

UFRJ - Universidade Federal do Rio de Janeiro

**A VEGETAÇÃO NO PROJETO DE ARQUITETURA: REFLEXÕES SOBRE SEU
USO EM CLIMA TROPICAL QUENTE E ÚMIDO**

Júlia Emmerick Seabra

2013

A VEGETAÇÃO NO PROJETO DE ARQUITETURA: REFLEXÕES SOBRE SEU USO EM CLIMA TROPICAL QUENTE E ÚMIDO

Júlia Emmerick Seabra

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Arquitetura, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ciências em Arquitetura, Linha de pesquisa Conforto Ambiental, Eficiência energética e Sustentabilidade.

Orientador(a): Prof. D. Sc. Cláudia Barroso Krause

Rio de Janeiro

Março de 2013

A VEGETAÇÃO NO PROJETO DE ARQUITETURA: REFLEXÕES SOBRE SEU
USO EM CLIMA TROPICAL QUENTE E ÚMIDO

Júlia Emmerick Seabra

Orientador(a): Prof. D. Sc. Cláudia Barroso Krause

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-graduação em Arquitetura, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, da Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ciências em Arquitetura, Linha de Pesquisa Conforto Ambiental, Eficiência Energética e Sustentabilidade.

Aprovada por:

Presidente, Prof. D. Sc. Cláudia Barroso Krause

Prof. D. Sc. Lucia Maria Sá Antunes Costa

Prof. D. Sc. Maria Júlia de Oliveira Santos

Prof. D. Sc. Virginia Maria Nogueira de Vasconcellos

Rio de Janeiro, março de 2013

Ficha Catalográfica

Seabra, Júlia Emmerick

A vegetação no projeto de arquitetura: reflexões sobre seu uso em clima tropical quente e úmido. Júlia Emmerick Seabra; Orientadora: Cláudia Barroso Krause – Rio de Janeiro: UFRJ, Programa de Pós-graduação em Arquitetura, 2012.

xi., 204 f.: il. ; 29,7 cm

1. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-graduação em Arquitetura, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, da Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ.

Inclui referências bibliográficas.

1. Sustentabilidade. 2. Superfícies da edificação 3. Vegetação. 4. Telhados verdes 5. Fachadas verdes I. Barroso-Krause, Cláudia. II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Programa de Pós-graduação em Arquitetura. III. Título.

Rio de Janeiro

Março de 2013

Agradecimentos

À minha orientadora Prof. D. Sc. Cláudia Barroso Krause pela orientação e parceria na realização deste trabalho, e pela amizade acima de tudo.

À minha família, por tudo.

Aos amigos Agnes Karoly, Cláudio Brito, José Neto, Luiz Carlos Tostes, Marina Cortês, Mariana Rocha e Sandro Coutinho, pela ajuda e carinho.

Aos professores que participaram da Comissão Examinadora.

A CAPES pelo apoio concedido através da bolsa de auxílio.

Resumo

A VEGETAÇÃO NO PROJETO DE ARQUITETURA: REFLEXÕES SOBRE SEU USO EM CLIMA TROPICAL QUENTE E ÚMIDO.

Seabra, Júlia Emmerick

Orientador(a): Barroso-Krause, Cláudia.

Resumo da Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-graduação em Arquitetura, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, da Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ciências em Arquitetura.

A integração da vegetação ao ambiente urbano é citada por diversos autores como uma importante estratégia para o alcance do equilíbrio ambiental e sustentabilidade das cidades, podendo ser feita de inúmeras maneiras e escalas. Atualmente observa-se o (re)nascimento de uma nova linguagem arquitetônica devido ao emprego da vegetação como uma das diretrizes de Sustentabilidade no Projeto, sendo este mais efetivo em países com características climáticas, culturais, econômicas, etc., distintas do contexto brasileiro. Portanto, a reflexão que se coloca é: quais devem ser os critérios e requisitos para a aplicação da vegetação em projetos de edificações no clima tropical quente e úmido? O que deve ser considerado pelo arquiteto em cada uma das oportunidades de uso da vegetação nas superfícies construídas? O objetivo desta pesquisa é traçar uma metodologia de orientação quanto às oportunidades para utilização da vegetação em suas diversas formas no projeto arquitetônico em clima tropical quente e úmido, considerando os três principais planos da edificação: piso, parede e cobertura.

Palavras chave

Sustentabilidade. Conforto Ambiental. Eficiência energética. Vegetação. Telhados verdes. Fachadas verdes.

Rio de Janeiro.

Março de 2013.

Abstract

VEGETATION IN THE ARCHITECTURE DESIGN: DISCUSSIONS ON ITS USE IN TROPICAL HOT AND HUMID CLIMATE.

Abstract da Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-graduação em Arquitetura, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, da Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ciências em Arquitetura.

Seabra, Júlia Emmerick

Orientador(a): Barroso-Krause, Cláudia.

Greening the city has been cited by many authors as an important strategy for achieve environmental balance and sustainability, which can be done in several ways and scales. Nowadays, we can see the rising of a new architectural language due to use of vegetation as one of the guidelines of Sustainable Architecture. This is more effective in countries with different characteristics (climatic, cultural, economic, etc.) from Brazilian context. Therefore, some questions remain unanswered: which requirements should be considered for using vegetation on projects in the tropics? What should be considered by the architect in each opportunity to use vegetation on building surfaces? This research aims to delineate a methodology for leading opportunities to use vegetation in several forms in architectural design in tropical hot and humid climate, considering the three main building surfaces: floor, wall and roof.

Key-words

Sustainability. Hygrothermal comfort. Ecoefficiency. Vegetation. Green roofs. Green walls.

Rio de Janeiro.

Março de 2013.

Sumário

Ficha Catalográfica.....	iv
Agradecimentos.....	v
Resumo	vi
Abstract.....	vii
Sumário	viii
Listas de Ilustrações	xi
Lista de Tabelas.....	xvi
Introdução.....	1
Metodologia	6
1. O resgate de uma (maior) integração Natureza-Ambiente Urbano, sob a ótica da Sustentabilidade	7
1.1. O emprego da vegetação no ambiente edificado.....	12
2. Referências históricas e exemplos atuais do emprego da vegetação na edificação	17
2.1. Referências históricas	18
2.2. Exemplos contemporâneos	24
2.2.1. Internacionais	24
2.2.1. Nacionais.....	35
3. Principais vantagens e desvantagens do emprego da vegetação na edificação no clima tropical quente e úmido	48
3.1. A interação das superfícies das edificações com o microclima urbano	48
3.2. Características do clima tropical quente e úmido.....	52
3.3. Vantagens da vegetação no conforto higrotérmico	54
3.4. Vantagens da vegetação no conforto acústico urbano.....	58
3.5. Vantagens da vegetação na qualidade do ar	64
3.6. Demais vantagens ambientais do emprego da vegetação	66
3.7. Principais desvantagens/ problemas do emprego da vegetação.....	72

