, pois 50 a 80% da água da chuva é absorvida e evaporada pelas plantas, evitando assim inundações. Também promove um bom isolamento acústico, para além de terem a capacidade de filtrar gases poluentes e partículas em suspensão na atmosfera, traduzindo-se em substanciais melhorias no ambiente e qualidade do ar (Neoturf, 2012).

2.4 Tipologia

No âmbito das coberturas ajardinadas, podem-se considerar dois tipos de coberturas: intensivas e extensivas, de acordo com o tipo de vegetação instalar.

Os produtos disponíveis no mercado para aplicação em coberturas ajardinadas são de excelente qualidade, pelo que as maiores preocupações prendem-se em escolher o tipo de cobertura, tendo em conta a capacidade de carga do edifício, o tipo de estrutura, o clima da região e o tipo de solo a colocar.

2.4.1 Coberturas verdes intensivas

Neste tipo de coberturas intensivas (Figura 2.2) há a intenção de prolongar o jardim, criando alguma acessibilidade, aproximando-o de um jardim convencional. A espessura do solo pode ser considerada a partir de 15 cm, para que assim consiga suportar a vegetação (Neoturf, 2012).



Fig. 2.2 Cobertura intensiva (Fonte: www.arquiteturaeficiente.com.br, 2013)

Deve-se ter sempre em consideração valores de espessura mínimos, para que deste modo possamos minimizar as cargas atuantes, evitando assim algum tipo de patologias futuras, mas também minimizando custos de execução.

Como foi referido anteriormente, nas coberturas de tipologia intensiva, existe a intenção de aproximação a jardins convencionais, o que implica espessuras de solo maiores com substratos mais profundos. Estes jardins surgem no sentido de solucionar a falta de espaços verdes, tal como tem sido referido, mas esta tipologia requer mais cuidados de execução e manutenção, conferindo no entanto ao espaço uma grande vantagem em termos de qualidade de ambiente e utilização, quando comparado com as coberturas extensivas.

2.4.2 Coberturas verdes extensivas

São coberturas que não se destinam a ter uso regular e muitas vezes nem sequer são visíveis. Neste tipo de coberturas verdes extensivas (Figura 2.3), as espessuras rondam os 15 cm, sendo que deste modo pouco afetam a estrutura com o peso próprio. Por outro lado, este tipo de cobertura é colocada de forma contínua e a sua manutenção é mais simples e menos demorada.



Figura 2.3 Cobertura extensiva, (Fonte: <http://www.landlab.pt>, 2013)



2.4.3 Comparação das tipologias

De forma resumida apresentam-se na tabela 2.1 as principais características das duas tipologias:

Tabela 2.1 Características de coberturas intensivas e extensivas (adaptado de Oberndorfer et al. 2007)

Características	Coberturas intensivas	Coberturas Extensivas
Aplicação	Adequado para áreas menores Funcional e estético Gestão do escoamento das águas pluviais	Adequado a áreas maiores Gestão do escoamento das águas pluviais Isolamento térmico
Estrutura	Planeamento necessário na fase de projeto ou reforço estrutural Peso adicional: 290 / 970 kgm ⁻²	De acordo com a capacidade de suporte do telhado Peso adicional: 70/170kgm ⁻²
Substrato	Leve a pesado Elevada porosidade Menor quantidade de matéria orgânica Espessura 15/100 cm	Leve Elevada porosidade Maior quantidade de matéria orgânica Espessura: 8/ 15cm
Vegetação	Arbustos e árvores	Plantas de baixo crescimento; Sedum e perenes (tolerantes à seca)
Irrigação	Irrigação de acordo com a vegetação	Baixa irrigação
Manutenção	Alta necessidade de manutenção	Baixa necessidade de manutenção
Custo	Elevado	Baixo
Acessibilidade	Normalmente acessível	Mais funcional que acessível; Base acessível para manutenção

As coberturas extensivas, por terem menores espessuras de substrato, exigem menos manutenção e normalmente apresentam *design* mais simples, pelo que mais facilmente poderão ser adotadas em mais climas e regiões do mundo. A vegetação é quase rasteira, recorrendo-se frequentemente à espécie *sedum*, que por ser mais resistente à seca, tem um rápido crescimento para que a envolvimento à cobertura seja rápida.

As vantagens que advêm das coberturas ajardinadas são inquestionáveis para as melhorias ambientais, estéticas e outras, sendo que a sua correta execução se torna imprescindível para o seu correto desempenho. Deste modo, apresentam-se abaixo, nas tabelas 2.2 e 2.3, as vantagens e desvantagens de cada um dos tipos de coberturas ajardinadas.



Tabela 2.2 Tipologia Intensiva (adaptado de Peck et al. 2012 et al., 1999)

Vantagens	Desvantagens
Maior diversidade de plantas e habitats Propriedade de isolamento ótimas Visualmente é bastante atrativa Fácil acessibilidade para atividade de lazer, bem como para o cultivo de produtos alimentares Grande eficiência energética e boa capacidade de retenção de águas pluviais	Maior peso exercido sobre o edifício Elevada necessidade de manutenção e irrigação Altos custos de manutenção Necessidade de manutenção frequente para garantir boas condições de funcionamento Maior complexidade dos sistemas

Tabela 2.3 Tipologia extensiva (adaptado de Peck et al. 2012 et al., 1999)

Vantagens	Desvantagens
Estrutura leve (Habitualmente a cobertura não precisa de reforço) Adequado para superfícies maiores Inclinação favorável entre 0 e 30° Crescimento espontâneo da vegetação Baixa manutenção e vida útil elevada Baixa necessidade de irrigação Baixo custo de instalação Facilidade de renovação da cobertura.	Menos eficiente na retenção de águas pluviais Mais limitações na escolha de plantas Menor acessibilidade para uso como espaço de jardim, entre outros Pouco atrativo, especialmente no inverno Altura do substrato pouco adequado para picos de chuva mais agressivos, podendo provocar consequências graves no sistema instalado

2.4.4 Exemplos

Como anteriormente se referiu, as coberturas ajardinadas têm tido um crescimento generalizado em muitos países, muito pelos apoios e incentivos que os mesmos proporcionam. As vantagens destas coberturas assentam no contributo à sustentabilidade. Muitos são os exemplos de sucesso realizados pela Neoturf, indicando-se algumas fotografias nas figuras 2.4 a 2.8.



Figura 2.4 Exemplos de coberturas ajardinadas em Portugal, (Fonte: <http://www.neoturf.pt>, 2013)



Figura 2.5 Cobertura ajardinada com sistema extensivo numa habitação em Macedo de Cavaleiros,
(Fonte: <http://www.neoturf.pt>, 2013)



Figura 2.6 Cobertura ajardinada com sistema extensivo de habitação em Entre-Os-Rios,
(Fonte: <http://www.neoturf.pt>, 2013)



Figura 2.7 Cobertura ajardinada com sistema extensivo numa habitação em Aveleda, Braga,
(Fonte: <http://www.neoturf.pt>, 2013)



Figura 2.8 Cobertura ajardinada com sistema extensivo e vegetação tapete de “Sedum” numa habitação em Vila Nova de Gaia, (Fonte: <http://www.neoturf.pt>, 2013)

2.5 Sistema construtivo

Existem diversos tipos e soluções para coberturas ajardinadas, contudo torna-se necessário estudar a estrutura e avaliar a carga adicional para o edifício. Todas as soluções têm processos construtivos muito semelhantes no que se refere à sua conceção. Deste modo, a qualidade de construção torna-se demasiado importante, para que as vantagens deste tipo de cobertura sobressaiam evitando assim futuros problemas, originados tanto pelas cargas resultantes do sistema assim como da impermeabilização. A figura 2.9 descreve as várias camadas fixas do sistema construtivo tipo.

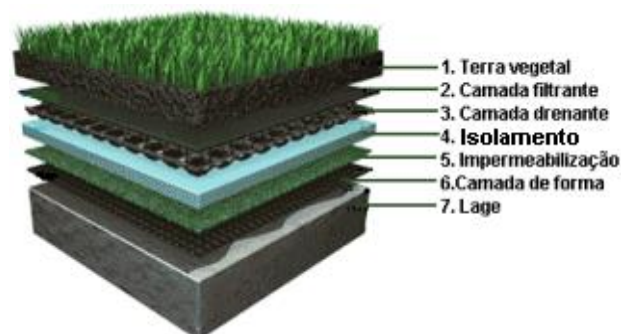


Figura 2.9 Corte construtivo Tipo, (Fonte: <http://www.planetacad.com>, 2013)



Figura 2.10 Corte construtivo Tipo (Adap. De Tolderland, 2008)

Deste modo, as coberturas ajardinadas são constituídas pelas seguintes camadas fixas que lhe conferem o regular funcionamento:

- Laje do edifício que garanta capacidade de suporte para as cargas introduzidas pelo sistema.
- Camada de forma que defina as respetivas inclinações e regularização de superfície.
- Impermeabilização sobre a camada de forma, garante da estanquidade da cobertura.
- Camada de drenagem, constituída por material poroso, onde a água fica concentrada criando uma espécie de reservatório onde as plantas posteriormente vão buscar a água.
- Camada filtrante, que tem como objetivo filtrar finos e raízes que possam entupir o sistema de drenagem de águas pluviais.
- Substrato projetado para o edifício considerando a estrutura existente e o tipo de clima onde o edifício se insere.
- Vegetação, que pode ser considerada para a cobertura numa lógica de utilização como lazer ou simplesmente como orientação estética, ajustando-se sempre às restrições de capacidade de carga do edifício. A utilização da vegetação em coberturas vai sempre no sentido de melhoria do meio ambiente e ainda constitui um habitat natural de plantas e animais invertebrados, produzindo alimentos para outras espécies (Dhalla, 2010, Teemusk et al., 2009).

2.5.1 Sistema de impermeabilização

Atualmente existem dois tipos de sistemas de impermeabilização, consoante o modo de aplicação e com o tipo de material, podendo assim ser considerados “sistemas de impermeabilização tradicionais e não- tradicionais” (IST, 2012). Os materiais que os constituem podem ser aplicados “in situ” ou podem ser produtos pré-fabricados.

É apontado aos sistemas tradicionais de impermeabilização uma degradação mais acelerada que está associada a vários fatores, tais como, danos mecânicos, choques térmicos, degradação por radiação ultravioleta (caso não haja proteção da respetiva impermeabilização) e



degradação por infiltração. A utilização de sistemas de impermeabilização não-tradicionais permite resultados significativamente melhores, relativamente às impermeabilizações tradicionais, pois o efeito das variações de temperatura é menor.

No caso das coberturas ajardinadas, como existe uma proteção da impermeabilização, não se verificam danos mecânicos, choques térmicos ou degradação por radiação ultravioleta, portanto, não serão estes os fatores de escolha do sistema de impermeabilização.

Deste modo, a primeira camada a ser aplicada dum sistema de coberturas ajardinadas começa por ser a membrana de impermeabilização, que tem como função a estanquidade do edifício à humidade e águas que podem ocorrer para o seu interior, portanto, com função de proteção de infiltrações.

Podem os respetivos sistemas distinguirem-se por diferentes tipos de impermeabilização (tabela 2.4).

Tabela 2.4 Sistemas de impermeabilização em coberturas (adapta. de IST, 2012)

Sistemas de impermeabilização	Tipos de aplicação	Materiais
Tradicionais	Aplicados “in situ”	Asfaltos ou emulsões betuminosas (camadas múltiplas)
	Pré-fabricados	Membranas, telas ou filtros betuminosos (camadas múltiplas)
Não-tradicionais	Aplicados “in situ”	Resinas acrílicas e poliméricas, emulsões de betumes modificados Poliuretano (camadas múltiplas)
	Pré-fabricados	Betumes modificados, Termoplásticas e elastoméricas (membranas)

2.5.2 Camada de Drenagem

Esta camada tem como função principal toda a gestão de escoamento de água que atravessa as várias camadas do sistema. Esta camada, tem também a função de regular em quantidade os excedentes de água e controlar e reter o suficiente para que seja absorvido pelas plantas e libertado alguma parte pela evaporação.

É importante para um bom funcionamento da camada de drenagem, que se respeitem algumas inclinações recomendadas. Nesse sentido, aconselha-se inclinações entre 2 e 8%. É de referir que inclinações inferiores às recomendadas poderão dar origem a poças de água na cobertura, justificada pela colmatação das vias pelo deslocamento de sedimentos e à sua sobrelevação que depois dão entrada no sistema de drenagem (Fishburn, 2004). Tal como já foi referido anteriormente, esta camada é extremamente importante, pois permite não só armazenar a água necessária mas também proceder à sua drenagem, quando excedente. Apresenta também



a capacidade de poder controlar a humidade do ar no substrato, revelando-se essencial para coberturas planas, com inclinações até 5% (Dhala, 2010).

Existem algumas soluções para a camada de drenagem, como se descreve abaixo:

- Materiais granulares, pedra-pomes, brita, lascas, rocha, entre outros, em que os materiais apresentam porosidade.

- Tapetes porosos em que funcionam como tapetes absorventes de água. Normalmente apresentam grande absorção de humidade do substrato, pelo que será uma desvantagem.

De referir que normalmente estes produtos são fabricados de materiais reciclados.

- Módulos de drenagem de plástico em poliestireno, com grandes vantagens na sua utilização pois são extremamente leves, podendo ser complementado com outro tipo de material, como por exemplo britas, oferecendo ainda espaço para o armazenamento de água. Este material requer alguma manutenção pois devem estar livres de plantas e resíduos, para que não haja entupimento de tubagens (Dhala,2010).

Na generalidade dos casos, é frequente a utilização de camadas de drenagem à base de materiais pré-fabricados, por apresentarem baixo peso e excelente capacidade de retenção de água e drenagem. A título de exemplo apresenta-se na figura 2.11 uma solução deste tipo.

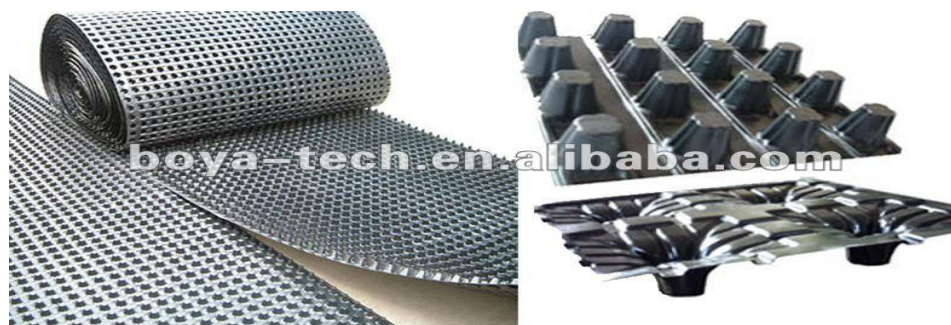


Figura 2.11 Tela de drenagem e retenção de água fabricado em polietileno reciclado, com 25mm de altura (Fonte: boya-tech.alibaba.com, 2013).

2.5.3 Camada da proteção de raízes

Esta camada funciona como uma barreira de proteção das raízes ao sistema e também contribui para a não degradação do edifício. Atualmente esta camada tornou-se imprescindível nas coberturas ajardinadas, mas inicialmente não estava prevista nos projetos (Fishburn, 2004).



Relativamente às coberturas intensivas, em que as suas raízes são de maior dimensão, recorre-se habitualmente a técnicas de confinamento, ou seja, utilizam-se caixotes em betão armado, que suportam o desenvolvimento das raízes controlando o seu caminho natural, evitando deste modo a degradação do sistema em geral e também do edifício. Com a introdução destas técnicas aplicadas ao sistema, consegue-se prolongar o tempo de vida útil da cobertura ajardinada, assim como evitar anomalias na cobertura.