4. Identificação das oportunidades de emprego da vegetação nos principais planos projetuais da edificação.....	78
4.1. Plano de Piso	86
4.2. Plano de Cobertura.....	89
4.3. Plano de Parede.....	96
5. Diretrizes de reflexão sobre oportunidades de emprego da vegetação na edificação em clima tropical quente e úmido	102
5.1. Implantação.....	102
5.1.1. Plano de Piso	102
5.1.2. Plano de Cobertura.....	104
5.1.3. Plano de Parede.....	104
5.2. Componentes construtivos envolvidos.....	105
5.2.1. Plano de Piso.....	105
5.2.2. Plano de Cobertura	108
5.2.2.1. Sistemas pré fabricados	116
5.2.3. Plano de Parede.....	119
5.3. Especificação de Espécies	122
5.3.1. Em função do tipo de copa ou raízes	123
5.3.2. Em função da produção de flores e frutos, e aspectos como cores e aromas	125
5.3.3. Em função da superfície de aplicação	127
5.3.4. Em função do tipo de solo	129
5.3.5. Em função do clima	129
5.3.6. Em função da necessidade de água.....	131
5.3.7. Em função de questões energéticas.....	131
5.3.8. Algumas espécies utilizadas.....	133
5.4. Considerações ambientais.....	147
5.5. Considerações sócioeconômicas.....	154
5.5.1. Implantação.....	155

5.5.2. Gestão/ Manutenção	158
5.6. O emprego da vegetação na edificação segundo duas Certificações de Qualidade Ambiental	159
5.6.1. O Processo AQUA®	160
5.6.2. O Sistema LEED®	173
6. Protótipo de planilha de auxílio à tomada de decisões projetuais	184
6.1. Cenários de uso da planilha de auxílio à tomada de decisões projetuais apresentada	189
6.1.1. Cenário 1	189
6.1.2. Cenário 2	194
Considerações finais.....	196
Referências bibliográficas	200

Listas de Ilustrações

Figura 1 - Tipos de estratos vegetais e seus planos	4
Figura 2 - California Academy of Sciences, California, EUA – Exemplo de emprego da vegetação no ambiente edificado	13
Figura 3 – Imagem idealizada dos Jardins Suspensos da Babilônia	18
Figura 4 – Imagem dos jardins da casa do governador de Tebas	19
Figura 5 - Mausoléu de Augusto, Roma, Itália	20
Figura 6 - Torre Guinigi, Lucca, Itália	22
Figura 7 - Norwegian Folk Museum, Oslo – Cobertura verde tradicional escandinava	23
Figura 8 – Midway Gardens, Chicago, EUA	25
Figura 9 - Fallingwater, Mill Run, Pensilvânia	25
Figura 10 – Villa Savoye, Poissy, França	26
Figura 11 – Nuova Concordia – Puglia, Itália	28
Figura 12 - Schlumberger Research Laboratories, 1983 - Austin, Texas, EUA	28
Figura 13 - Fukuoka Prefectural International Hall, 1989-95 - Fukuoka, Japão	29
Figura 14 – Mycal Cultural and Athletic Center - Hyogo Prefecture, Japão	31
Figura 15 – Mycal Cultural and Athletic Center - Hyogo Prefecture, Japão	31
Figura 16 – Lucille Halsell Conservatory - San Antonio, Texas, EUA	32
Figura 17 – National Commercial Bank - Jeddah, 1989, do escritório SOM	33
Figura 18 – Edge Spire - Índia, 2008, de Ken Yeang	33
Figura 19 – Eddit Tower - Singapura, de Ken Yeang	34
Figura 20 - Terraço jardim da ABI	37
Figura 21 - Terraço jardim do MEC – Fotografia de Marcel Gautherot, 1950	37
Figura 22 – Jardins do MAM – Rio de Janeiro	38
Figura 23 – Projeto paisagístico da Cidade da Música – Barra da Tijuca, Rio de Janeiro	40
Figura 24 – Colégio Estadual Erich Walter Heine – Santa Cruz, Rio de Janeiro	40
Figura 25 – Procat Petrobrás – Santa Cruz, Rio de Janeiro	41

Figura 26 – Ecohouse Urca, Rio de Janeiro.....	41
Figura 27 – Trelça de suporte da trepadeira – Fachada verde Ecohouse Urca, Rio de Janeiro.....	42
Figura 28 – Detalhe esquemático da ventilação – Fachada verde Ecohouse Urca, Rio de Janeiro.....	42
Figura 29 – Telhado verde - Ecohouse Urca, Rio de Janeiro.....	43
Figura 30 – Loja da C&A – Porto Alegre, RS	44
Figura 31 – Galeria Cosmococas - Museu Inhotim, Minas Gerais.....	45
Figura 32 – Galeria Cosmococas - Museu Inhotim, Minas Gerais.....	45
Figura 33 – Edifício da Prefeitura da cidade de São Paulo	47
Figura 34 – Mapa de Clima do Brasil	53
Figura 35 – Sombreamento do passeio através da arborização	55
Figura 36 – Cobertura e fachada verdes.....	57
Figura 37 – Barreira acústica natural vazada.....	60
Figura 38 – Uso combinado de massa construída e vegetação como barreira acústica ..	61
Figura 39 - ângulo de incidência e distância entre fonte e receptor.....	62
Figura 40 – Espécies arbóreas de grande porte para controle da poluição atmosférica...66	
Figura 41 – Agro-Housing, Wuhan, China.....	68
Figura 42 – Modelo do espaço interior composto por três planos identificáveis - piso, paredes e teto - segundo Ashihara	78
Figura 43 – Vegetação no plano do piso – Jardim externo à edificação –.....	86
Figura 44 – Piso pré-moldado vazado de concreto com grama	87
Figura 45 - Pátio interno com vegetação – Instituto de pesquisas em Wageningen, Holanda	87
Figura 46 – Jardim interno com iluminação zenital – Shopping Fashion Mall, Rio de Janeiro.....	88
Figura 47 – Emprego de diferentes estratos vegetais na cobertura - Residência, São Paulo	90
Figura 48 - Sistema com telhas metálicas e módulos pré-fabricados.....	91