2.5.4 Camada do substrato

Sendo o substrato o material que suporta as raízes das plantas, e que as mantém estáveis, é também pela existência do substrato que as plantas se desenvolvem. Tal como um solo num jardim convencional, o substrato é essencial e assemelha-se a este (Snodgrass, et al.2010); no entanto as semelhanças entre eles são poucas. O substrato apresenta-se como um material manipulado quimicamente que lhe confere características adicionais de adequabilidade às coberturas ajardinadas, pelo que, em contacto com a água não se torna numa substância pastosa e lamacenta, apresentando-se sempre com uma textura estável e uma compressibilidade mínima. Assim, o substrato é um material que é quimicamente manipulado no sentido de satisfazer as exigências numa cobertura ajardinada, tais como, apresentar uma boa drenagem e capacidade de retenção de água, (GRHC, 2006).

O substrato apresenta uma composição variável, pelo que a escolha dos materiais orgânicos e inorgânicos dependerá das características do meio envolvente e da utilização final da cobertura ajardinada. Relativamente aos materiais vulgarmente utilizados na constituição do substrato poderemos considerar a pedra-pomes, tijolo partido, escória, argila expandida, zeolite, diatomite, areia, perlite, vermiculite ou a lã mineral na fração inorgânica, húmus, serradura, turfa, fezes de minhocas ou carvão ativado na fração orgânica.

A seguir, na tabela 2.5, apresenta-se a definição dos intervalos médios relativos à proporção dos componentes de um substrato para uma cobertura extensiva e intensiva.

Tabela 2.5 Proporção dos componentes de substrato para coberturas verdes.

Coberturas	Extensivas	Intensivas
Matéria orgânica	0% - 25%	5% -20%
Matéria inorgânica Agregados grosseiros	40% - 80%	35% -60%
Matérias inorgânicas Agregados finos	0% -35%	25% - 50%
Volume de ar ao atingir a capacidade máxima de retenção de água	10% -35%	15% - 45%



Existem diferenças entre as coberturas extensivas e intensivas, mas na generalidade ambas necessitam que os substratos tenham uma boa drenagem e arejamento, capacidade de retenção de água, para que posteriormente as plantas a possa absorver e disponibilizar os nutrientes através da troca catiónica, resistir à decomposição e compressão, ser leves, física e quimicamente estáveis ao longo de todo o tempo de vida útil do edifício (Snodgrass, et al., 2010).

Esta camada torna necessário que haja uma maior manutenção de forma a evitar a propagação de ervas daninhas (Cantor,2008), dado que podem rapidamente suprimir o crescimento da vegetação recentemente plantada, quando ainda não se encontra totalmente fixada (Snodgrass, et al., 2010).

2.5.5 Camada de vegetação

São as condições climáticas que de certa forma irão determinar o tipo de vegetação a adotar numa cobertura ajardinada. O vento, a ocorrência prolongada de precipitação anual, a amplitude térmica e a incidência da radiação solar, são fatores a considerar, pois podem determinar a sobrevivência das espécies. Ainda assim, poder-se-ão adotar soluções ao nível da cobertura no sentido de minimizar todos estes efeitos climáticos, tais como, introdução de elementos verticais para proteção predominante do vento. Outra solução poderá ser a definição de inclinações e orientação da cobertura, que de certo modo também poderão minimizar a incidência solar e o controlo de humidade. O controlo de todos estes fatores conjugados irão criar e potenciar as condições ideais para o desenvolvimento das plantas, inseridas numa espécie de microclima (Getter et al., 2008).

A importância da camada de vegetação nas coberturas ajardinadas é essencial no meio urbano, pois criam habitat naturais para a fauna, vindo deste modo, a compensar o espaço verde perdido ao longo dos tempos (Olly et al.,2011). A introdução de vegetação nas coberturas, tal como referido anteriormente, obedece a critérios climáticos, mas também a critérios estéticos. O sentido estético é extremamente importante, de facto, a cobertura também poderá inserir-se num contexto de utilização de lazer para os seus utentes, nomeadamente com a inserção de mobiliário urbano ou até com a construção de equipamento desportivo. Outros fatores importantes a ter em linha de conta para a escolha da camada de vegetação, são as orientações do projeto pelo dono de obra e o seu objetivo, a estrutura do edifício ou a sua capacidade de carga, os meios de composição e a sua profundidade, a conceção da drenagem das águas pluviais e a sua gestão e por fim a conceção de construção e manutenção.

A utilização da camada de vegetação confere às coberturas maior inércia térmica, ou seja, os edifícios tendem a ter amplitudes térmicas menores entre o verão e o inverno. A temperatura através da transpiração das plantas, baixa, e a reflexão da incidência solar aumenta, sendo estes



aspectos visível e com muita notoriedade em regiões do planeta com maiores temperaturas a latitudes baixas (Simmons et al., 2008).

Tal como referido anteriormente, a vegetação escolhida leva em linha de conta o clima característico dessa região. No caso de opção de uma cobertura extensiva, a vegetação deverá ser baixa em que as raízes se desenvolvam na horizontal, de forma a se ter uma camada de menor espessura de substrato. No caso de utilização de vegetação de maior porte, deverá recorrer-se à utilização de caixas de betão, denominada como técnica de confinamento, que não só protegerá as várias camadas do sistema, como se limitará a uma área restrita envolvente ao arbusto de maior porte, e não em toda a área da cobertura. Todas estas estas soluções preconizadas tendem a melhorar a capacidade de armazenamento de água no substrato, no sentido de suportar períodos de maior intensidade de incidência solar, reduzindo ao mínimo a utilização de sistemas de irrigação. Resumidamente temos, para coberturas intensivas arbustos de maior porte, como por exemplo árvores, e para coberturas extensivas vegetação de pequeno porte, em que a mais usada é a vegetação da família da Sedum (ver figura 2.12 e 2.13), pelo que esta apresenta grande adaptabilidade a temperaturas mais elevadas e secas.



Figura 2.12 Família de Sedum: Erva-pinheira (Fonte: <http://sigmetum.blogstop.com>, 2013)



Figura 2.13 Exemplos se vegetação Sedum: Erva-pinheira vistoso (Fonte: <http://www.landlab.pt>, 2013)



Nesta espécie, a resistência verificada em condições de maior seca é justificada pelo tipo de fotossíntese, que faz com que através da evapotranspiração haja menos desperdício de água. Também as folhas contribuem para a retenção de água, pela permanência de água durante algum tempo. É recomendável, e os vários estudos existentes comprovam-no, que a vegetação a plantar seja a mais diversa possível, de modo a possibilitar uma maior riqueza do ecossistema, não recomendando então só o uso de Sedum (Nagase et al., 2010). De acordo com o quadro 2.6, identificam-se várias espécies que poderão ser utilizadas nas coberturas intensivas e extensivas.

Tabela 2.6 Espécies a utilizar nas coberturas verdes.

Tipologia da Cobertura	Nome Botânico	Nome Comum
Intensiva	<i>Centranthus Ruben</i> <i>Anthemis tinctoria</i> <i>Pinus mugo</i> <i>Prunas laurocerasus</i> <i>Prunus lusitânica</i> <i>Além sphaerocephalon</i> <i>Allium rodeo</i> <i>America humilis</i> <i>Helianthemum nummularium</i>	Alfinetes Pinheiro-anão Loureiro-real Loureiro-de-Portugal Alho-bravo Alho-rosado Arméria Alecrim-das-paredes
Extensiva	<i>Saxifraga granulava</i> <i>Sedum álbum</i> <i>Sedum acre</i> <i>Sedum hybridum</i> <i>Sedum reflexum</i> <i>Sedum sexangulare</i> <i>Sedum spurium</i> <i>Thymus vulgaris</i>	Mosquens Arroz-dos-telhados Erva-de-cão Tomilho

Na tabela apresentada anteriormente, identificam-se algumas espécies que poderão ser plantadas nas coberturas intensivas e extensivas, sendo que as coberturas intensivas possibilitam a plantação de toda a variedade adequada à cobertura extensiva, não sendo possível o contrário, dado que a menor espessura de substrato não possibilita o desenvolvimento das raízes das plantas.



2.6 Legislação em Portugal

Existe um vazio legal em Portugal ao nível de construção de coberturas ajardinadas, nomeadamente por ser uma atividade de muito pouca expressão, e por estar ainda em desenvolvimento, ao contrário do que se passa já em alguns países da Europa. De qualquer forma, pensa-se que em Portugal a tendência será de crescimento, visto de uma ótica generalizada de construções sustentáveis associadas à melhoria do meio ambiente. Desta forma, inevitavelmente a seu tempo aparecerá legislação regulamentar, no sentido de criar condições e regras, para quem projeta e executa coberturas ajardinadas. Caberá ao Estado criar condições favoráveis, nomeadamente todo o tipo de incentivos fiscais, financeiros, entre outros, para que em Portugal adira definitivamente a este tipo de construções sustentáveis.

A Alemanha destaca-se como país que deu os primeiros passos nesta área, estando sempre na vanguarda da inovação técnica em coberturas ajardinadas, tendo ao seu dispor legislação aplicável, já que, em mais de 40% das cidades são-lhes atribuídos incentivos à construção de coberturas ajardinadas (Neoturf, 2011). De facto foi na Alemanha que surgiram, em 1982, as primeiras recomendações e orientações técnicas para aplicação de coberturas ajardinadas. Em 1992, surgiu uma reformulação que deu origem a um guia técnico, com o nome de “ FLL – Guidelines”. Este guia introduz orientações técnicas na aplicação de construção de coberturas ajardinadas, sendo uma referência técnica na aplicação e desenvolvimento noutros países (Breuning et al., 2008; Fll, 2002).

Contudo, outros países encontram-se em franco desenvolvimento no que diz respeito a execução de coberturas ajardinadas, já com alguma legislação específica aplicável, como é o caso do Japão, Canadá, Suíça e Estados Unidos da América. Começou a surgir não só nos países atrás referidos, mas também em muitos outros, a preocupação com o meio ambiente, resultante da diminuição de áreas verdes no interior das cidades, traduzindo-se em menor qualidade do ar e de zonas de lazer.

Como exemplo, o Canadá implementou políticas, com a criação de incentivos para implementação e desenvolvimento de coberturas ajardinadas, com grande abrangência. Neste seguimento surge em Toronto um projeto inovador (Lawlor et al., 2006). Considerou-se então que 6% das coberturas seriam coberturas ajardinadas, ou seja, 1% dos cerca de 6 milhões de metros quadrados, compostas por 0,15 m de substrato e uma camada de vegetação, que seria relva ou prado. Desse modo, este projeto tinha a ambição de reduzir ou controlar os seguintes pontos:

- Redução de gases com efeito de estufa, emitidos anualmente em 1,56 Mton;
- Capacidade de retenção de águas pluviais em mais de 3,6 milhões de metros cúbicos por ano;
- Redução da ocorrência de episódios graves de *smog* em 5 a 10%;
- Redução do efeito de ilha de calor urbano em 1 a 2%;
- Potencial de espaços de lazer públicos e privados de 650.000 m² (Lawlor et al., 2006)



Tal como referido anteriormente, a importância de incentivos para a execução de coberturas ajardinadas torna-se essencial nos vários países, pelo que naturalmente surgem legislação e regulamentos sobre esta temática. No caso do Canadá, surge em 2006 um manual denominado “A Tesoure Manual for Municipal Policy Makers”, com intenção de apoiar os vários municípios na aplicação da legislação, que tinha também como objetivo a apresentação de incentivos para a execução de coberturas ajardinadas. A tabela 2.7 refere as cidades que colaboraram no manual referido e que, conseqüentemente, foram pioneiros na sua aplicação.

Tabela 2.7 Países líderes em legislação, sobre coberturas ajardinadas (Adaptado de Lawlor et al., 2006).

Países	Cidades
Canadá	Montreal, Toronto, Vancouver, Waterloo
EUA	Chicago, Nova Iorque, Portland
Suíça	Basileia
Alemanha	Múnster, Estugarda
Japão	Tóquio
Singapura	Singapura

O respetivo Manual surgiu da necessidade de controlar alguns parâmetros associados ao meio ambiente, tais como:

- Redução da poluição do ar;
- Conservação e manutenção da biodiversidade;
- Redução do consumo energético;
- Ampliação substancial de áreas verdes;
- Gestão de drenagem das águas residuais pluviais;
- Contrariar o efeito da denominada “ Ilha de calor “.

Os conceitos gerais estabelecidos no referido Manual assentam nos seguintes pontos, tal como refere a tabela 2.8.



Tabela 2.8 Fases de implementação de programas para coberturas verdes (Adaptado de Lawlor et al., 2006).

Fases de implementação	Actividades
Introdução e Consciencialização	Promoção pelos municípios da utilização de coberturas verdes, através de colóquios onde são realçados as vantagens ambientais e económicas, utilizando ainda exemplos de construções e legislação já implementadas.
Participação Pública	Reunião de vários grupos e instituições, como engenheiros, arquitetos, proprietários de prédios e fabricantes, reúnem-se para discutir oportunidades, pontos fortes e fracos para o desenvolvimento do projeto.
Pesquisa Técnica	Constituição de uma comissão de cobertura verde, que faz o projeto de uma cobertura verde, com ou sem equipamento de monitorização, de acordo com a necessidade de pesquisa de dados. Inclui visita a edifícios com diferentes tipos de coberturas e faz a revisão de políticas e ferramentas existentes.
Plano de Ação, Desenvolvimento e Implementação	Criação de parcerias público privadas para a criação de um local de investigação aos benefícios das coberturas verdes, para que os resultados façam parte das políticas.
Programa de Desenvolvimento de Políticas	Estabelecimento das ofertas de incentivos financeiros aos construtores e proprietários dos edifícios, a implementar para o caso de reabilitação ou de construção nova.
Melhoria Contínua	Realização pela entidade responsável pela análise de projetos, da avaliação das políticas e programas para verificar a obtenção de resultados e definir novas opções, que visam o aperfeiçoamento de programas existentes.

2.6.1 Normalização

Relativamente às orientações técnicas para a construção de coberturas ajardinadas, foi já referido o guia “FLL – Guidelines” (Lawlor et al., 2006). Associado a este guia estão as normas DIN e EN, entre outras publicações existentes, e ensaios, no âmbito das coberturas ajardinadas. Em 2002 surge uma alteração do guia, e mais tarde, em 2008, foi efetuada uma nova análise desse guia onde se testaram e comprovaram todos os conteúdos e se introduziram as mais recentes técnicas e conhecimentos (Breuning et al., 2008; FIL, 2002).

Seguidamente apresenta-se uma relação de normas de que alguma forma são aplicáveis a coberturas ajardinadas:

DIN 1055 - Projeto de carga da estrutura

DIN 1986 – Propriedades e instalação de sistemas de drenagem para edifícios



- DIN 1988 – Normas técnicas de instalação de água potável
- DIN 4095 - Drenagem para a proteção da planta da construção: planeamento, Determinação de requisitos e execução
- DIN 4102 – Comportamento de materiais de construção e componentes sob a Ação de fogo
- DIN 4108 – Isolamento térmico em edifícios
- DIN 4109 – Isolamento acústico em edifícios
- DIN EN 12056 – Instalação de sistemas de drenagem em edifícios.

De acordo com o guia “FLL- Guidelines”, aparecem descritas algumas normas e características técnicas em coberturas ajardinadas. São apresentadas as normas EN ISO 846:1998 e EN 13948:2008, que definem os sistemas de proteção anti raiz. Estas normas são essenciais para a regular implementação das coberturas ajardinadas. Portanto, poder-se-á afirmar que nos sistemas atuais não se devem registar defeitos quando forem seguidas as normas presentes “FLL Guidelines” (Pereira et al., 2012).

2.7 Vantagens das coberturas ajardinadas

2.7.1 Solução integrada

Atualmente não existem soluções técnicas para coberturas que comportem tantos benefícios em simultâneo, a nível público e privado, como as coberturas ajardinadas. A tendência crescente das coberturas ajardinadas, evidenciada em vários países, são prova dos benefícios destas relativamente aos telhados convencionais. Como referido anteriormente, algumas das vantagens para o meio ambiente são as relativas a aspetos energéticos, socioeconómicos, qualidade do ar, poluição sonora, gestão na drenagem das águas pluviais, entre outras. A figura 2.1.4 representa de uma forma simbólica as vantagens e benefícios de maior destaque.

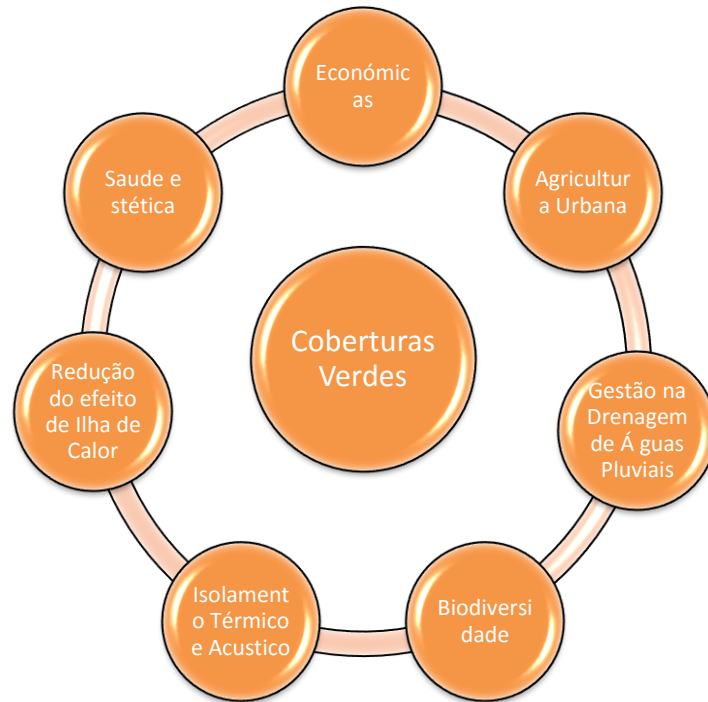


Figura 2.14 Vantagens das coberturas verdes

A dinamização no sector da construção de coberturas ajardinadas tem que ver com a capacidade de perceção do valor que estas representam para o meio ambiente e social inserido no espaço público. Uma das maiores restrições à sua implementação tem sido o seu custo de construção, pois poderá custar o dobro de uma cobertura tradicional. Desta forma, há que criar condições para atenuar os custos mas também desenvolvendo algumas dinâmicas, que eventualmente poderão passar por:

- Incentivos estatais;
- Inovação técnica e desenvolvimento de novos produtos;
- Integração de sistemas de coberturas ajardinadas com outros sistemas do edifício, nomeadamente no reaproveitamento de água pluvial para uso doméstico;
- Expansão do mercado através da profissionalização de técnicos qualificados.

Onde se regista maior dinamismo, incentivos e também maior desenvolvimento nesta área, é nos EUA e Canadá, onde estes sistemas registam valores de construção muito inferiores relativamente aos praticados em Portugal.

2.7.2 Benefícios públicos

Grande parte dos benefícios que se obtêm com o recurso às coberturas ajardinadas, são públicos, mas estes só têm significado se a sua construção for efetuada em larga escala. Dos vários



benefícios que resultam da sua aplicação, nem sempre é fácil classifica-los separadamente uma vez que poderá haver correlação entre eles, como de resto se percebe. Desta forma podemos referir alguns:

- Criação de hortas urbanas;
- Melhoria do bem-estar e da qualidade de vida;
- Redução do efeito da denominada “Ilha de calor”;
- Gestão e drenagem das águas pluviais;
- Redução de resíduos, com a utilização de técnicas de compostagem;
- Aumento da biodiversidade;
- Melhoria da qualidade do ar;
- Estética, qualidade urbanística e valorização dos espaços privados.

2.7.2.1 Criação de hortas urbanas

Nos últimos anos assistiu-se a um êxodo em grande escala das populações do interior para as grandes cidades, diminuindo por isso o número de pessoas dedicadas ao setor da agricultura. Deste modo, a dependência de Portugal dos produtos hortícolas relativamente a outros países acentuou-se grandemente. Frutas e legumes são diariamente abastecidos aos grandes centros urbanos, grande parte importada. Quando se verifica uma interrupção no circuito de abastecimento, pode chegar sem qualidade e ser colocada no lixo. Por outro lado, a distância entre os produtores e os consumidores faz aumentar por sua vez o consumo de energias fósseis, das quais também somos dependentes, e também o preço final dos produtos. Em algumas cidades do mundo, tais como Toronto, Nova Iorque, Hong Kong entre outras, tentaram encurtar distâncias entre produtores e consumidores, com a implementação da atividade mais próxima dos centros urbanos. Embora as coberturas ajardinadas não permitam o cultivo em larga escala, poderão no entanto, ser obtidos alguns produtos nelas cultivadas.

Existem exemplos extremamente importantes na utilização de hortas em coberturas ajardinadas, como o caso da Fundação Earth Pledge (figura 2.15), com cerca de 65 m², situada no centro de Manhattan, Nova Iorque, que tem na sua constituição plantas decorativas, assim como ervas aromáticas (manjerição, salsa, alfavaca, estragão, verbena, erva-cidreira, catmint, tomilho), tomates, pimentos, rúcula, pepinos, abóbora, alface e beringela. Estima-se que o hotel Fairmont Waterfront, em Vancouver, poupe entre \$25.000 e \$30.000 todos os anos na produção na sua cobertura de ervas aromáticas, frutos, vegetais e plantas comestíveis, que são posteriormente utilizados no restaurante do hotel (Kerr Wood Leidal Associates, 2009). São raras as coberturas que são projetadas para a produção de produtos hortícolas para fins puramente comerciais. Normalmente este tipo de produção destina-se a consumo próprio, ou para determinados nichos de mercado.



Figura 2.15 - Tomates e pimentos (à esquerda) e beringela (à direita) produzidos na cobertura ajardinada da Fundação Earth Pledge, (Fonte: Earth Pledge, 2005)

2.7.2.2 Melhoria do bem-estar e da qualidade de vida

As sociedades modernas promovem cada vez mais estilos de vida sedentária, com cada vez menor exposição a ambientes naturais, com maior incidência nos locais de trabalho. Em grande parte, fruto das novas tecnologias, muita da atividade laboral exige cada vez menos esforço físico, isto, associado a ambientes mais hostis, produz no ser humano níveis acentuados de *stress*, degenerando em doenças do foro psicológico. Portugal apresenta a maior taxa de depressão da Europa, ficando somente atrás dos Estados Unidos da América, a nível mundial (Lusa, 2011). O aumento das doenças do foro psicológico assume repercussões verdadeiramente assustadoras, pois estas são responsáveis não só por 1200 mortes em Portugal todos os anos, mas também por um prejuízo calculado em 1.227 milhões de euros, dos quais 80% resultam de perda de produtividade temporária por incapacidade. Cerca de 17% relacionam-se com custos com a saúde e 3% estão relacionados com suicídios (Lusa, 2010). Estudos apontam para que pessoas que passam mais tempo ao ar livre estão menos sujeitas a doenças do foro psicológico.

O facto de os telhados apresentarem grandes dimensões em planta e pouco ou nenhum uso, faz com que tenham as condições ideais para a reconversão em cobertura ajardinada (Dunnett, et al., 2008). Deste modo, a reconversão permite:

- A utilização do jardim com maior segurança, relativamente aos jardins públicos;
- Resgatar o espaço ao edifício, anteriormente utilizado para a sua construção;
- Aproximar e aumentar mais o contacto do homem com a natureza.

Torna-se pois evidente que o contacto do homem com a natureza promove benefícios ao nível da saúde física e mental, e por outro lado promove igualmente patamares de socialização essenciais ao homem. Ulrich (1984), nas suas investigações constatou que os pacientes, que após cirurgias no bloco operatório ocupavam quartos com vista para áreas verdes, recuperavam mais rapidamente e assim obtinham alta mais cedo, relativamente aos outros pacientes que ocupavam quartos sem vista para áreas verdes, conforme figura 2.16 e 2.17.



Figura 2.16 Condomínio habitacional em Vila Madalena S. Paulo Brasil,
(Fonte: <http://www.aphins.com.br>, 2013)



Figura 2.17 Torre Residencial Aquária, situada em Bombaim, Índia,
(Fonte: <http://www.engenhariapt.com>, 2013)

A existência de coberturas ajardinadas nas empresas ou nos edifícios de escritórios, trazem inúmeros benefícios, nomeadamente nas pausas laborais dos trabalhadores, evitando assim a procura dos locais públicos mais barulhentos e distantes. Também por esta via se obtém maior conforto para os trabalhadores, representando maiores diminuições de fadiga por *stress*.

2.7.2.3 Redução do efeito “ Ilha de calor”

O excesso de construção em zonas densamente povoadas, incluindo extensas superfícies pavimentadas, impermeáveis e de tons escuros com a ausência ou escassez de áreas verdes (que favorecem a absorção de calor), dão origem ao chamado efeito “Ilha de Calor”, isto é, conduzem a um acentuado aumento da temperatura no centro das cidades. Este fenómeno dá origem a uma



maior rapidez nos processos químicos, implicando e gerando mais poluentes, como por exemplo o ozono troposférico, que origina doenças respiratórias e cardíacas.

Deste modo, verifica-se um acentuado contraste entre as temperaturas verificadas nos centros urbanos e a periferia, em que se regista habitualmente temperaturas mais elevadas nos centros urbanos, tal como demonstra a figura 2.18.

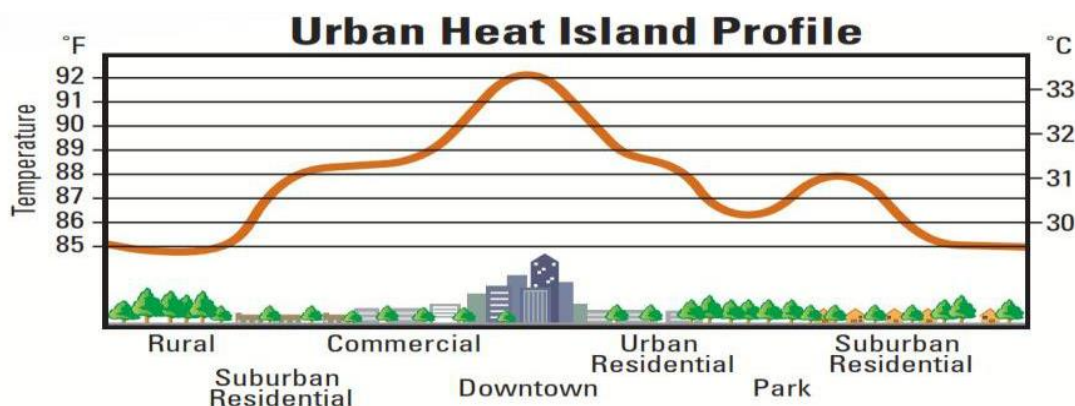


Figura 2.18 - Perfil típico de uma ilha de calor urbana, cujas temperaturas nas zonas rurais são inferiores às dos centros urbanos, (Fonte: USEPA, 2003).

O registo de temperaturas mais elevadas nos centros urbanos é responsável pelo aparecimento de substâncias químicas prejudiciais ao ser humano, transmitindo-lhe piores níveis de qualidade de vida:

- Aparecimento de ozono troposférico;
- Aumento das emissões de gases poluentes, denominados gases de efeito de estufa (GEE);
- Subida dos níveis de consumo de energia;
- Descida dos níveis de qualidade de conforto e saúde para o ser humano (USEPA,2003).

Grande parte da energia que é consumida habitualmente ainda é proveniente de combustíveis fósseis que resultam de um processo de queima dando origem a emissão de gases de dióxido de enxofre (SO₂), óxidos de azoto (NO_x), partículas sólidas, monóxido de carbono (CO), mercúrio (Hg), e principalmente CO₂ (USEPA; 2008). Para além disso, aumenta também a formação de ozono (O₃) à superfície, que resulta da reação de NO_x com os compostos orgânicos voláteis (covs), quando na presença de luz solar (GRHC, 2006a).

Em consequência dos efeitos gerados pela “Ilha de calor”, para além do desconforto presente ao ser humano, surgem ocorrências de problemas respiratórios e cansaço físico. Também se regista maior número de mortes, resultantes dos picos de calor excessivo, nos meios mais densamente povoados, relativamente às zonas rurais (Greater London Authority,2006). Pode-se



facilmente verificar diferenças na ordem dos 5°C entre o centro de Lisboa e as zonas da cidade próximas do rio Tejo, justificada pela ação da brisa marinha.

Uma solução, portanto, seria a construção generalizada de coberturas verdes, pois assim seria possível que estas absorvessem e refletissem grande parte da radiação solar.

2.7.2.4 Gestão e drenagem de águas pluviais

As grandes cidades apresentam pavimentos inteiramente impermeáveis, com a presença de materiais como o betão, asfalto e outros. A escassez de jardins, descampados e áreas verdes na generalidade, tornam as superfícies das cidades quase impermeáveis. Consequentemente, a construção de infraestruturas de redes de esgotos pluviais, extremamente dispendiosas para o erário público, são resposta rápida e a mais utilizada. Para além do seu custo inicial dispendioso, estas redes carecem de manutenção frequente ao longo do ano, não evitando mesmo assim cenários de entupimento com prejuízos todos os anos incalculáveis. Lisboa é exemplo disso, quando uma precipitação mais acentuada acontece, muitas vezes as secções da rede existente de drenagem de águas pluviais revelam-se insuficientes.

Nesse sentido, as coberturas ajardinadas desempenham um papel muito importante na retenção e drenagem das águas pluviais, registando-se uma atenuação no escoamento durante o pico de precipitação das águas pluviais, justificada pela retenção da água, através de um processo de infiltração, mas também pela redução de água resultante da evapotranspiração das plantas (Berndtsson, 2009). Durante a ocorrência de chuvas, são retidas pela vegetação, substrato e a camada de drenagem de uma cobertura ajardinada significativas quantidades de água. Calcula-se que estas possam reduzir 65% do total de água escoada no caso de uma cobertura extensiva e 85% numa cobertura intensiva, isto dependendo do tipo de cobertura e da intensidade de precipitação (Deutsch, et al. 2005). Para além das coberturas ajardinadas reduzirem o volume total de água escoada, durante a precipitação, quando esta é mais intensa, as coberturas extensivas podem reter 57 a 87% da água durante várias horas até ser escoada para a rede pública. Consequentemente, ao atenuar o escoamento máximo, é reduzida a pressão no sistema de drenagem (Moran et al. 2005). A figura 2.19 mostra a retenção de água numa cobertura ajardinada.