Figura 49 - Módulos pré-fabricados	92
Figura 50 - Cobertura verde intensiva - The Garland Company	93
Figura 51 - Cobertura verde extensiva - School of Art and Design, Singapore.....	94
Figura 52 - Telhado verde plano - Centro de Pesquisas Schlumberger, Ilha do Fundão, .	95
Figura 53 - Fachada verde da <i>Green-side Wall</i> , em Barcelona.....	96
Figura 54 - Exemplo de cerca viva.....	97
Figura 55 - Parede verde em escritório.....	97
Figura 56 – Parede verde – Sistema do tipo separado	99
Figura 57 – Jardineira com espécie do tipo escandente, Niterói - RJ.....	100
Figura 58 - Exemplo de mureta ao redor do tronco.....	103
Figura 59 - Exemplo de detalhe de jardim sobre laje	106
Figura 60 - Exemplo de talude com vegetação	106
Figura 61 - Exemplo de jardim em laje com viga invertida	107
Figura 62 - Esquema de telhado verde plano	110
Figura 63 - Esquema de telhado verde inclinado	111
Figura 64 – Ralo abacaxi.....	111
Figura 65 – Ralo abacaxi sob o teto verde modular apoiado em.....	112
Figura 66 - Exemplo de faixa de brita para resistência ao fogo com tubulação de drenagem	114
Figura 67 - Exemplo de tubulação atravessando a cobertura	115
Figura 68 - Sistema Hexa da Ecotelhado.....	116
Figura 69 - Sistema Hexa da Ecotelhado.....	117
Figura 70 – Sistema Laminar da Ecotelhado	118
Figura 71 – Sistema Tecgarde, da Remaster.....	119
Figura 72 – Três tipos de parede verde – Corte vertical.....	120
Figura 73 – Quatro tipos de parede verde – Corte vertical.....	121
Figura 74 - Tipos de copa - horizontal e vertical.....	124
Figura 75 - Espada de São Jorge / Figura 76 - Onze-horas.....	135

Figura 77 - Palmeira-rápia / Figura 78 - Estrelítzia	135
Figura 79 - Liríope / Figura 80 – Hera-roxa	136
Figura 81 – Carpete dourado / Figura 82 - Bálsamo	137
Figura 83 - Grama esmeralda / Figura 84 - Grama batatais	138
Figura 85 - Grama São Carlos / Figura 86 - Grama Santo Agostinho	139
Figura 87 - Hera / Figura 88 – Hera japonesa	140
Figura 89 – Papo de peru / Figura 90 - Glicínia	141
Figura 91 – Azulzinha / Figura 92 - Alamanda	141
Figura 93 – Modificações da corrente de ar produzidas pela vegetação	149
Figura 94 – Efeito dos arbustos sobre o fluxo de ar interno	149
Figura 95 - 14 Categorias de preocupação do Processo AQUA®	160
Figura 96 - Cobertura combinando material com alto albedo e vegetação	176
Figura 97 - Planilha de auxílio ao processo de projeto - 1ª Etapa	185
Figura 98 - Planilha de auxílio ao processo de projeto - 2ª etapa	185
Figura 99 - Planilha de auxílio ao processo de projeto - 3ª etapa	186
Figura 100 - Planilha de auxílio ao processo de projeto - 4ª etapa	187
Figura 101 - Planilha de auxílio ao processo de projeto - 5ª etapa	187
Figura 102 - Planilha de auxílio ao processo de projeto - 6ª etapa	188
Figura 103 – Aba “Banco de Dados – Vantagens”	189
Figura 104 – Aba “Banco de Dados – Desvantagens”	189
Figura 105 – Cenário 1 – 1ª etapa	190
Figura 106 – Cenário 1 – 2ª etapa	191
Figura 107 – Cenário 1 – 3ª etapa	191
Figura 108 – Cenário 1 – 4ª etapa	192
Figura 109 – Cenário 1 – 5ª etapa	192
Figura 110 – Cenário 1 – 5ª etapa	193
Figura 111 – Cenário 1 – 6ª etapa	193
Figura 112 – Cenário 2 – Utilizando o Banco de Dados de Vantagens	194

Figura 113 – Cenário 2 – 1ª etapa195

Lista de Tabelas

Tabela 1- Propriedades de materiais – albedo, emissividade e efusividade.....	51
Tabela 2 – Coeficientes de absorção sonora de materiais utilizados em coberturas verdes	63
Tabela 3 – Principais vantagens relacionadas na pesquisa x Superfícies possíveis de emprego da vegetação	71
Tabela 4 – Principais desvantagens/ problemas relacionados na pesquisa X Superfícies possíveis de emprego da vegetação.....	76
Tabela 5 – Representação dos planos identificáveis - piso, parede e teto - segundo Abbud	79
Tabela 6 - Diferenciação entre os planos objetivo e implantação.....	81
Tabela 7 – Resumo das classificações de emprego da vegetação de acordo com os diversos autores	84
Tabela 8 – Estruturas visuais possíveis de diferentes espécies de árvores	85
Tabela 9 – Oportunidades de emprego da vegetação no plano do piso.....	89
Tabela 10 – Oportunidades de emprego da vegetação no plano da cobertura	95
Tabela 11 – Denominação dos sistemas para emprego da vegetação em superfícies verticais de acordo com diferentes autores.....	99
Tabela 12 – Oportunidades de emprego da vegetação no plano da parede	101
Tabela 13 - Algumas espécies de plantas utilizadas em clima tropical quente e úmido .	146
Tabela 14 – Categorias do Processo AQUA® relacionadas ao emprego da vegetação no projeto X Superfícies de aplicação.....	169
Tabela 15 – Relação das principais vantagens catalogadas na pesquisa com os critérios do Processo AQUA® relacionados ao emprego da vegetação no projeto.....	172
Tabela 16 – Relação critérios do Sistema LEED® relacionados ao emprego da vegetação no projeto X Superfícies de aplicação.....	178
Tabela 17 – Relação das principais vantagens catalogadas na pesquisa com os critérios do Sistema LEED® relacionados ao emprego da vegetação no projeto.....	181

Introdução

A qualidade de vida do indivíduo está diretamente relacionada, entre outros fatores, à qualidade ambiental do meio onde vive. No início do século XX, apenas 14% da população mundial morava nas cidades. No começo do século atual, esta proporção se alterou radicalmente: hoje metade da população mundial já habita o meio urbano. Na Europa, isso corresponde a aproximadamente 70% da população, e de acordo com o Banco Mundial, nos países em desenvolvimento, 80% da população também viverá nas cidades até 2025. Ou seja, para esta parcela da população, a qualidade de vida depende necessariamente da qualidade do meio urbano (GAUZIN-MÜLLER, 2011).

No panorama atual, o meio urbano, principalmente em zonas densamente construídas, é caracterizado pela urbanização descontrolada, altos índices de poluição do ar, sonora e visual, ilhas de calor, redução da biodiversidade, dentre outras questões, muitas das quais relacionadas à substituição de áreas verdes por superfícies impermeabilizadas.

Uma das consequências observadas (por exemplo) é o aquecimento excessivo da atmosfera das zonas urbanas em relação à sua periferia: nas noites de verão podem ser observadas, nos centros de algumas grandes cidades, temperaturas do ar de 4° a 11°C mais altas do que nos subúrbios (MINKE, 2005). Isto acontece porque, enquanto a paisagem rural se caracteriza pela presença frequente de vegetação, além da permeabilidade do solo e baixa densidade construída, na paisagem urbana acontece o oposto: superfícies impermeáveis, pavimentadas por materiais como concreto, asfalto e pedra, absorvem e armazenam mais rapidamente a radiação solar direta e refletida, aumentando a temperatura do ar e a sensação de desconforto térmico da população.