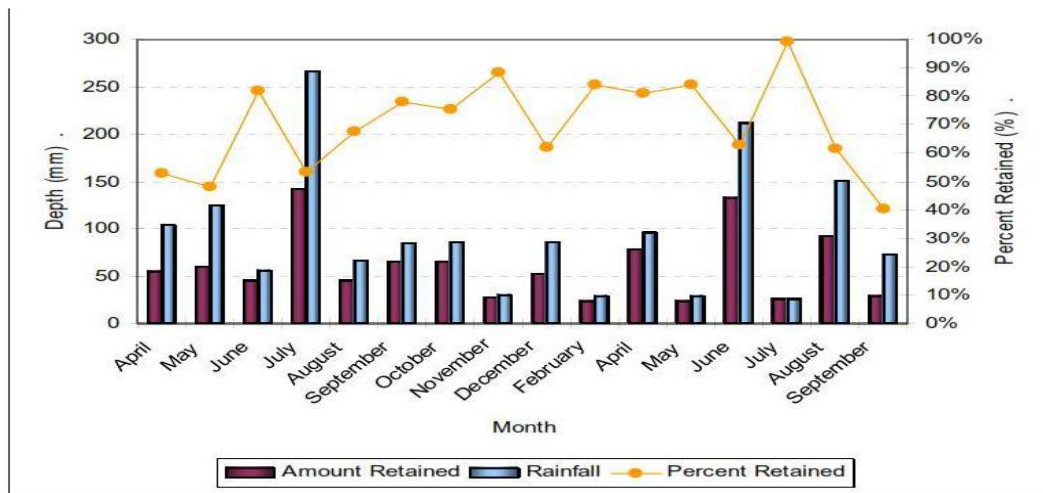


Figura 2.19 Taxa de retenção de água pluvial, em cobertura extensiva, localizada na Carolina do Norte, durante o período de Abril de 2003 a Setembro de 2004. Fonte (Moran, et al., 2005).

Nas coberturas ajardinadas, a retenção de água poderá variar, consoante a sua composição e camadas fixas (GRHC, 2006a), pelo que dependerá de alguns fatores, tais como:

- Declive da cobertura;
- Introdução de compostos com capacidade de retenção de água na composição do sistema da cobertura ajardinada;
- Altura e composição do substrato;
- Seleção das plantas e quantidade;
- Tipo de clima (frequência e intensidade da precipitação);
- Densidade de vegetação na cobertura.

Para que se perceba melhor, a figura 2.20 representa a influência de uma cobertura ajardinada no processo de escoamento de águas pluviais.

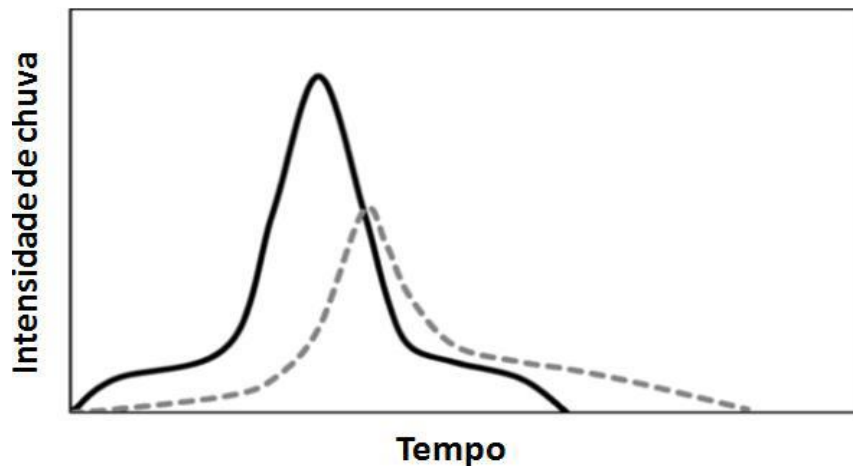


Figura 2.20 Exemplo de escoamento de um telhado verde (linha a tracejado) gerado por um evento de chuva (linha preta), (Adaptado de Berndtsson, 2009)

Os poluentes que normalmente se encontram nas águas pluviais nos meios urbanos e densamente povoados são, entre outros, os hidrocarbonetos resultantes da queima incompleta dos combustíveis, os pesticidas, os metais pesados, os microrganismos patogénicos, os sólidos suspensos e os nutrientes. A concentração destes poluentes depende da variação e da intensidade dos ventos dominantes. Deste modo, registam-se normalmente poluentes e contaminantes na água resultante da precipitação. Estes poluentes podem ficar retidos nas coberturas ajardinadas, garantindo maior qualidade à água, quando escoada. Estudos realizados numa cobertura extensiva indicam reduções de 32% de teor de azoto (N), com eliminação total de chumbo (Pb) e diminuição de concentração de zinco (Zn) presente na água pluvial em 66%. No entanto, os teores de fósforo (P) podem duplicar durante a drenagem das águas pluviais, devido à utilização de fertilizantes na cobertura, tal como se pode verificar um aumento de azoto (N) e potássio (K), relativamente ao existente nas águas pluviais que atingem a cobertura. Mas, as concentrações de azoto (N), fósforo (P) e potássio (K) que se verificam nos dois anos iniciais da cobertura (GRHC, 2006a), vão reduzindo ao longo do tempo, à medida que o substrato vai estabilizando (Moran, et al, 2005).



2.7.2.5 Redução de resíduos, com a utilização de técnicas de compostagem

Estima-se que anualmente em Portugal sejam produzidos 5 milhões de toneladas de resíduos urbanos, sendo 3 milhões de toneladas direcionados para aterros sanitários (INE2011b).

Embora a consciencialização para este problema em Portugal tenha vindo a melhorar, indicando resultados cada vez mais importantes na valorização, reciclagem e transformação noutros produtos, ainda assim, continua a ser um problema de difícil resolução, uma vez que muitos dos aterros já se encontram no seu limite.

Deste modo, poderemos encontrar vantagens com a generalização de coberturas ajardinadas, nomeadamente com:

- Aumento da vida útil das camadas de impermeabilização;
- Introdução de materiais reciclados nos compostos do substrato.

Numa cobertura convencional, após o tempo de vida útil da camada de impermeabilização, a sua remoção terá como destino o aterro sanitário. Numa cobertura ajardinada a sua utilização revela um tempo de vida útil maior, por estar menos exposta ao efeito de temperatura e raios, pelo que reduz significativamente a quantidade de membranas depositadas em aterros (GRHC, secção 4.2.2).

O recurso a materiais no substrato como granulados de serradura, argila expandida ou de cinza proveniente de queima de papel, permite uma resposta mais sustentável ao meio ambiente (Molineux, et al., 2009). Poderá ser igualmente utilizado como substrato o tijolo partido, proveniente de reciclagem (FLL, 2008).

A compostagem, definindo-se como uma técnica ou recurso aplicado para estimular a decomposição de materiais orgânicos, com a finalidade de obter fertilizantes ricos em substâncias húmidas e nutrientes minerais, poderá ter um interesse acrescido, nomeadamente no aproveitamento de todos os resíduos vegetais, provenientes dos trabalhos de manutenção do jardim, ou horta. Também alguns resíduos animais, poderão ser introduzidos no sistema de compostagem, aliviando assim o depósito em aterros sanitários.

A produtividade das culturas é consequência da ação conjunta de vários fatores, preparo da terra, variedade, adaptação climática, nutrição, espaçamento, disponibilidade de água, conservação de solo e mão-de-obra especializada. A produtividade será máxima, quando todos os fatores forem mais apropriados a certa cultura. No entanto, a nutrição é o fator que mais contribui para a qualidade de vida de uma planta.

Sabe-se, há mais de um século, que as plantas necessitam de treze elementos essenciais: Nitrogénio (N), Fósforo (P), Potássio (K), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg), Enxofre (S), Zinco (Zn), Boro (B), Cobre (Cu), Ferro (Fe), Manganês (Mn), Molibdénio (Mo), Cloro (Cl). Sendo alguns deles mais requisitados pelas plantas que outros, ou em maior ou menor quantidade.



Deste modo, materiais que habitualmente iriam para aterros, poderiam ser encaminhados, depois de reciclados, para coberturas ajardinadas, aproveitando as excelentes qualidades como fertilizantes, mas também diminuindo consideravelmente a pegada ecológica, numa lógica de reaproveitamento de materiais, valorização de resíduos com diminuição gradual de depósito sistemático em aterros sanitários, conforme a figura 2.21.

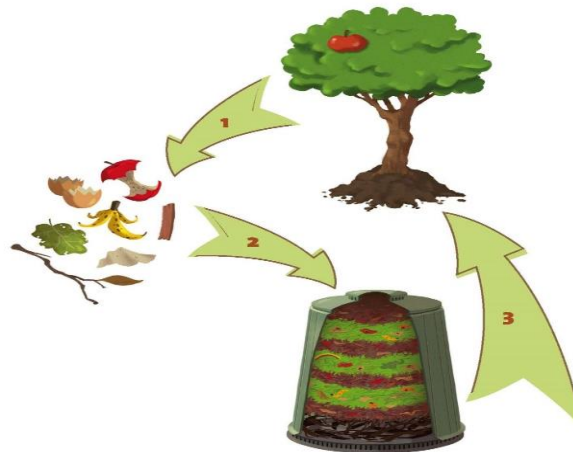


Figura 2.21 Ciclo dos materiais orgânicos, (Fonte: <http://www.culturadigital.br>, 2013)

2.7.2.6 Aumento da biodiversidade

A generalização das coberturas ajardinadas nos centros das cidades irá promover a biodiversidade, ao colmatar a crescente diminuição de espaços verdes nas cidades causado pelo desenfreado crescimento dos centros urbanos. Esta solução de cobertura, para além das vantagens referidas em pontos anteriores, também poderá criar ecossistemas ao promover o crescimento da fauna e flora. Deste modo, transformando um espaço estéril, como uma cobertura tradicional, em cobertura ajardinada, permite a reintrodução de vegetação diversificada, e a criação de habitats necessários para a sobrevivência de muitas espécies (GRHC, 2006a). De facto, uma das razões apontadas para a crescente extinção de animais tem sido:

- Decréscimo de habitats naturais;
- Invasão urbanística e industrial;
- Exploração em larga escala dos recursos naturais;
- Alterações climáticas e a introdução de espécies exóticas fora do seu habitat natural.

As coberturas ajardinadas há muito que comprovaram a sua eficiência em questões como a melhoria do comportamento térmico, acústico, diminuição de poluição assim como a melhoria do aspeto paisagístico. Só mais recentemente investigadores norte-americanos descobriram que a



sua implementação beneficia a manutenção da biodiversidade urbana também. O estudo começou em 2011 e contou com um grupo de cientistas da Universidade de Barnard, Columbia, Fordham e do Colorado, que fizeram estudos sobre a composição do solo em dez telhados verdes espalhados por Nova Iorque, assim como nos parques e jardins ao nível da rua. Antes vista como desvantagem, a presença de fungos tornou-se um ponto importante na pesquisa, revelando a existência de grandes comunidade de seres vivos nas coberturas. O ponto alto do estudo foi a descoberta de 109 espécies de fungos presentes nos telhados verdes, que contribuem para a manutenção da biodiversidade presente nas áreas urbanas. Além disso, as coberturas verdes atraem outros tipos de animais, como aves, morcegos e insetos.

Outra vantagem apresentada pelos cientistas, foi em relação aos poluentes. Nos jardins em nível baixo, a presença de micróbios e metais é considerada alta, podendo tornar essas áreas impróprias para o cultivo. Já em jardins elevados, esses índices são consideravelmente menores, favorecendo o cultivo de hortas para o consumo (ambientalistas em rede, 2013), conforme demonstra a figura 2.22.



Figura 2.22 Cobertura de edifício, Nova Iorque, (Fonte: [http:// luzdeluma.blogspot.com](http://luzdeluma.blogspot.com), 2013)

A implementação de coberturas ajardinadas nos centros urbanos tende a resgatar diversas espécies de aves e invertebrados, que de forma gradual se instalam recriando os seus próprios habitats (Snodgrass, et al., 2010). Essa diversidade tende a aumentar quanto maior for a densidade de vegetação. Também o tipo de vegetação considerada interfere na espécie que se vai instalando progressivamente na cobertura (Dunnett, et al., 2008).

As coberturas ajardinadas, quer sejam extensivas ou intensivas, acessíveis ou não, oferecem portanto condições excelentes de manutenção da biodiversidade, assim como a estabilização de ecossistemas. Uma cobertura ajardinada extensível não acessível, representa excelentes características e indicadores de biodiversidade, pois sendo inacessíveis ao homem, atraem maior número de espécies.

Em algumas cidades são as coberturas verdes que albergam algumas espécies. Nos EUA estão a ser executadas coberturas ajardinadas para atrair espécie de borboletas em vias de extinção



(Snodgrass, et al., 2010). Em Washington D.C., borrelhos de dupla-coleira (Charadrius Vociferou) fazem os seus ninhos em coberturas ajardinadas (figuras 2.23 e 2.24). Na Suíça, o rabirruivo-preto (phoenicuros ochuros), a alvéola (motacila), o pombo comum (columbia livia) e o pardal-doméstico (passer domésticas), foram as espécies de aves mais observadas nestas coberturas, cujo habitat natural se insere em zonas montanhosas, rochosas, pradarias e junto às margens dos rios (Dunnet, et al., 2008). Na Suécia construíram um jardim botânico numa cobertura com a área de dois hectares, no intuito de transformar a cidade industrializada de Malmö numa “ Ecocity” (Earth, 2005). Na Alemanha voltaram a ser avistados esquilos em algumas cidades (Nestler, 2012).



Figura 2.23 Borrelho de dupla coleira, em cobertura ajardinada, Washington (Adaptado de, Snodgrass, et al., 2006)



Figura 2.24 Biodiversidade Cobertura ajardinada de edifício em Nova Iorque (Adaptado de Snodgrass, et al., 2006)



2.7.2.7 Melhoria da qualidade do ar

O conjunto de emissões proveniente da emissão de poluentes dos automóveis, utilização excessiva de equipamentos e máquinas, ar condicionado e outros sistemas de aquecimento nos edifícios de habitação e escritórios, tendem a degradar a qualidade do ar no centro das cidades. Estas geram grandes concentrações de poluentes e partículas sólidas nefastas para a saúde humana.

A Organização Mundial de Saúde alerta para o perigo que a poluição atmosférica representa para o ser humano, nomeadamente em doenças de coração, respiratórias e cancro de pulmão. Este problema assume maior relevo nos países em franco desenvolvimento e desenvolvidos, sendo a causa de morte estimada de 1,3 milhões de pessoas por ano, em relação ao ar exterior, e 2 milhões de pessoas pela poluição do ar interior (HWO, 2011). Desta forma, torna-se essencial que sejam criadas medidas no sentido de contrariar estes números.

As coberturas ajardinadas podem aqui ajudar a resolver grande parte dos problemas, minorando assim os problemas referidos anteriormente, uma vez que baixam significativamente as temperaturas extremas do verão, aprisionam as partículas sólidas (através da deposição seca) e capturam os gases (GHRC, 2006 a). Dependendo das condições meteorológicas, mas também do tipo de vegetação, assim haverá maior ou menor dissipação de contaminantes (Yang et al. 2008). Nas coberturas verdes verifica-se que, através da deposição seca, existe remoção de 85 kg/(ha/ano) de poluentes atmosféricos em Chicago, sendo o O₃ o mais dissipado (52%), seguido do NO₂ (27%), PM10 (14%) e SO₂ (7%). Neste caso, as coberturas não poderão estar isoladas (Dunnett, et al., 2008).

Por outro lado, regista-se uma acentuada diminuição de concentração de CO₂ na atmosfera, nas zonas com coberturas ajardinadas. As plantas absorvem diretamente o CO₂ da atmosfera através do processo da fotossíntese. Por outro lado, também se regista uma diminuição de CO₂ pela diminuição do consumo de energia. Num processo de fotossíntese, e num dia de calor, a redução de CO₂ poderá ser de 2%, isto numa cobertura ajardinada (LI,et al.,2011). De qualquer modo, a redução de CO₂ terá maior ou menor significado consoante o tipo de vegetação e densidade, espessura de substrato, recurso à irrigação, isolamento térmico, clima, elementos de proteção verticais, etc.

Deste modo, a qualidade das coberturas ajardinadas dependerá de vários fatores, tais como o clima, condições atmosféricas, em maior ou menor escala, estando sempre associada à diminuição de poluentes atmosféricos e CO₂.



2.7.2.8 Estética, qualidade urbanística e valorização dos espaços privados

Por todo o mundo, as grandes cidades tornaram-se lugares pouco apelativos para os seus habitantes, tendo estes necessidade frequente de procurar momentos de lazer em lugares que ofereçam a tranquilidade que não encontram na cidade. Frequentemente, as zonas urbanas são dominadas por materiais e cores muito homogéneos, pouco atrativos e desprovidos de sentido estético. Normalmente, recorrendo ao betão nas edificações e ao asfalto nos arruamentos, tem-se vindo a desvalorizar o edificado de valor patrimonial, com a demolição ou substituição por novo edificado, de muito duvidoso sentido estético. Também, a ocupação de áreas verdes, outrora descampados, foram de forma evasiva ocupadas para construção de mais edificado e infraestruturas rodoviárias, tornando-as cada vez mais cinzentas e pouco atrativas. Contudo, recentemente tem-se verificado uma alteração de atitudes relativamente a estas questões, nomeadamente com ênfase para as questões ambientais e de sustentabilidade. Nesse sentido, as diretrizes e normas europeias apontam para a construção de edifícios autossustentáveis energeticamente (edifícios NZEB - near zero energy Building). Deste modo, promovem-se os edifícios ativos energeticamente, assim como a implementação de soluções que visam a poupança e diminuição das necessidades de calor, frio, iluminação e água.

Uma característica das coberturas verdes é a sua versatilidade, proporcionando com muita facilidade, e um custo em geral relativamente comportável, a remodelação da solução preconizada anteriormente, tendo ainda ao dispor uma enorme variedade de plantas e vegetação, podendo ainda ser alternada com a integração de equipamento urbano. Têm ainda a vantagem de não criar resíduos destinados a aterros sanitários, assim como a utilização de materiais reciclados.

As enormes possibilidades estéticas das coberturas ajardinadas, proporcionam ainda o benefício da sua utilização em caso de cobertura acessível, traduzindo-se em zonas de bem-estar oferecendo momentos de tranquilidade a quem os utiliza.

Poder-se-á afirmar portanto que o impacto de uma cobertura ajardinada no meio urbano é positiva, traduzindo-se em muitos benefícios quer privados quer públicos.

2.8 Restrições à utilização das coberturas ajardinadas

Contrapondo aos benefícios existentes nas coberturas ajardinadas, podemos afirmar que existem algumas restrições à sua utilização, nomeadamente devidas à falta de cuidado da conceção e do não cumprimento de algumas regras técnicas. Sistemas inadequados, dimensionamento incorreto de rede de drenagem e sobrecarga na laje, resultam no surgimento de várias anomalias na construção, e em alguns casos, a situações limite como por exemplo ao colapso da estrutura. O tipo de estrutura existente tem que ser considerado no projeto, e caso haja



necessidade, o recurso ao reforço estrutural é também uma possibilidade. A escolha adequada do tipo de cobertura, assim como o tipo de vegetação, e do substrato são portanto fatores de maior importância para evitar futuras anomalias (Pereira e al., 2012). Deste modo, poder-se-á afirmar que existem riscos na implementação de uma cobertura ajardinada, mas que poderão ser evitados na sequência do cumprimento das regras adequadas, e que poderão ser (Pereira et al., 2012):

- Trabalhos a executar por empresas especializadas e certificadas;
- Implementação de sistemas já comprovados;
- Projetos de execução conforme as normas e regulamentos;
- Definição da manutenção;
- Obtenção de informação junto de outras especialidades (arquitetos paisagistas, engenheiros civis, etc.)

O valor de custo de uma cobertura ajardinada poderá também ela própria ser um fator de restrição, uma vez que o mercado ainda não consegue captar as reais potencialidades deste tipo de coberturas, e traduzi-las em valor de mercado.

Deste modo, apesar das vantagens das coberturas ajardinadas serem importantes e em grande número, também se debatem com algumas restrições, e que são:

a) Técnicas

Relativamente à capacidade de suporte da estrutura; técnicas de impermeabilização e drenagem; adequação de substrato e introdução de botânicos; existência de manutenção; etc...

b) Ambientais

Inexistência do ciclo natural da água, ou seja, a cobertura ajardinada não substitui o solo natural, visto que esta é interrompida por uma laje em betão armado. Deste modo, as coberturas ajardinadas não poderão nunca substituir os espaços verdes urbanos, pois estes são solos permeáveis, em contacto com o subsolo, o qual permitem que se tenha o ciclo da água em pleno funcionamento. Poderemos então considerar as coberturas ajardinadas como micro elementos inseridos no edificado urbano, não podendo nunca ser consideradas uma alternativa à estrutura ecológica responsável pelo ecossistema local. Resta dizer que as coberturas ajardinadas desempenham um papel muito importante, quando a sua existência se torna expressiva nos centros das cidades, desempenhando não só funções ambientais, mas também sociais, onde se promove o contacto entre o homem e a natureza.

c) Económicas

A existência de um custo inicial mais elevado das coberturas ajardinadas, relativamente aos telhados tradicionais, afasta logo à partida um interesse inicial pela sua aplicação. As inúmeras vantagens que as coberturas ajardinadas proporcionam, traduzem-se em poupanças a médio prazo, nomeadamente na redução do consumo de energia.



INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA
DEC - Departamento de Engenharia Civil

Ao longo dos últimos anos, desde a expansão da construção civil em Portugal nos anos 80, na generalidade, os edifícios eram vistos como um investimento de curto prazo e com altas taxas de rentabilidade, associadas a baixo custo. Ainda atualmente, nas sociedades modernas, o fator tempo continua a ser um argumento basilar em qualquer tipo de investimento imobiliário. Começa-se a observar uma tendência generalizada da sua implementação, mas ainda muito ténue. Implementação de políticas no sentido de criar incentivos económicos, fiscais ou outros, poderiam dar o contributo necessário à sua concretização, isto, há semelhança do que se passa em outros países, onde já são uma realidade.





CAPITULO 3 – Duas soluções ajardinadas em funcionamento

3.1 Intervenção – Horta em cobertura de edifício de autarquia na cidade da Guarda

O caso de estudo presente refere-se à cobertura de um edifício pertencente à autarquia da cidade da Guarda onde anteriormente se encontrava instalado um jardim de cobertura intensivo, que por razões de falta de condições ideais, tais como localização e exposição solar a que estava sujeito, resolveu-se dar novo destino por parte dos responsáveis autárquicos. Assim, em 2011, e para que o jardim não ficasse ao abandono, surgiu então um projeto de implementação para uma horta, em substituição do então jardim. A horta teve como mentor o Vereador responsável pelo ouro das zonas verdes, Gonçalo Amaral (Pereira, I. 2012;Tvnet, 2012).

A solução preconizada pela autarquia poderá ser entendida como uma mensagem às populações, sensibilizando-as para a possibilidade para que, elas próprias, possam também seguir esse caminho futuramente, aproveitando todas as mais-valias económicas e de qualidade dos produtos.

3.1.1 Objetivo

Tal como referido anteriormente, subjacente à decisão da autarquia de implementar uma horta na cobertura deste edifício, estão os seguintes objetivos:

- Obter uma boa colheita, com benefício extra para a saúde e para o ambiente, procurando também incentivar os colaboradores da Câmara e visitantes a desenvolverem projetos idênticos, colocando em prática as técnicas que marcam a agricultura ecológica, nomeadamente rotação de culturas, consociações favoráveis, controlo de pragas e doenças através de inimigos naturais, ver figura 3.1.
- Reconversão, através da reabilitação de um espaço que estava ao abandono;
- Sensibilizar as populações no sentido de orientação para a possibilidade de também elas próprias poderem ter a sua horta em casa;
- Dar continuidade à implementação de hortas urbanas e sociais, cumprindo assim com os objetivos de responsabilidade social, com que a autarquia se empenhou;
- Servir de exemplo à comunidade.



Figura. 3.1 Horta autarquia na Guarda, (Fonte: www.asbeiras.pt, 2013)

3.1.2 Capacidade de suporte e tipo de impermeabilização

A cobertura existente tem uma área aproximada de 150 m² e foi executada ao nível de um 2º andar no edifício dos Paços do Concelho. Foram instalados dois canteiros elevados em forma de U com 0,65 m de altura. Os canteiros encontram-se virados a norte e com bastante sombreamento. A laje do edifício é maciça e constituída em betão armado. Inclui uma betonilha de regularização e camada de forma com uma inclinação de 2% em direção aos tubos de queda. A impermeabilização está garantida com o recurso à aplicação de duas membranas betuminosas, a superior auto protegida com granulado de xisto, cruzadas nas duas direções, betonilha armada, manta de geotêxtil e terra vegetal. A impermeabilização existente foi executada há já 19 anos, não se registando qualquer tipo de infiltração para o seu interior. De qualquer modo, uma das vantagens deste tipo de cobertura tem a ver com a sazonalidade dos produtos que normalmente se plantam na horta, e que, a qualquer altura se poderão remover as várias camadas existentes para que se possa proceder a reparações ou substituição das membranas de impermeabilização, não sendo pois, uma estrutura fixa.

3.1.3 Manutenção do sistema implementado

Foi introduzido um sistema de rega adaptado aos canteiros existentes, no sentido de minimizar o tempo disponível para tratamento da horta. Foram introduzidas também vários tipos de flores que, para além de melhorarem o aspeto estético, também serviram para atenuar a fixação de algumas pragas que normalmente aparecem nas hortas.



3.1.4 Obtenção de resultados do sistema implementado

Em 2011, esta pequena horta produziu cerca de 150 quilogramas de produtos alimentares (tomates, pimentos, alfaces, couves de repolho, courgettes e cebolas) que foram consumidos no refeitório municipal. Estes resultados mostraram-se encorajadores para futuras experiências, pelo que a substituição pelo jardim em nada se perdeu em termos ambientais, introduzindo ainda assim mais-valias em termos económicos. Deste modo, a autarquia colheu praticamente sete toneladas de produtos alimentares na horta localizada na cobertura e de uma outra horta “ Quinta da Maúncia”, e que se traduziu numa poupança de aproximadamente 5.000,00 €, como relata Gonçalo Amaral (tvnet, 2012). No ano de 2012, foram plantadas as seguintes hortícolas: acelga, chalotes, alface, repolho, alho-francês, tomate, batata, cebolo e flor de temporada.

3.2 Intervenção - Moradia unifamiliar em Vila Nova de Gaia

Trata-se de uma moradia unifamiliar construída em Vilar de Andorinho, Vila Nova de Gaia, tendo sido o projeto da referida cobertura da autoria da Neoturf.

Optou-se por cobertura ajardinada extensiva, numa área de aproximadamente 250 m², tendo sido construída em 2011 sobre um anexo já existente, onde já existiam painéis solares e uma claraboia, ver figuras 3.2 e 3.3.



Figura 3.2 Anexo com piscina, sobre o qual se instalou a cobertura ajardinada, (Fonte: <http://www.neoturf.pt>, 2013)



Figura 3.3 Vista da cobertura ajardinada, (Fonte: <http://www.neoturf.pt>, 2013)



3.2.1 Objetivo

Pretendeu-se com esta solução, para além da reabilitação da cobertura, promover a melhoria de vários aspetos, tais como:

- Aumento da vida útil do sistema de impermeabilização.
- Prolongamento da área verde.
- Capacidade de retenção de águas pluviais.
- Melhoria ao nível estético.
- Aumento da atividade fotossintética.
- Capacidade de isolamento térmico.
- Absorção ou redução da poluição sonora.

3.2.2 Capacidade de suporte da estrutura

A laje foi construída em betão armado, apresentando capacidade de suporte para os 1.24 kN/m², em situação limite de saturação de água, transmitidos pela cobertura ajardinada extensiva do género botânico “Sedum.”

3.2.3 Implementação do sistema

Trata-se de uma cobertura ajardinada extensiva “Sedum”, com uma altura total do sistema de 15 cm. A rede de rega apresenta um sistema gota-a-gota enterrado que funciona como um pluviómetro, controlando a quantidade de água necessária. Foi introduzido também uma rede de esgotos pluviais.

Tal como referido, todo o sistema de camadas fixas da cobertura ajardinada foi executada de modo a garantir a estanquicidade e impermeabilização.

Trata-se pois, de uma cobertura invertida, que é uma cobertura plana isolada termicamente, com a particularidade de o isolamento ser colocado por cima da impermeabilização, "invertendo" as posições convencionais ou tradicionais destas camadas. Ver figuras 3.4, 3.5 e 3.6.



Figura 3.4 Rede de águas pluviais – Embocadura de “Tubo de queda.”,
(Fonte: <http://www.neoturf.pt>, 2013)



Figura 3.5 Sistema de Rega, (Fonte: <http://www.neoturf.pt>, 2013)



Figura 3.6 Esquema de camadas utilizadas na cobertura ajardinada,
(Adap. De Tolderland, 2008)



3.2.4 Obtenção de resultados do sistema implementado

Os objetivos foram totalmente atingidos, nomeadamente a vegetação (tapetes de *Sedum*) adaptou-se muito bem, apresentando-se como uma cobertura homogénea, não expondo vazios e não se verificando infiltrações.

Deste modo, poder-se-á afirmar que esta cobertura ajardinada cumpriu ou irá cumprir vários aspetos, tais como:

- Aumento da vida útil do sistema de impermeabilização.
- Prolongamento da área verde.
- Capacidade de retenção de águas pluviais.
- Melhoria ao nível estético.
- Aumento da atividade fotossintética.
- Capacidade de isolamento térmico.
- Absorção ou redução da poluição sonora

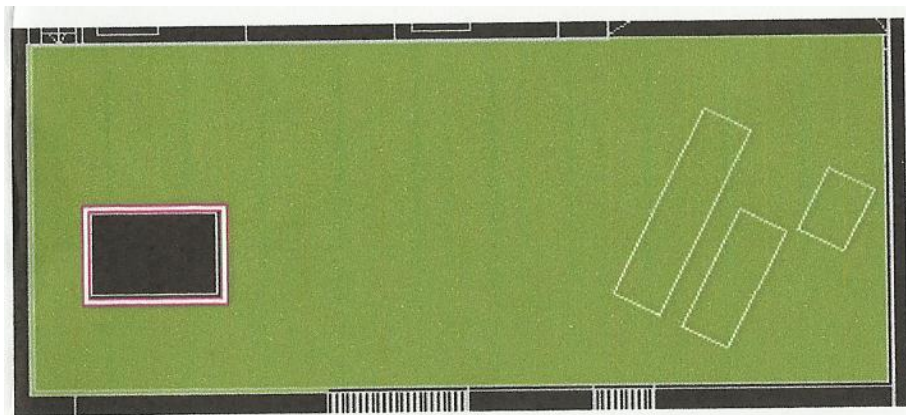


Figura 3.7 Planta da cobertura ajardinada (anexo), (Fonte: <http://www.neoturf.pt>, 2013)



CAPITULO 4 – Cobertura ajardinada em fase de projeto

4.1 Enquadramento

No seguimento de toda a informação anteriormente apresentada sobre coberturas ajardinadas, propõe-se a apresentação de um estudo (projeto) para uma moradia unifamiliar, inserida num loteamento urbano, outrora uma Herdade com 350 hectares de vegetação e arvoredo autóctones, da qual se pretendia resgatar a área verde perdida, pela implantação e construção de edificado. Como tal, irá ser implementado na cobertura da moradia uma solução favorável à adaptabilidade ao ecossistema existente, e que tem por objetivo, para além da referida anteriormente, uma análise crítica sobre a influência das coberturas ajardinadas, não só nos centros urbanos mais densamente povoados, mas também nas zonas de periferia de média densidade, e que, também por influência do acréscimo brutal do edificado, vieram pôr em causa os ecossistemas naturais existentes. Como tal, apresenta-se a seguir uma solução a implementar.