Além disso, por vezes, no meio urbano, devido aos altos índices de poluição do ar, parte da radiação solar incidente é absorvida pela própria atmosfera, dentro da sua camada limite. A contribuição ao aumento da temperatura pela radiação difusa é ampliada. Ou seja, no meio urbano, as relações de troca de radiação solar são bastante alteradas em relação às áreas rurais.

O aumento da presença da vegetação no ambiente urbano pode contribuir para a diminuição destes problemas, através da redução das superfícies impermeáveis – e suas consequências positivas - e do sequestro do dióxido de carbono.

Em cidades tropicais, sempre que possível, deve-se revestir as superfícies com elementos vegetais em substituição a qualquer outro tipo de revestimento, além de se manter a cobertura vegetal natural do terreno, uma vez que esta tende a minorar as

temperaturas extremas e estabilizar as condições climáticas locais (VASCONCELLOS, 2006).

No entanto, o que se observa atualmente nas grandes cidades é o oposto: a substituição da cobertura vegetal natural por superfícies construídas pavimentadas, impermeáveis. Estes fatores relacionados são citados por diversos autores como uma das principais consequências negativas do crescimento desordenado das cidades.

Desta forma, conclui-se que a integração da vegetação ao ambiente urbano é uma importante estratégia para o reequilíbrio climático e para a contribuição à Sustentabilidade.

Esta integração pode ser feita de diversas formas, seja através da arborização urbana, promovendo o sombreamento, seja através do emprego da vegetação em superfícies da edificação¹, permitindo uma maior área para absorção da radiação solar e consequentemente uma menor reflexão sobre o meio.

Neste contexto, podem ser observados atualmente diversos projetos que se valem do emprego da vegetação como uma das diretrizes de sustentabilidade no projeto, resultando no (re)nascimento de uma nova linguagem arquitetônica.

O que se percebe, entretanto, é que o uso da vegetação na edificação e no meio urbano tem sido mais efetivo em países com características climáticas, ambientais, culturais, socioeconômicas, etc., distintas de parte do contexto brasileiro, o que faz com que surjam algumas questões referentes à quais devem ser os requisitos significativos de projeto para a utilização da vegetação em projetos de edificações em clima tropical quente e úmido? Quais são as oportunidades de se integrar a vegetação à edificação? O que deve ser considerado pelo arquiteto em cada uma delas? Quais suas vantagens e desvantagens?

A partir destas questões, o objetivo geral desta pesquisa é reunir diretrizes de reflexão para a identificação de oportunidades para utilização da vegetação no projeto arquitetônico considerando os três principais planos da edificação²: piso, cobertura e parede, além dos requisitos para sua aplicação em clima tropical quente e úmido. Para tal, realiza-se uma revisão bibliográfica das principais soluções projetuais relativas ao emprego da vegetação integrada à edificação, muitas das quais já conhecidas por profissionais atuantes

¹ Corrêa (in ROMERO, 2009) relaciona ainda outras formas de utilização da vegetação no meio urbano com o objetivo de proporcionar nova forma ou função para determinada área, como na estabilização de terrenos, contenção de taludes, contenção da invasão de terras, estabelecimento de corredores ecológicos, entre outros. Estas formas de emprego da vegetação, apesar de possuírem seus méritos em relação à contribuição para a formação de um ambiente urbano mais sustentável, não serão abordadas por não se tratarem de formas de utilização da vegetação integradas à edificação.

² Utiliza-se o termo "principais planos da edificação", pois não se pretende limitar, nesta pesquisa, a classificação de planos em piso, parede e cobertura em superfícies paralelas ou ortogonais. Ou seja, existindo no projeto um quarto plano, inclinado, caberá ao autor do projeto a sua classificação em piso, parede ou cobertura para análise dos requisitos a serem considerados no projeto para emprego da vegetação.

na área da arquitetura paisagística, mas que serão de fundamental importância para a catalogação de diretrizes de reflexão para o arquiteto que deseje empregar a vegetação em um dos planos da edificação e que para isso, possa obter informações a respeito de requisitos a serem considerados no projeto arquitetônico através de uma planilha que será resultado desta pesquisa.

Optou-se por analisar somente as formas de integração da vegetação ao ambiente urbano diretamente relacionadas ao projeto arquitetônico, ou de alguma forma, relacionadas aos chamados “planos da edificação”, e se serve, para tal, da classificação em planos feita por Ashihara (1981:3 *in* VASCONCELLOS, 2006) e Abbud (2006), já a partir do Capítulo 2.

Para Ashihara (1981:3 *in* VASCONCELLOS, 2006), a Natureza é um espaço que se estende indefinidamente, e a noção de espaço externo é criada ao se delimitar a Natureza. Este espaço gerado - fragmento da Natureza - é formado, sobretudo, por dois planos distintos: piso e paredes (que inclui o conjunto de elevações e planos verticais), com pequenas variações. O espaço interior, ao contrário, apresentaria segundo o autor três planos: piso, paredes e teto. Eventualmente, os espaços externos também podem apresentar um terceiro plano (teto), que pode ser composto tanto pelas coberturas naturais - copas de árvores, por exemplo - quanto construídas. Sua presença se torna fundamental para o conforto ambiental em cidades de clima tropical quente e úmido.

Já segundo Abbud (2006), o estrato³ de forração equivale ao plano do piso, e é constituído pelos gramados ou plantas rasteiras. O estrato arbustivo corresponde ao plano de parede, e pode ser formado por arbustos baixos, médios ou altos e por algumas árvores que funcionam como muros vegetais. Já o estrato arbóreo equivale, segundo o autor, ao plano de teto, e é desenhado pela superfície inferior das copas das árvores (Figura 1).

³ Existem três tipos de estratos vegetais: arbóreo, arbustivo e forração (ABBUD, 2006).