- Horta Urbana em cobertura, utilizando “Aquaponia,” como sistema de cultivo

Neste contexto, serão analisados vários assuntos tais como a gestão e drenagem das águas pluviais provenientes da cobertura, a irrigação, o enquadramento estético e paisagístico, a sustentabilidade, a opção entre coberturas convencionais e ajardinadas e as opções técnicas construtivas. A utilização da cobertura como aproveitamento de um espaço existente, geralmente sem uso e utilização, e em que por norma se regista degradação contínua por falta de manutenção, em cobertura ajardinada, e neste caso concreto numa horta urbana, tem como objetivo a sensibilização para a prática de modelos sustentáveis, realçando os seus benefícios diretos nas populações e meio ambiente. Portanto, para além de promover o contato do homem com a natureza, onde se poderão destacar inúmeros benefícios para a saúde mental do ser humano e na escolha de formas de vida saudáveis, promove igualmente, outra vantagens para as populações, e que são os benefícios económicos, pois diversos produtos poderão ser cultivados sazonalmente e consumidos em casa, ainda com frescura natural.



4.2 Intervenção - Moradia unifamiliar Aroeira

A moradia em estudo está inserida num loteamento urbano, designado por “Herdade da Aroeira”, lote 267, no concelho de Almada. O lote está localizado no referido loteamento, outrora um pinhal com aproximadamente 350 hectares numa área de vegetação e arvoredos autóctones, como se vê na figura 4.1. Construída em 1997 com uma área total de implantação de 170 m², o projeto apresenta uma cobertura plana, tal como mostram as figuras 4.2 e 4.3. Atualmente a cobertura apresenta anomalias nas membranas de impermeabilização, consequência da degradação causada pelo tempo de utilização, tendo por isso que estar sujeita a obras de intervenção.



Figura 4.1 Terreno antes da construção - Vista para sul, (Fonte: Autor do T.F.M, 2004)



Figura 4.2 Volumetria do Edifício depois de construído - Vista da estrada, (Fonte: Autor do T.F.M, 2004)

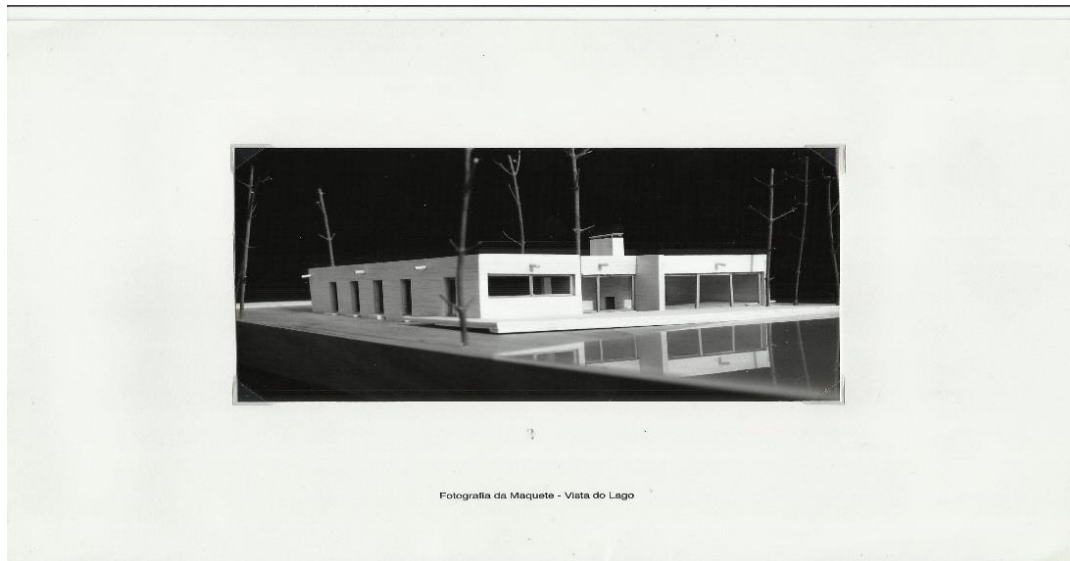


Figura 4.3 Volumetria do edifício depois de construído - Vista do lago,
(Fonte: Autor do T.F.M, 2004)

Para a construção desta moradia foram ocupados 170 m² de terreno, fazendo assim diminuir a área inicialmente existente de pinhal, num processo de clara invasão do espaço verde, com implicações em todo o ecossistema local. Deste modo, surgiu a ideia de utilizar a área da cobertura plana existente, e num processo eminente de reparação das anomalias, reconvertê-la parcialmente em cobertura ajardinada intensiva e outra parte em horta, como forma de devolver o espaço perdido ao nível do solo.

4.2.1 Objetivo

Para uma cobertura ajardinada pretende-se uma solução que promova a melhoria da:

- Eficiência energética;
- Sustentabilidade;
- Comportamento térmico e acústico;
- Compromisso estético e paisagístico;
- Redução do impacto visual de uma estrutura de betão, na envolvente.
- Gestão de recursos;
- Sistema de drenagem eficiente;
- Biodiversidade;
- Qualidade e bem-estar, em ambiente saudável.



4.2.2 Cobertura existente

O edifício apresenta uma cobertura plana do tipo que se mostra na figura 4.4, com 170 m² de área.

A cobertura é composta por uma impermeabilização leve, visitável limitadamente, apresentando atualmente anomalias nas membranas de impermeabilização consequência da degradação causada pelo tempo de utilização, tendo por isso que estar sujeita a obras de intervenção a curto prazo.

Perante esta situação, foi proposto aos proprietários vários cenários para resolução do problema em causa, e que são:

- 1º - Reabilitação do sistema de impermeabilização igual ao existente;
- 2º - Execução de cobertura tradicional, com aproveitamento de área para habitação;
- 3º - Execução de cobertura ajardinada.



Figura 4.4 Corte da cobertura com o sistema de impermeabilização existente, (Fonte:www.imperialum.com, 2013)

Das soluções propostas, a que suscitou maior interesse pelos proprietários no seguimento da reabilitação, foi a cobertura ajardinada. Deste modo, a decisão por uma cobertura ajardinada, surgiu quase que naturalmente, por parte dos proprietários, não só devido a todos os benefícios já referidos anteriormente, mas também pela oportunidade da utilização de mais um espaço que até aí estava restringido, e pelo aspeto estético dissimulando o efeito visual negativo da estrutura betão do edifício.

Como tal, irá ser adotada uma cobertura ajardinada em toda a área do edifício, permitindo assim condições para a implementação também de uma horta urbana. As opções técnicas a



adotar serão de acordo com técnicas já conhecidas e comprovadas em muitos edifícios, ver figura 4.5.

Deste modo, pretende-se implementar ao nível da cobertura uma horta direcionada para a “agricultura orgânica” (Brasil e países de língua inglesa), “agricultura ecológica” (Espanha e Dinamarca) ou “agricultura natural” (Japão). A agricultura biológica é um modo de produção agrícola que respeita profundamente o meio ambiente e a biodiversidade, que faz apelo a uma série de medidas preventivas para evitar a ocorrência de situações que obriguem ao uso de produtos fitossanitários, de medicamentos, etc.. É pois um modo de produção agrícola mais ecológico e sustentável, pela aproximação das suas práticas aos equilíbrios naturais, pela maior utilização de fatores de produção renováveis e de baixo custo energético e pela interdição de práticas e produtos de maior impacto ambiental (Fundação Biológica).



Figura 4.5 Esquema representativo das várias camadas do sistema construtivo da cobertura ajardinada a adotar, (Adap. De Tolderland,2008)

4.2.3 Capacidade de suporte da estrutura

Numa cobertura ajardinada é fundamental a verificação da capacidade de suporte da estrutura, face às novas cargas permanentes do sistema construtivo da cobertura. No entanto, para o caso de uma cobertura extensiva, considera-se que a carga é substancialmente reduzida, relativa às cargas permanentes, nomeadamente ao nível do substrato, tendo em conta que existe sempre variação de peso causado pela ocorrência de chuva e pela sua acumulação temporária ao nível do substrato.

O substrato apresentado na área correspondente há cobertura ajardinada intensiva, contém uma composição variável, sendo que neste caso considera-se uma espessura de 0,50 m, composta por granulado de argila expandida, turfa e tijolo partido relativa a arbustos de médio a baixo porte (ver quadro 4.1).



Tabela 4.1 Espessuras mínimas de terra vegetal para os vários tipos de vegetação,
(adaptado de Grandão, 2002)

Tipo de vegetação	Espessura mínima
Árvores de folha caduca	1,0
Árvores de folha permanente	0,7-1,0
Coníferas de 10-20 m de altura	1,0
Coníferas até 10 m de altura	0,5-0,7
Palmeiras	0,7-1,0
Arbustos de grande porte	0,5-0,7
Arbustos de baixo porte	0,3-0,7
Trepadeiras	0,2-0,5
Herbáceas	0,2

Relativamente ao tipo de estrutura do edifício em estudo, esta apresenta uma estrutura porticada, com lajes em betão armado, verificando capacidade de suporte para a referida cobertura.

4.2.4 Implementação de um sistema Aquapônico

Na procura de soluções adequadas à cobertura em estudo, optou-se pela aquaponia (cultivo de plantas sobre a água), por congregar vários parâmetros e condições numa solução de cobertura sustentável. A aquaponia é pois um sistema fechado e integrado de aquicultura (produção de organismos aquáticos) com hidroponia (produção de plantas sem utilização de solo), e consiste no ciclo do nitrogénio. É um sistema relativamente simples, em que a água circula ciclicamente de um tanque ou lago que contém peixes, e a devolve de seguida às plantas. Os peixes existentes no lago ou tanque, através dos seus excrementos libertam compostos nitrogenados como o amónio. Em resumo, os excrementos dos peixes servem de nutrição às plantas, e estas por sua vez, num processo de filtragem biológica, devolve-a aos peixes em boas condições, para que os peixes se desenvolvam num meio saudável. As vantagens relativamente aos processos tradicionais de cultivo são muitas, do ponto de vista ambiental e de rentabilidade, tais como:

- Não utilização de solos;
- Menor peso permanente na cobertura;
- Maior rentabilidade (relativamente aos métodos tradicionais com produções superiores a 2 vezes mais);



- Menor consumo de água, pois é um sistema fechado, sendo cerca de 2 a 5 % de água relativamente aos métodos tradicionais;
- Menor consumo energético (cerca de 1/3 menos relativamente aos métodos tradicionais);
- Método simples e de fácil aprendizagem;
- Menor pegada ecológica.

Este sistema inclui um pequeno lago ou tanque que vão ser povoados por peixes da espécie “Tipália” e “carpa”, que irão produzir água “ nitrogenada” para regar os canteiros da horta projetada, ver figura 4.6. Os canteiros cheios de bactérias, convertem amónio em nitritos, repassando os nitritos para outras bactérias fixadoras de nitrogénio, que se encontram nas raízes das plantas cultivadas em simbiose. Estas últimas bactérias transformam nitritos em nitratos, retendo o nitrogénio, facilitando assim o rápido desenvolvimento das plantas (Lúcia Malla, 2011).



Figura 4.6 Sistema básico de aquaponia, (Fonte: www.embrapa.br, 2013)

Tal como referido, os dejetos orgânicos produzidos pelos peixes, após filtragem biológica sob ação de bactérias, nutrem a produção de vegetais que, por sua vez, desenvolve água limpa para os peixes. Um ciclo que propicia economia de água de quase 90% em relação ao cultivo tradicional, ver figura 4.7.

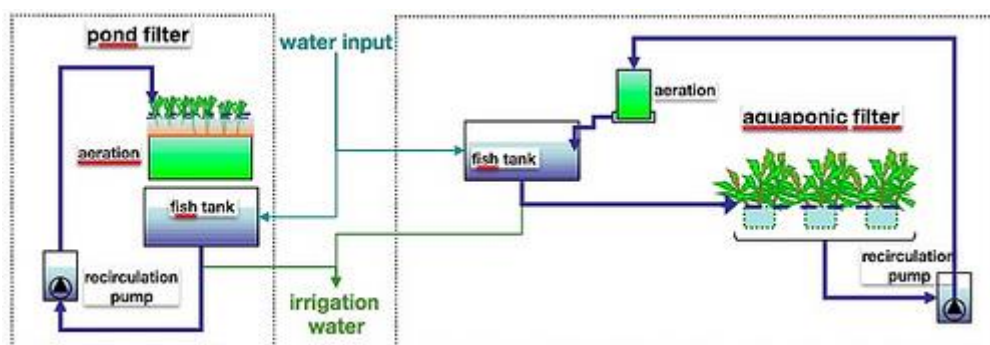
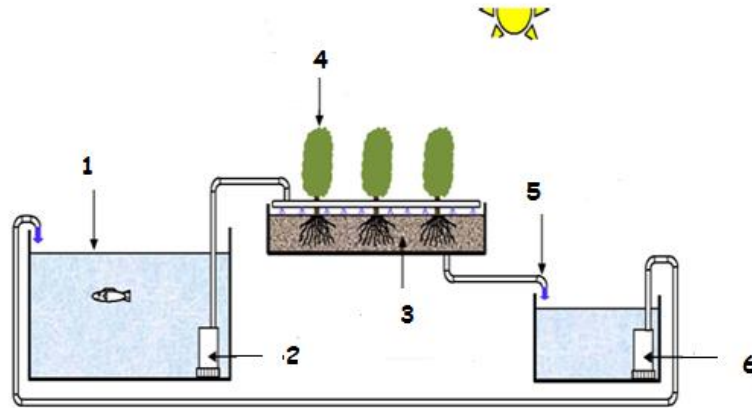


Figura 4.7 Esquema técnico Aquapónico (Fonte: www.lucimalla.com, 2013)



É um sistema que funciona em circuito fechado, de crescimento rápido, orgânico e autossustentável, ideal para cultivo de pequenas áreas, como é o caso.