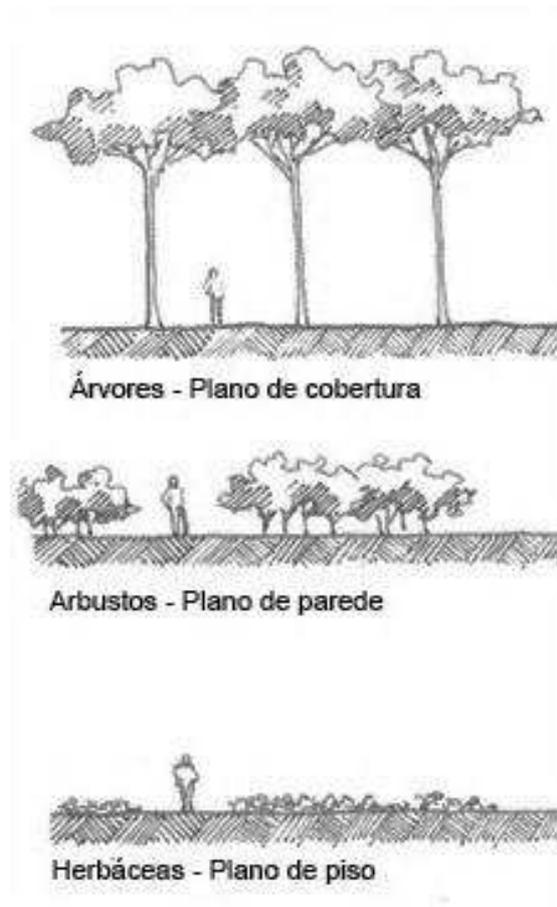


Figura 1 - Tipos de estratos vegetais e seus planos
Fonte: Abbud (2006), adaptado pela autora

Esta classificação em planos possibilita a relação dos principais dados referentes ao emprego da vegetação no clima tropical quente e úmido em função da superfície em que esta é utilizada, conforme será aprofundado no Capítulo 4.

Assim, esta pesquisa justifica-se como contribuição aos estudos dos efeitos da vegetação como elemento para controle do microclima das cidades e conforto higrotérmico das edificações, através de sua integração às superfícies e entorno dos edifícios.

Justifica-se também pela contribuição oferecida à discussão sobre os mais adequados instrumentos para projeto de edificações sustentáveis e ao estudo de técnicas e materiais empregados visando à sustentabilidade, sejam estas técnicas vernáculas, que vêm sendo resgatadas nos últimos anos, sejam inovações ou evoluções de técnicas históricas que vêm proporcionando novas formas de se integrar a vegetação à edificação.

No primeiro capítulo, trata-se do resgate de uma maior integração da Natureza com o ambiente urbano e construído dentro do contexto da sustentabilidade e sobre a

importância da integração da vegetação ao ambiente construído, buscando ressaltar a relevância do tema proposto.

No segundo capítulo, em um recorte no campo da Arquitetura, são ilustrados exemplos históricos de utilização da vegetação no projeto arquitetônico, além de exemplos atuais significativos que resgatem esta integração.

O terceiro capítulo da pesquisa apresenta as principais vantagens e desvantagens de seu uso observadas para o clima tropical quente e úmido em meio urbano, com o objetivo de compreender suas consequências e identificar possíveis dificuldades enfrentadas na sua integração à concepção arquitetônica. Foi realizada uma revisão bibliográfica a partir dos conceitos de autores como Yeang (1999), Minke (2005), Corbella & Yannas (2009), Mascaró & Mascaró (2009, 2010), Gauzin-Müller (2011), Ottelé (2011), entre outros.

O quarto capítulo busca elencar as diferentes formas de integração da vegetação aos planos e elementos projetuais da edificação.

No quinto capítulo, são construídas, a partir das inter-relações observadas, diretrizes de reflexão para os arquitetos sobre as melhores oportunidades de uso da vegetação na edificação em clima tropical quente e úmido, considerando suas questões ambientais, econômicas e sociais, à luz dos escritos de autores como Minke (2005), Abbud (2006), Heneine (2008), Loh (2008), Mascaró & Mascaró (2009,2010), Ottelé (2011), Perini (2011), etc.

Já no 6º capítulo, como resultado final, apresenta-se uma planilha eletrônica onde o usuário pode selecionar a superfície à qual a vegetação será aplicada, e a partir daí obter informações referentes às mais prováveis vantagens, desvantagens, critérios para implantação, gestão e manutenção, espécies adequadas, etc., auxiliando o processo de projeto.

Por fim, são apresentadas as conclusões referentes ao tema estudado e propostas de continuidade ao tema.

Metodologia

Para a elaboração desta pesquisa utiliza-se o método indutivo, que considera que o conhecimento é fundamentado na experiência e no qual as constatações particulares levam à possibilidade de elaboração de generalizações, associado ao método dedutivo, que chega a uma conclusão da análise do geral para o particular, de forma a se ampliarem as possibilidades de análise e obtenção de respostas para o problema proposto na pesquisa (SILVA & MENEZES, 2001).

Em função de seus objetivos, de acordo com Gil (1991 *in* SILVA & MENEZES, 2001), esta pesquisa se classifica como exploratória, ou seja, tem como finalidade proporcionar maior familiaridade com o tema, através de levantamento bibliográfico, entrevistas com pessoas que tiveram experiências práticas com a questão pesquisada e análise de exemplos que estimulem a compreensão.

Primeiramente, realizou-se uma revisão bibliográfica e documental sobre o tema proposto. Foi pesquisado o que já foi publicado sobre o assunto e os aspectos já abordados, com o objetivo de determinar o “estado da arte” e servir como uma revisão teórica sobre o tema. Foram levantadas literaturas específicas, dissertações, teses, artigos, leis, normas, recomendações e projetos que exploram a utilização da vegetação no projeto arquitetônico.

Também foram pesquisados projetos realizados, nacionais ou internacionais, que abordem os aspectos relacionados à utilização da vegetação no projeto arquitetônico para servir como subsídio e exemplo para a pesquisa teórica efetuada.

Posteriormente realizou-se a organização dos dados obtidos com a pesquisa bibliográfica em uma planilha eletrônica, desenvolvida como resultado da pesquisa.

Por último, foi realizada a análise dos resultados obtidos e conclusão referente à pesquisa, avaliando se os objetivos iniciais foram atingidos e qual a contribuição da pesquisa para o meio acadêmico.

1. O resgate de uma (maior) integração Natureza-Ambiente Urbano, sob a ótica da Sustentabilidade

As inovações tecnológicas ocasionadas pela Revolução Industrial foram um dos fatores que possibilitaram a Arquitetura do Movimento Moderno, incorporando os avanços proporcionados pelo desenvolvimento da indústria, e, paralelamente, iniciando um movimento de distanciamento com a história, com o antigo, voltado para as possibilidades oferecidas pela criação de novas técnicas construtivas e novos materiais. Nesbitt (2006) observa que, com os avanços tecnológicos da Revolução Industrial, diminuiu-se a necessidade da luta do homem pela sobrevivência, e o desafio para a humanidade deixou de ser o domínio da Natureza⁴ para ser, então, o domínio da tecnologia. Porém, foi justamente o progresso da tecnologia, ou talvez, a falta de percepção sobre a extensão de suas consequências, que instalou no mundo uma crise ambiental.

A aceleração da industrialização, além de condicionar a evolução da arquitetura moderna, possibilitou também a rápida urbanização das cidades. Ao crescimento vertical das edificações veio somar-se o crescimento horizontal desordenado do meio urbano e estas transformações geraram como consequências (no enfoque desta pesquisa) a crescente redução de áreas verdes, a piora da qualidade do ar e das águas, a poluição gerada pelos meios de transporte e indústrias, entre outros.

Entretanto, na década de 60, as objeções à ideologia do movimento moderno resultaram no denominado Movimento Pós-moderno, um período marcado pelo pluralismo, porém com uma característica em comum: a vontade de ultrapassar os limites da teoria modernista. A publicação de uma série de revistas, artigos, produções teóricas, comprova esta crise da Arquitetura Moderna e a formação de uma Teoria Pós-Moderna marcada por uma variedade de paradigmas, muitas vezes contraditórios, porém com questões em comum (NESBITT, 2006).

Uma destas questões é o tema da Sustentabilidade, que propõe, no setor da Arquitetura, uma mudança de padrões na relação entre o projeto e o meio ambiente, a preocupação com os impactos ambientais ocasionados pela construção, a defesa da conservação da herança cultural e ambiental para as futuras gerações, e o comprometimento com a melhoria da qualidade de vida da população. “O movimento da ‘sustentabilidade’ apoia-se na noção fenomenológica de que uma relação com a Natureza é

⁴ O termo Natureza, nesta pesquisa, está sendo utilizado em seu sentido mais amplo, representando o mundo natural.

essencial para a plena realização das potencialidades humanas no planeta.” (NESBITT, 2006, p. 74)

Desta forma, a preocupação ambiental que passou a vigorar a partir da década de 60 e as oposições à ideologia modernista geraram reflexos na Arquitetura do período pós-moderno. A tomada de consciência sobre os impactos causados pela construção civil no meio ambiente vem, desde então, influenciando a produção arquitetônica e transformando a relação entre a arquitetura e o meio ambiente.

Paralelamente a esta crise ideológica do Movimento Moderno, em 1962, foi publicado o livro *Silent spring*, no qual Rachel Carson⁵ difundia sua preocupação com o meio ambiente devido aos efeitos dos pesticidas, resíduos industriais e a poluição do ar. Este se tornou um dos principais pontos que motivaram o movimento ambiental que se seguiu. No final desta mesma década, Paul Erlich⁶ lançou o documento *The population bomb*, alertando para o crescimento exponencial da população no Planeta. E ainda, em 1972 é lançado pelo Clube de Roma o relatório *Limites do crescimento*, que alertava sobre o esgotamento iminente dos recursos naturais e pregava o “crescimento zero” (WINES, 2000).

Estes são apenas alguns motes que ilustram o início da preocupação em nível global com os impactos causados pelas ações do homem sobre o meio ambiente. Porém, o catalizador que talvez tenha implicado em uma maior tomada de consciência sobre os limites dos recursos naturais foi, na década de 70, a crise do petróleo e suas consequências, tanto econômicas quanto filosóficas, que resultaram em um aumento considerável na procura por fontes de energia alternativas e, quando possível, renováveis.

Dentro deste contexto, ganhou força na Arquitetura um movimento que buscava recuperar o rompimento com a História e com os saberes vernaculares, estabelecido pela Arquitetura Moderna. Este movimento se iniciou com a Arquitetura Solar, que buscava o aproveitamento da energia solar e da iluminação natural, como forma de reduzir a dependência das fontes de energia não renováveis.

A evolução desta Arquitetura levou ao desenvolvimento, na década de 80, da Arquitetura Bioclimática, que preconizava uma abordagem mais abrangente das relações entre o clima e a edificação, e tinha como objetivo a valorização dos recursos naturais e a

⁵ Rachel Carson foi uma zoóloga, bióloga e escritora americana, cujo trabalho principal, *Silent Spring*, é geralmente reconhecido como o principal impulsionador do movimento global sobre o Ambiente (Disponível em: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Rachel_Carson> Acesso em: 12 maio 2012).

⁶ Paul Erlich é um biólogo e professor americano, conhecido por suas previsões sobre o crescimento da população e limitação de recursos (Disponível em: <http://en.wikipedia.org/wiki/Paul_R._Ehrlich> Acesso em: 12 maio 2012).

economia energética através da consideração do entorno e do microclima local no projeto arquitetônico, face às necessidades de uso da edificação.

Segundo Yeang (2001), o projeto bioclimático não seria inteiramente um projeto ecológico, mas uma fase intermediária no desenvolvimento da Arquitetura para esta direção.

Antecipando os dias atuais, em 1987, foi publicado o *Relatório Our Common Future*, ou *Relatório Brundtland*, elaborado pela Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, criada pela Organização das Nações Unidas (ONU) e presidida pela então Ministra de Meio Ambiente da Noruega, Gro Harlem Brundtland. Este documento definiu o termo “Desenvolvimento Sustentável” como aquele que “satisfaz as necessidades presentes, sem comprometer a capacidade das gerações futuras de suprir suas próprias necessidades”, tal como é hoje mais conhecido (LITCHTENBERG, 2006). O termo, entretanto, foi consagrado somente na Rio 92 ou Eco 92, como ficou conhecida a Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e o Desenvolvimento (CNUMAD), realizada no Rio de Janeiro em 1992⁷. Um dos principais resultados desta Conferência foi o documento Agenda 21 Global, cujo objetivo era buscar formas de conciliar métodos de proteção ambiental, justiça social e eficiência econômica. Este documento recomenda que todos os países elaborem estratégias nacionais para o desenvolvimento sustentável. Agenda 21 Brasileira foi lançada em 2002, descrevendo políticas, recomendações de ações e medidas (inclusive legais e institucionais), que extrapolam a preocupação com a dimensão eminentemente ambiental.

Assim, a partir da década de 90 – e em decorrência dos acontecimentos citados - este movimento se amplia e surge a chamada Arquitetura Ecológica, que depois se desenvolveu para a Arquitetura Ecoeficiente. Para Di Trapano (2008), este movimento se diferencia das conceituações anteriores, que priorizavam apenas aspectos ambientais e relacionados ao conforto ambiental, pois determina construir em harmonia com o Meio Ambiente, com mínimos impactos ambientais e com a redução do consumo de recursos energéticos não renováveis, provendo, além disso, qualidade de vida para a população envolvida.

⁷ Em junho de 2012, vinte anos após a realização da Rio 92, e 10 anos após a realização da Cúpula Mundial sobre Desenvolvimento Sustentável, que ocorreu em Johannesburgo em 2002, foi realizada, no Brasil, a Rio+20 - Conferência das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Sustentável. O objetivo desta Conferência foi renovar o comprometimento político com o desenvolvimento sustentável, avaliar o progresso feito até o momento e as lacunas ainda existentes na implementação dos resultados dos principais encontros, além de abordar os novos desafios emergentes.