- 1- Tanque de peixes
- 2- Água bombeada do tanque para o circuito de cultivo (a horta)
- 3- Reconversão das bactérias benéficas do amoníaco e nitritos em nitratos
- 4- As plantas absorvem os nitratos da água (alimento das plantas)
- 5- Água limpa cai no sub-tanque e na queda recebe alguma oxigenação
- 6- Uma segunda bomba bombeia a água limpa para o tanque dos peixes

Figura 4.8 Representação esquemática do processo de aquaponia,
(Fonte: aquaponicsplan.com, 2013)

4.2.5 Instalação do sistema

O sistema compreende um viveiro de peixes, filtro biológico, calhas ou tubos (semelhantes aos da hidroponia) e eletrobomba para promover a circulação. Os viveiros dos peixes são constituídos por um pequeno tanque ou lago, que poderá ser em plástico, metal ou betão. Sendo em betão terão que ser impermeabilizados. A bomba a utilizar terá um caudal de 4000 litros por hora. O filtro biológico deverá possuir uma superfície suficiente para que os microrganismos decompositores degradem a matéria orgânica proveniente da água dos peixes, ou, neste caso, pode ser o próprio local de plantação dos vegetais, conforme apresenta a tabela de quantidades 4.2.



Tabela 4.2 Tabela de quantidades

Descrição	Quantidade	Dimensões
Tanque ou lago-viveiro	1 Unidade	Área= 10m ² / Profundidade = 0,45m
Canteiro de plantas	4 Unidades	Área = 6 m ² / Profundidade = 0,40m
Povoamento de peixes	20 Unidades (Tipália/ Carpa)	X
Substrato	9,6m ³ (Argila expandida, turfa e tijolo partido)	X
Equipamentos	1Un - Bomba de recirculação (4000 litros/hora), balde perfurado para instalação da bomba, mangueira, filtro.	X

O lago é povoado por vinte peixes da espécie tális (Oreochromis niloticus) e carpas, que irão produzir água “ nitrogenada” para regar os canteiros da horta projetada, conforme mostra a figura 4.9.



Figura 4.9 Peixes da espécie “Tipália” e “carpa”, (Fonte: [http:// www.luciamalla.com](http://www.luciamalla.com), 2013)

O substrato apresentado contém uma composição variável, sendo que, neste caso considera-se uma camada com espessura de 0,50 m, composta por argila expandida, turfa e tijolo partido para plantação de arbustos de médio a baixo porte (ver tabela 4.1). As espécies a plantar para este tipo de horta poderão ser: alface, pepino, tomate, cebolinha, coentros, tomilho, beringela, tomilho, hortelã, cebolinha, manjeriço, pimentão, brócolos, rúcula e endro, conforme figura 4.10.



Figura 4.10 Substrato e vegetação, (Fonte: youtube-downloader-mp3.com, 2013)

Conforme já se referiu, os viveiros dos peixes são constituídos por um pequeno tanque ou lago, que poderá ser em plástico, metal ou betão (ver figura 4.11).



Figura 4.11 Tanque ou lago, (Fonte: [http:// www.ehow.com.br](http://www.ehow.com.br), 2013)

Os canteiros necessitam de um tubo ladrão, como apresentado na figura 4.12. Este regula a água que sairá do canteiro por um tubo de drenagem, num ciclo de enchente/ vazante, para que as plantas estejam sempre a ser alimentadas com novos nutrientes.



Figura 4.12 Pormenor do sifão do tanque, (Fonte: <http://www.luciamalla.com>, 2013)



Este sistema de cultivo, tal como já foi referido, apresenta grandes vantagens para o ambiente, pois as plantas não necessitam de fertilizantes, já que a água captada no tanque dos peixes é rica nutricionalmente. A utilização de pesticidas por sua vez é desaconselhável, tornando deste modo o sistema amigo do ambiente. A utilização de água para irrigação é grandemente reduzida (cerca de 90%), por ser um circuito fechado. Outra vantagem é a não proliferação de insetos, pelo facto de não existir solo.

No sistema aquapônico o tempo dedicado à rega é substituído na tarefa de alimentar os peixes. Deste modo, ele representa uma forma sustentável perfeitamente praticável em meio urbano, como é o nosso caso de estudo.

4.2.6 Reaproveitamento das águas pluviais e sistema de rega

Sendo o sistema aquapônico um circuito fechado, em que a reutilização da água é contínua, a mesma sofre processos de evaporação. Assim, poder-se-á aproveitar alguma água proveniente da chuva, na quantidade estritamente necessária para manter o nível do tanque. Sendo assim, os gastos considerados para rega são pouco expressivos ou quase nulos. A água excedente proveniente da água da chuva poderá ser armazenada e utilizada como rega no jardim ao nível do solo.

4.2.7 Resultados da implementação

A implementação da cobertura ajardinada resulta num aumento da eficiência energética da moradia, conferindo-lhe uma maior inércia térmica. Deste modo, o tempo de utilização do sistema AVAC instalado é mais reduzido, o que se traduz num menor consumo de eletricidade. Consegue-se igualmente um melhor isolamento acústico, derivado à espessura da cobertura.

Em suma, apresenta-se como uma solução amiga do ambiente, sustentável, traduzindo-se ainda numa vantagem económica, social e de bem-estar.





CAPITULO 5 - Conclusões

O aumento descontrolado do edificado nos centros urbanos dos países, um pouco por todo o mundo, tornaram as cidades insustentáveis e em sítios pouco agradáveis e saudáveis para se viver. De facto, o brutal aumento de edificado tem sido à custa de ocupação de áreas originalmente verdes, nas periferias das cidades, que pouco a pouco se transformam em mais e mais betão. Na procura de respostas para este problema, surgem as designadas coberturas verdes, que de certa forma pretendem corrigir e alterar este paradigma.

As coberturas ajardinadas, tal como se tem vindo a referir ao longo de todo este trabalho, oferecem muitas vantagens sob o ponto de vista ecológico, económico, social, ambiental, entre muitos outros, pelo que, a sua implementação é francamente positiva e aconselhável nas grandes cidades. Por outro lado, a sua não implementação pelos agentes económicos, deve-se, para além do seu custo inicial ainda pouco interessante, a um total desconhecimento das vantagens na qualidade geral do edifício, que aí poderão ter os custos atenuados.

Também relativamente à melhoria de qualidade do edifício em termos estéticos, o mesmo poderá extrair vantagens económicas significativas, potenciando o imóvel para outro patamar comercial. Também é referido ao longo do trabalho que os benefícios destas coberturas ajardinadas, não incidem só sobre o respetivo edifício, mas também sobre as cidades e as suas populações em geral. Deste modo, surge a convicção de que a implementação deste tipo de coberturas terá que passar por programas de apoio e incentivo, por parte do poder local.

Nos três casos de estudo referenciados, são assumidos os objetivos ambientais:

. Moradia na Aroeira - Recorre a uma cobertura ajardinada intensiva e a uma horta com um sistema de cultivo "Aquaponia" aplicado a um edifício habitacional recente, em betão armado, em que se pretende assumir como uma solução inteiramente sustentável, revelando um excelente compromisso entre a capacidade de suporte do próprio edifício e as cargas nelas existentes, presentes nas camadas fixas do sistema de cobertura ajardinada. Por ter uma maior percentagem de substrato "leve", que é o caso do granulado de argila expandida, torna todo o sistema muito mais leve, aumentando assim o campo de aplicação do edificado, nomeadamente em edifícios mais antigos, construídos em alvenaria de pedra e lajes em vigamentos de madeira. Deste modo, torna-se perfeitamente viável a conceção de coberturas, no âmbito da reabilitação urbana, com pequenas hortas ou jardins, devidamente dimensionadas, em "Edifícios mistos de betão e alvenaria", surgidos entre 1930 e 1940, e também em "Edifícios de betão armado e alvenaria de tijolo", surgidos entre 1940 e 1960.

Por outro lado, esta solução tem também como objetivo, o resgate da área verde utilizada na implantação e construção do edificado, devolvendo-a ao ecossistema inicialmente existente.

. Cobertura na Autarquia da Guarda - Refere-se à cobertura de um edifício também em betão armado, pertencente à autarquia da cidade da Guarda, onde anteriormente se encontrava



instalado um jardim com cobertura intensiva, que por razões de falta de condições ideais, tais como localização e exposição solar a que estava sujeito, resolveu-se dar novo destino por parte dos responsáveis autárquicos. Assim, em 2011, e para que o jardim não ficasse ao abandono, surgiu então um projeto de implementação para uma horta. Esta solução insere-se no âmbito da reconversão, através da reabilitação, de um espaço que estava ao abandono.

. Moradia unifamiliar em Vila Nova de Gaia - Refere-se a uma moradia unifamiliar, com 250 m², tendo sido construída em 2011 sobre um anexo existente, em Vilar de Andorinho, Vila Nova de Gaia. Trata-se de uma cobertura ajardinada extensiva, e a sua introdução aqui como caso de estudo vem no sentido, dada a sua semelhança com a moradia da “Aroeira”, em termos de projeto, na forma e funcionalidade, podermos utilizar como modelo de comparação ao nível das soluções preconizadas.

Existem algumas diferenças entre cada um dos casos de estudo, que é o seu “carácter”. Deste modo temos o caso da cobertura da Aroeira, que tem características de uma cobertura ajardinada intensiva, pois poderá apresentar maior diversidade de plantas e habitats, melhores propriedades de isolamento térmico, esteticamente mais atrativa, maior facilidade para atividade de lazer assim como para o cultivo de produtos alimentares, grande eficiência energética e boa capacidade de retenção de águas pluviais, com a vantagem ainda, de criar menos peso exercido sobre a estrutura, não utilização de terrenos junto ao solo, menor consumo de água (cerca de 2 a 5% de água relativamente aos métodos tradicionais), menor consumo energético (cerca de 1/3 menos relativamente aos métodos tradicionais), manutenção simples e menor pegada ecológica.

Na cobertura ajardinada intensiva, do edifício da autarquia na cidade da Guarda, houve necessidade de proceder à sua reabilitação. Esta cobertura pelo seu “carácter” poderá ser considerada como um jardim, apresentando por isso, mais e variados exemplares, dado o seu carácter de cobertura intensiva. Em termos de projeto obriga a considerar cargas adicionais para permitir maiores espessuras de terra vegetal, na ordem dos 30 a 40 cm.

No caso da moradia de Vila Nova de Gaia, sendo esta uma cobertura ajardinada de natureza extensiva, a mesma não poderá ser designada de jardim, dada a espessura de terra que apresenta, na ordem dos 15cm de espessura, e pelo tipo de vegetação, composto apenas pelo género botânico “Sedum”.

Sendo diferentes na sua conceção, os três casos têm também utilizações distintas. Enquanto na moradia de Vila Nova de Gaia se considera que a respetiva cobertura não é para se usufruída, já que o acesso é feito apenas para manutenção e situações muito pontuais, tal como acontecia também na cobertura da Autarquia antes da reabilitação. Após a reabilitação da cobertura da autarquia em horta urbana, esta tornou-se visitável, com uma manutenção periódica regular, abrindo oportunidades à população local, no sentido de criar contacto entre homem e natureza, promovendo assim benefícios ao nível da saúde física e mental, e, por outro lado, promovendo igualmente patamares de socialização essenciais ao homem. As mesmas razões são



utilizadas no caso da cobertura da moradia da Aroeira, com a única diferença de ser uma moradia unifamiliar.

Relativamente aos objetivos alcançados, estes são muito idênticos, pois verificaram-se melhorias em relação à proteção do edifício e à qualidade visual, aumentando a biodiversidade e os nichos ecológicos, reduzindo-se o efeito de “ilha de calor”, aumentando a capacidade de isolamento térmico, reduzindo a poluição sonora, aumentando a área verde em contexto urbano, que é mais evidente na cobertura da autarquia, entre outras.

Dos três casos presentes, dois foram concretizados, o da cobertura da autarquia e a moradia em Vila Nova de Gaia, pelo que os resultados da sua implementação consideraram-se plenamente atingidos, com real destaque para a cobertura da autarquia pela sua componente social, mas garantindo ambas funções, tanto ao nível do isolamento térmico como estéticas e ambientais.

Ao nível do Projeto, o jardim em cobertura da autarquia foi sobretudo de recuperação e manutenção, pois era necessária a qualificação deste espaço e a melhoria da qualidade visual e ambiental na cidade e nos edifícios adjacentes. No caso da moradia da Aroeira, surgiu a ideia de utilizar a área da cobertura plana existente, num processo eminente de reparação das anomalias, reconvertendo-a numa cobertura ajardinada e horta, como forma de devolver o espaço perdido ao nível do solo.

Quanto à cobertura da moradia de Vila Nova de Gaia, tratava-se de uma cobertura já existente, sem capacidade de suporte para as camadas de uma cobertura ajardinada intensiva, pelo que se optou por uma cobertura ajardinada de carácter extensivo, portanto com uma espessura de terra vegetal na ordem dos 0.15 m, introduzindo deste modo menos cargas na estrutura.

Em muitos projetos já executados verifica-se que a manutenção deixa de ser assegurada o que constitui um problema em termos estéticos, daí a necessidade de criar coberturas ajardinadas mais racionais. Deste modo, embora não tenha sido implementado ainda, o caso da moradia na Aroeira revela-se o mais racional de todos, pois cumpre com todos os requisitos que são exigidos a uma cobertura ajardinada projetando-a para um patamar maior de sustentabilidade.

As grandes superfícies impermeáveis que existem nas grandes cidades, tal como referido anteriormente, fazem com que as coberturas ajardinadas ajudem a minorar inundações sucessivas, consequência de má capacidade e falta de manutenção das redes de esgotos existentes. Deste modo, tenta-se resgatar o terreno perdido ao nível do solo, “transportando-o” para o nível da cobertura e de alguma forma recriando-o. Como não se trata de um sistema natural ao nível do solo, não cumpre com o ciclo da água de uma forma natural, mas cumpre com muitos aspetos, referidos ao nível de todo o trabalho, apresentando vários benefícios, tanto para o próprio edifício como para as populações que neles habitam, assim como para o meio ambiente.

A conceção de uma horta ao nível da cobertura torna-se pois numa abordagem interessante em termos económicos, juntamente com todas as outras vantagens já referidas, mas



INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA
DEC - Departamento de Engenharia Civil

também promove as relações humanas e de bem-estar das populações, numa lógica de dinâmica social.

A tabela 5.1 apresenta de uma forma esquemática as vantagens e desvantagens de cada um dos casos de estudo.



Tabela 5.1 Vantagens e desvantagens das coberturas dos casos de estudo

Caso de estudo	Vantagens	Desvantagens
Cobertura de moradia em Aroeira (ainda em fase de projeto)	Menor peso sobre o edifício Não utilização de solos Menor consumo de água (só 2 a 5% de água em relação aos métodos tradicionais) Menor consumo energético (cerca de 1/3 menos relativamente aos métodos tradicionais) Método simples e de fácil aprendizagem Menor pegada ecológica Versatilidade Maior rentabilidade de produção (relativamente aos métodos tradicionais com produções superiores a 10 vezes mais)	Pouca divulgação e informação existente Resistência por parte de algumas camadas da sociedade para a sua implementação, ainda muito associadas à imagem que têm de uma agricultura de subsistência exercida pelas anteriores gerações, que só muito recentemente começou a mudar Visualmente menos atrativa
Cobertura da autarquia na Guarda, após reabilitação	Grande diversidade de vegetação Maior biodiversidade Maior retenção de água contribuindo para a redução de escoamento de água pluvial	Maior peso sobre a cobertura (espessura de terra de 0.40 m) Mais cuidados ao nível da manutenção e irrigação Maiores custos Maior complexidade ao nível de projeto Menor rentabilidade de produção, por ser um processo tradicional Visualmente menos atrativa
Cobertura de moradia em Vila Nova de Gaia, após reabilitação	Menor peso exercido sobre a cobertura Menor custo de execução Menor manutenção	Menor capacidade de suporte, que implica menor espessura de substrato (cerca de 0.15 m) Menor biodiversidade Menor possibilidade na seleção da vegetação a plantar Visualmente pouco atrativa, comparada com uma cobertura intensiva



**INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA
DEC - Departamento de Engenharia Civil**

Em conclusão, pode-se afirmar que este trabalho de final de mestrado, tem como destino todos os profissionais do setor da construção, autarquias e particulares em geral, pois serão estes que poderão beneficiar, com o aqui exposto.