Segundo Wines (2000), alguns dos requisitos desta Arquitetura Ecoeficiente são: a concepção de edifícios de escala modesta, o uso de materiais renováveis e recicláveis, o uso de materiais com baixa energia incorporada⁸, o uso de madeira certificada ou de reflorestamento, o aproveitamento de água da chuva, a concepção de edifícios visando baixo custo de manutenção, o aproveitamento/ *retrofit* de edifícios existentes, a redução da emissão de gases causadores do efeito estufa, a eficiência energética das edificações e a correta orientação para aproveitamento da energia solar, o acesso a transporte público, e a preservação do meio ambiente. Este último seria, segundo o autor, um dos seus principais requisitos, já que a ausência de espaços verdes, nos grandes centros urbanos, é um dos motivos centrais dos altos custos com saúde pública e estresse mental da população.

Mais recentemente esta arquitetura vem evoluindo para o que se convencionou chamar de Arquitetura Sustentável, que associaria as questões inerentes a Ecoeficiência e ao conceito de Desenvolvimento Sustentável à Arquitetura. As preocupações, inicialmente com grande ênfase na eficiência energética (por exemplo), foram ganhando dimensões mais amplas, até evoluir para um conceito holístico que abrange desde questões sociais e valores culturais envolvidos até o contexto econômico e a preservação ambiental. A concepção do projeto arquitetônico sustentável demanda, assim, além das exigências habituais de um projeto de arquitetura, o atendimento aos requisitos da Sustentabilidade.

O arquiteto William McDonough, considerado por Nesbitt (2006) como um intérprete contemporâneo da abordagem sustentável de projeto, considera a Natureza como a fonte primordial de sustento da vida humana, e lembra que a mesma vem sendo degradada em função das ações dos próprios humanos. Para o arquiteto, as soluções para os problemas ambientais somente serão encontradas quando a Humanidade deixar de tentar dominar a Natureza e passar a encará-la como um modelo.

Nas diretrizes para a elaboração de projetos sustentáveis elaboradas pelo arquiteto no documento intitulado *Princípios de Hannover*, as primeiras recomendações, dentre várias, referem-se à relação da Humanidade com o ambiente natural e a proteção dos ecossistemas:

⁸ “A energia incorporada descreve a quantidade de energia usada para produzir um objeto” (ROAF, 2006).

1. Insistir no direito da Humanidade e da Natureza de coexistir em condições sustentáveis, diversas, saudáveis e de ajuda mútua.
2. Reconhecer a interdependência entre os projetos humanos, o mundo natural e sua dependência deste, com as mais amplas e diversas implicações em todas as escalas. Estender a reflexão sobre os projetos humanos ao reconhecimento dos seus efeitos mais distantes [...] (NESBITT, 2006, p.439)

No início dos anos 90, o *Ökologischer Stadtumbau* (Reestruturação urbana ecológica), resultado de um projeto internacional elaborado por Eckart Hahn⁹, também definiu elementos a serem considerados para um desenvolvimento urbano sustentável, relacionando oito diretrizes: ética e respeito ao ser humano, participação e democratização, organização em redes, uso misto e densidade urbana controlada, respeito ao *genius loci* (o espírito do lugar), ecologia e economia, cooperação internacional e o retorno à Natureza e às experiências sensoriais (GAUZIN-MÜLLER, 2011).

Outro arquiteto e teórico contemporâneo, Tadao Ando, também considera que a relação com a Natureza é fundamental para o enriquecimento da experiência humana. O trabalho do arquiteto demonstra as diferenças da cultura japonesa no tratamento da Natureza quando comparada à cultura ocidental. A cultura japonesa busca diminuir a fronteira física entre a construção e a Natureza circundante, e desta forma, adquire um limiar espiritual e uma permeabilidade, onde não há uma diferenciação clara entre interior e exterior. Para Ando, a arquitetura contemporânea deve possibilitar ao usuário sentir a presença da Natureza. “Quando a água, o vento, a luz, a chuva e outros elementos naturais são abstraídos da arquitetura, esta se transforma em um lugar no qual as pessoas e a Natureza se defrontam em permanente estado de tensão.” (ANDO, 1991 *in* NESBITT, 2006, p. 497).

Para Pearson (2005), uma das formas de viver em harmonia com a Natureza é observar o modo como se vive, e o meio ambiente em que se vive, como uma parte integral de um ecossistema. Trata-se de ver o próprio habitat não somente como um lugar onde os seres humanos vivem, mas um lugar onde vivem em parceria com outras espécies. A Natureza é feita de ecossistemas interdependentes, interconectados, autorreguladores, regenerativos e sustentáveis. Todos os processos naturais que ocorrem dentro destes

⁹ Ekhart Hahn é visto como um dos pioneiros do planejamento urbano e regional ecológico, temas que tem sido o foco de suas atividades profissionais desde 1975. É professor de Planejamento Urbano e Regional Ecológico na Faculty of Spatial Planning da Universidade de Dortmund desde 1998 (Disponível em: <http://www.oeko-city.de/index_en.htm> Acesso em: 03 mar 2013).

ecossistemas fazem parte de um ciclo ecológico, onde os resíduos de um componente se tornam a matéria-prima do próximo. E como os ecossistemas naturais são inter-relacionados, qualquer mudança em uma parte pode influenciar o sistema em outro lugar, mesmo que distante. Segundo o autor, a necessidade da arquitetura estar em harmonia com a Natureza não é meramente sentimental ou nostálgica. É uma necessidade de fazer parte do ecossistema, viver de acordo com ele e ser inspirado pelos seus processos. O homem e suas habitações fazem parte deste ecossistema e, portanto, têm direito de estar nele, porém respeitando seus limites. Sendo que para o autor estes limites foram há muito tempo ultrapassados.

McHarg (2000, p.23 e 25 *in* RIBEIRO, 2010, pg. 25) também afirma que “o crescimento é inevitável, porém o desenvolvimento não implica destruição”. Segundo o autor, o reequilíbrio do homem com a Natureza é possível, e deve ser o resultado da compreensão do ambiente natural e de seus processos, pois o homem e a Natureza são indivisíveis.

Da mesma forma, para Mascaró & Mascaró (2010), as formas que compõem a paisagem, a Natureza, deveriam ser aproveitadas para criar uma continuidade entre o espaço natural e o construído, permitindo que a cidade se inscreva com facilidade no meio natural, produzindo assim uma transição gradual do puramente construído, do artificial, para o natural através de matizes da paisagem.

Ou seja, o resgate de uma maior integração da Natureza com o ambiente urbano tem sido citado por diversos autores como um dos requisitos para a concepção de um ambiente urbano mais sustentável. E o termo “Natureza” compreende uma série de elementos, tais como água, luz, vento, e, igualmente, a vegetação.

Neste contexto, será dado enfoque ao elemento vegetação na escala do edifício e entorno próximo, baseado na ideia de se ampliar as áreas verdes nas grandes cidades, não desmerecendo, entretanto os demais elementos da Natureza que também trazem benefícios às edificações e seus usuários, e contribuem para a formação de um ambiente urbano mais sustentável.