CAPITULO 6 - Recomendações para trabalhos futuros

No seguimento do caso de estudo do capítulo 4, anteriormente apresentado e inserido no âmbito das coberturas ajardinadas, seria interessante recomendar o seu desenvolvimento para o mesmo edifício, com base em novos conhecimentos e apresentação de outras soluções ou simplesmente como um complemento de projeto ao caso de estudo aqui apresentado. Deste modo, recomenda-se para prosseguimento do aqui apresentado, dois casos de estudo futuros:

- Análise de comportamento de estabilidade da moradia na Aroeira, referente ao anterior capítulo 4, de acordo com a solução que foi preconizada.
- Análise de comportamento de estabilidade dos edifícios, recorrendo à utilização da Aquaponia como sistema de cultivo, em “Edifícios mistos de betão e alvenaria, surgidos entre 1930 e 1940”, e também em ”Edifícios de betão armado e alvenaria de tijolo, surgidos entre 1940 e 1960”, pelo que se preveem algumas vantagens na sua utilização, dado que o substrato utilizado à base de argila expandida garante cargas substancialmente menores.





BIBLIOGRAFIA

- ANQIP (2009). ETA 0701 - Sistemas de Aproveitamento de Águas Pluviais em Edifícios. *Especificação técnica ANQIP*. Aveiro: ANQIP. Engenharia.
 - Aquaponia, disponível em <URL:<http://www.aquaponia.com.br>, consultado em 11 outubro de 2014
 - Aquaponia no vale de Acôr, disponível em <URL: [http://www. Ppl.com.pt/p t/p or /a quaponia-va](http://www.Ppl.com.pt/p t/p or /a quaponia-va), consultado em 12 de outubro de 2014
 - Aquaponia urbana, disponível em <URL:[http:// Aquaponiaurbana.com/](http://Aquaponiaurbana.com/), consultado em 15 de outubro de 2014
 - Akbari, H. & Konopacki, S. (2004). Energy effects of heat-island reduction strategies in Toronto, Canada. *Energy* 29, 191-210.
 - Alves, A. (2012). Câmara da Guarda tem horta no jardim do telhado dos Paços do Concelho. *Diário das Beiras*. [Cônsul. Em 12Abril 2012]. Disponível em WWW:URL:<<http://www.asbeiras.pt/2012/04/camara-da-guarda-tem-horta-no-jardimdo-telhado-dos-pacos-do-concelho/>>.
 - Ambiente *online* (2012). ETAR a céu aberto. [Consul. 30Março 2012]. Disponível em WWW:URL:<<http://www.ambienteonline.pt/noticias/detalhes.php?id=7489>>.
 - Batista, M. & Álvaro, P. (2012). *SIMTEJO*, Lisboa–Portugal.
 - Berndtsson, Justyna Czemieli (2009). Green roof performance towards management of Runoff water quantity and quality: A review. *Ecological Engineering* 36, 351-360.
 - Breuning, J. & Yanders, A. (2008). Introduction to the FLL Guidelines for the Planning, Construction and Maintenance of Green Roofing. *Green Roofing Guideline*. Maryland.
 - Camelo, S., Santos, d. C. P., Ramalho, A., Horta, C., Gonçalves, H. & Maldonado, E. (2006). *Regulamento das Características do Comportamento Térmico dos Edifícios*. INETI - Manual de apoio à aplicação do RCCTE. Lisboa: INETI, 2006. ISBN 972.
 - Castleton, H.F., Stovin, V., Beck, S. B. M. & Davison J. B. (2010). Green roofs; building energy savings and the potential for retrofit, *Energy and Buildings Review*, 42, 1582-1591.
 - Cantor, Steven L. 2008. *Green Roofs In Sustainable Landscape Design*. New York; USA : Norton & Company.
 - Cathy (2009). *Green Eco Services*. [Consul. 9Mar. 2012]. Disponível em WWW:<URL: <http://www.greenecoservices.com/history-of-green-roofs/>>.
- Coberturas verdes (2012). Coberturas verdes [Consul. 10Mar. 2012]. Disponível em WWW:<URL: <http://coberturasverdes.com/>>.



INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA
DEC - Departamento de Engenharia Civil

- Construlink (2012). Ficha Técnica – Espaços Verdes. [Consul. 12Março 2012]. Disponível em WWW:URL:<http://www.construlink.com/Homepage/2003_GuiaoTecnico/Ficheiros/ft_666_preceram_2012_03_21_.pdf>
- Darby (2010). Darby blog. [Cônsul. 21Jan. 2012]. Disponível em WWW:<URL: <http://darbylrclarine.blogspot.com/2010/06/jardins-suspensos-da-babilonia.html>>. Deutsch, B., et al. 2005. *Re-Greening Washington, DC: A Green Roof Vision Based on Quantifying Storm Water and Air Quality Benefits*. Washington, D.C. : Casey Trees Endowment Fund & Limno-Tech, Inc..
- Dhalla S. & Zimmer C. (2010). Low impact development stormwater management planning and design guide. Version 1.0. *Toronto and Region Conservation Authority and Credit Valley Conservation Authority, Ontario*.
- Dunnett, Nigel e Kingsbury, Noël. 2008. *Planting Green Roofs and Living Walls*. London, UK : Timber Press, 2008. 978-0-88192-911-9.
- EEA (2012). European Environment Agency [Consul. 16Mar. 2012] Disponível em WWW:<URL:http://www.eea.europa.eu/soer/countries/pt/soertopic_view?topic=land>.
- Fioretti, R., Pale, A., Lanza, L.G. & Principi, P. (2010). Green roof energy and water related performance in the Mediterranean climate. *Building and Environment*, 45, 1890-1904.
- Fishburn, Douglas C. (2004). Partial considerations on design and installations of green roofs. *The waterproofing challenge*.
- FLL (2002). *FLL - Guidelines for the planning, execution and upkeep of green-roof sites. Release 2002: Bonn, 2002*. ISBN 3-934484-81-6.
- Getter, Kristin L. & Rowe, D. B. (2008). *Selecting Plants for Extensive Green Roofs in the United States*. Michigan State University, United States. Disponível em WWW:URL:<<https://maps.google.com/maps?hl=pt-PT>>
- Green Garage (2012). Green Garage [Consul. 18Maio 2012]. Disponível em WWW:<URL: <http://www.greengarage.ca/greenroofs/plants.php>>.
- Green Savers (2011). Green Savers [Consul. 18Mar. 2012]. Disponível em WWW:<URL: <http://www.greensavers.pt/2011/01/24/lisboa-e-uma-das-capitais-da-europa-com-osolo-mais-impermeabilizado/>>.



INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA
DEC - Departamento de Engenharia Civil

- GRHC. 2006a. *Green Roof Design 101: Introductory Course*. Toronto, Canada : Green Roof for Healthy Cities.
- GRHC. 2006b. *Green Roof Infrastructure: Design and Installation 201*. Toronto, Canada : Green Roof for Healthy Cities.
- GRHC. 2008. *Green Roof Plants and Growing Media 401*. Toronto, Canada : Green Roof for Healthy Cities.
- GRHC. 2007. *Green Roof Waterproofing and Drainage 301*. Toronto, Canada : Green Roof for Healthy Cities.
- H2O Capture (2012). H2O Capture [Consul. 10Maio 2012]. Disponível em WWW:<URL:
<http://www.h2ocapture.com>>.
- Eneide, Maria Cristina Almeida de Souza (2008). *Cobertura Verde*. Escola de Engenharia UFMG, Belo Horizonte: s.n., 2008.
- Husken K. (2010). Greening the Concrete Jungle. Green Rooftops (GRTs): a mechanism that makes our cities more sustainable? *Maastricht Graduate School of Governance*.
- IST (2012). *Desempenho do granulado de autoproteção de membranas betuminosas*. Dissertação – Instituto Superior Técnico. [Consul. 10Maio 2012]. Disponível em WWW:URL:<https://dspace.ist.utl.pt/bitstream/2295/379839/1/Dissertacao&Anexos.pdf>
- Landscape for life (2012). Landscape for life [Consul. 15Mar. 2012]. Disponível em WWW:<URL:<http://landscapeforlife.org/water/3b.php>>.
- Lawlor G., Currie B., Desha H. & Widest I. (2006). “A Resource Manual for Municipal
- Li, J., et al. 2011. Effect of Green Roof on Ambiente CO2 Concentration. *Building and Environment*. 45.
- Lucia Malla, disponível em <URL:<http://www.luciamalla.com.br>, consultado em 10 de outubro de 2014.
- Policy Makers Canada” s.n., Canada, 2006. ISBN 0-662-44084-6.
- Marcas das Ciências (2012). Marcas das ciências [Consul. 20Abril 2012] Disponível em WWW:URL:<<http://marcasdasciencias.fc.ul.pt/pagina/fichas/objectos/dominio?id=900>>
- 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, 318-327.
- Neater (2012). nature [Consul. 12Abril 2012]. Disponível em WWW:URL:<<http://www.neoturf.pt/main.php?id=66>>.



INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA
DEC - Departamento de Engenharia Civil

- Oberndorfer, E., Lundholm, J., Bass, B., Coffman, R. R., Doshi, H., Dunnett, N., Gaffin, S., Kohler, M., Liu, K. K. Y. & Rowe, B. (2007). Green Roofs as Urban Ecosystems: Ecological Structures, Functions, and Services. *BioScience* 57, 10, 823-833.
- Kerr Wood Leidal Associates. 2009. *Design Considerations for the Implementation of Green Roofs*. Vancouver, Canada : Greater Vancouver Regional District ("Metro Vancouver").
- Molineux, C., Fentiman, C. e Gange, A. 2009. Characterising Alternative Recycled Waste Materials for Use as Green Roof Growing Media in the U.K. *Ecological Engineering*. 35.
- Moran, A., Hunt, B. e Smith, J. 2005. *Hydrologic and Water Quality Performance From Greenroofs in Goldsboro and Raleigh, North Carolina*. North Carolina, USA : North Carolina State University.
- Neoturf (2012). Neoturf [Consul. 12Abril 2012]. Disponível em WWW:URL:<<http://www.neoturf.pt/main.php?id=66>>.
- Ollya, M. L., Bates, J. A., Sadler, P. J. & Mackay, R. (2011). An initial experimental assessment of the influence of substrate depth on floral assemblage for extensive green roofs. *Urban Forestry and Urban Greening*, 10, 311-316.
- Peck, Steven & Kuhn, Monica (2012). Design guidelines for green roofs [Consul. 18Março 2012]. Disponível em WWW:URL: <<http://www.cmhc.ca/en/inpr/bude/himu/coedar/loader.cfm?url=/commonspot/security/getfile.cfm&PageID=70146> >
- Peck, Steven W. & Callaghan, Chris. (1999). *Greenbacks from green roofs: Forcing a new industry in Canada*. Canada : s.n., 1999.
- Pereira, A., Contreras, E., P., Palha, P. (2012). *Jornada Internacional - Coberturas Ajardinadas*. FCUP (Faculdade de Ciências da Universidade do Porto) - Porto, Portugal.
- Retzlaff B., Ebbs S., Morgan S. and Celik S. (2011). Digging into Green. *Southern Illinois University Edwardsville performs extensive green roof system research*. Outubro 2011.
- Simmons, M. T., Gardiner, B., Windhager, S. & Tinsley, J. (2008). Green roofs are not created equal: the hydrologic and thermal performance of six different extensive green roofs and reflective and non-reflective roofs in a sub-tropical climate. *Urban Ecosystem*. DOI 10.1007/s11252-008-0069-4.
- Silva, Neossina da Costa (2011). *Telhado verde: Sistema construtivo de maior eficiência e menor impacto ambiental*. Monografia Escola de Engenharia UFMG.
- Sunergetic (2009). EMEF coloca jardim de cobertura com a sunergetic. *Arquivo Sunergetic*. [Consul. 23Março 2012]. Disponível em WWW:URL: <



INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA
DEC - Departamento de Engenharia Civil

<http://comunidade.sol.pt/blogs/sunergetic/archive/2009/05/19/EMEF-coloca-Jardim-de-Cobertura-com-a-Sunergetic.aspx>>.

- Snodgrass, Edmund C. e McIntyre, Linda. (2010). *The Green Roof Manual - A Professional Guide to Design, Installation, and Maintenance*. London : Timber Press.
- Snodgrass, Edmund e Snodgrass, Lucie. 2006. *Green Roof Plants: A Resource and Planting Guide*. Portland, USA : Timber Press. 978-0-88192-787-0.
- Greater London Authority. 2006. London's Urban Heat Island: A Summary for Decision Makers. *Mayor of London*.
- Teemusk, A. & Meander, U. (2009). Greenroof potential to reduce temperature fluctuations of a roof membrane: A case study from Estonia. *Building and Environment*, 44, 643-640.
- Triune, L. & Nuns', K. (2008). Construção Sustentável – Soluções eficientes hoje, a nossa riqueza de amanhã. 2ª Edição. Sintra: 2008. ISBN 978-989-20-1191-2
- Tolderlund, L. (2008). Design Guidelines and Maintenance Manual for Green Roofs in the Semi-Arid and Arid West. *LEED AO, GRP, University of Colorado Denver*.
- Teté (2012).
- Tvnet [Consul. 10Maio 2012]. Disponível em WWW:URL:<http://tvnet.sapo.pt/noticias/Eco_Planeta/C%C3%A2mara-da-Guardaplanta-Horta-no-teto-do-edif%C3%ADcio-71297>.
- Ultimas [Consul. 10Abril (2012)]. Disponível em WWW:URL:<<http://www.ultimasreportagens.com/ultimas.php>>.UTAD (2012). UTAD [Consul. 10Mar. 2012]. Disponível em WWW:URL:<<http://aguiar.hvr.utad.pt/index.htm>>.
- Ulrich, R. 1984. View Through a Window Mat Influence Recovery From Surgery. *Science*. Vol. 224.
- USEPA. 2003. *Cooling Summertime Temperatures: Strategies to Reduce Urban Heat Islands*. USA : United States Environmental Protection Agency, Climate Protection Partnerships Division.
- USEPA. 2009. *Green Roofs for Stormwater Runoff Control*. Ohio, USA : United States Environmental Protection Agency.
- USEPA. 2008. *Reducing Urban Heat Islands: Compendium of Strategies - Urban Heat Island Basics*. USA : United States Environmental Protection Agency, Office of Atmospheric Programs.
- Varela, Ana Filipa Silveiro. (2011). *A utilização de revestimentos de vegetação intensivos e extensivos em projeto de arquitetura paisagista em cobertura*. Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Arquitetura paisagista – Instituto Superior de Agronomia, UTL, Lisboa, 2011. Vila Nova da Barquinha – Portugal.



**INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA
DEC - Departamento de Engenharia Civil**

World U. P. (2010). World Urbanization Prospects. *The 2009 Revision*, United Nations Department of Economic and Social Affairs/Population Division.

- Wang J., Endreny T. A. & Nowak D. J. (2008). Mechanistic simulation of tree effects in an urban water balance model. *Journal of the American Water Resources Association*, Vol.44, no.1.
- Zinco Cube-tas, (2012). Zinco Cubiertas [Consul. 12Março 2012]. Disponível em WWW:URL:<<http://www.zinco-cubiertas-ecologicas.es>>.