1.1. O emprego da vegetação no ambiente edificado

Apesar da importância da presença da vegetação para a concepção de um ambiente urbano mais sustentável, hoje é notável a escassez de solo urbano disponível

para a implantação de novos jardins ou parques nas grandes cidades. As superfícies construídas e frequentemente impermeáveis ocupam as últimas áreas livres que poderiam ser encontradas dentro do perímetro urbano. Cada vez mais, áreas verdes vêm desaparecendo devido ao crescente valor do solo urbanizável e as grandes superfícies impermeabilizadas levam a um aquecimento excessivo das cidades.

Em contraponto, alguns arquitetos vêm valorizando este tema no projeto de arquitetura através da forte integração da vegetação com a edificação e sua utilização de forma que se assemelhe a um dos materiais utilizados na construção, permitindo a transição gradual do ambiente natural para o ambiente construído, como apresentado pelos teóricos, além de proporcionar uma série de vantagens relacionadas à melhoria do conforto térmico, acústico, da qualidade do ar, e ao controle do microclima das cidades, entre outros. O prédio da *California Academy of Sciences*, no *San Francisco Golden Gate Park* (Figura 2), por exemplo, possui um telhado verde de 10.000m², projetado pelo arquiteto Renzo Piano, que, permite uma transição amena da paisagem arbórea do entorno e conecta o edifício com o Parque, absorve 98% da água da chuva incidente por ano (o que equivale a 14 milhões de litros). Combinadas ao teto verde foram utilizadas na cobertura células fotovoltaicas que produzem 10% da energia necessária para o edifício, e, assim, o consumo energético do museu é 35% menor do que o prescrito pelas leis locais (ARCHDAILY, 2013).



Figura 2 - California Academy of Sciences, California, EUA – Exemplo de emprego da vegetação no ambiente edificado
Foto: Cláudia Krause

Este emprego da vegetação no meio urbano traz vantagens distintas à qualidade do espaço construído e seus usuários, podendo envolver as principais questões que compreendem o conceito já visto de Desenvolvimento Sustentável. Embora existam

controvérsias e sugestões distintas sobre as dimensões que se relacionam com a Sustentabilidade de acordo com diferentes autores, pode-se fazer uma análise inicial a partir destas cinco relacionadas por Sachs (1997 *in* BELLEN, 2007): geográfica, cultural, ecológica, social e econômica.

Para este autor, a sustentabilidade geográfica¹⁰ pode ser alcançada por meio de uma melhor distribuição dos assentamentos humanos e das atividades econômicas. Deve-se também procurar uma configuração rural-urbana mais adequada para proteger a diversidade biológica, além de se buscar melhorar a qualidade de vida das pessoas.

A sustentabilidade cultural, para Sachs (1997 *in* BELLEN, 2007), é a mais difícil de ser concretizada, e está relacionada ao não rompimento da identidade cultural dentro de contextos espaciais específicos. Esta dimensão é muito relacionada ao processo criativo projetual do arquiteto. Segundo Tardin & Costa (2010), no campo da arquitetura paisagística, a eficiência do projeto e estratégias de planejamento da paisagem sustentável se baseia em práticas e crenças culturais, que relacionam cultura, natureza e paisagem, ou, em outras palavras, devem estar ligadas à prática diária da população local, a fim de ser eficaz.

Já a dimensão ecológica ou ambiental, relaciona-se com os impactos das atividades humanas sobre o meio ambiente (RUTHERFOR, 1997 *in* BELLEN, 2007). Para Bellen (2007), a sustentabilidade ecológica significa manter a deterioração dos recursos do ecossistema a um nível mínimo, e ampliar a capacidade de utilização de seu potencial existente.

A perspectiva social enfatiza a presença do ser humano na ecosfera, e sua preocupação maior é com o bem estar, com a condição humana e os meios utilizados para aumentar a qualidade de vida.

Por último, a sustentabilidade econômica, engloba a alocação e distribuição eficientes dos recursos naturais dentro de uma escala apropriada, e vê o mundo em termos de capitais, seja este capital monetário ou econômico, ou ambiental/ natural e humano/ social (BELLEN, 2007).

Do ponto de vista do uso da vegetação na arquitetura, constantemente são as questões ecológicas (ou ambientais) e econômicas as mais destacadas. Seu emprego

¹⁰ A questão geográfica está relacionada ao contexto espacial ao qual a obra está inserida, porém a distribuição dos assentamentos e a configuração rural-urbana adequada não estão sendo considerados nesta pesquisa por se tratar de um recorte centrado na edificação em si, e nas oportunidades de emprego da vegetação em suas principais superfícies (Sachs, 1997 *in* BELLEN, 2007).

permite transformar espaços urbanos e edifícios em corredores verdes, melhorar o microclima local, retardar o retorno da água da chuva à rede urbana, absorver a radiação solar que incide nas superfícies construídas, melhorar a eficiência energética das edificações, entre outras vantagens, amenizando os impactos do crescimento urbano exacerbado e contribuindo para o alcance de um ambiente mais sustentável.

No entanto as questões sociais não são menos relevantes e podem ser encontradas nos escritos de diversos teóricos. Como exemplos podem ser citados a melhoria da qualidade de vida, uma maior integração do cidadão com a Natureza, e o equilíbrio físico e psicológico dos habitantes (MASCARÓ & MASCARÓ, 2010; GAUZIN-MÜLLER, 2011).

Mas são as dimensões geográficas e culturais, diretamente relacionadas ao contexto ao qual o projeto está inserido, que fazem parte das premissas preliminares de concepção inicial do projeto de arquitetura. Sabe-se, que a presença da vegetação na edificação, por si só, não é sinônimo de um projeto sustentável. Para Di Trapano (2008), muitas vezes, a intenção de passar uma imagem ecológica do edifício faz com que sejam utilizadas “roupagens verdes”, com o emprego de vegetação ou materiais rústicos, por exemplo. Muitas vezes estas “roupagens” contribuem realmente para o desenvolvimento de construções mais ecológicas, porém outras, não se justificam econômica ou culturalmente em determinado contexto. Isto porque os requisitos para a concepção de uma edificação sustentável variam de acordo com as características do local. Ou seja, uma imagem externa que represente a ideia de um edifício verde pode não corresponder a uma efetiva sustentabilidade caso não tenham sido considerados os requisitos adequados àquele contexto e local.

De toda forma, a preocupação com os problemas ambientais que vigora atualmente no mundo tem possibilitado o surgimento de novas expressões na Arquitetura. Na maior parte dos exemplos que serão citados a seguir, a vegetação é apenas um dos aspectos que tornam o edifício e seu entorno mais sustentável. O que se pretende mostrar é que a consideração de requisitos de Sustentabilidade no projeto, seja através da utilização de materiais ecológicos, de dispositivos tecnológicos ou do emprego da vegetação na edificação, tem gerado reflexos na produção arquitetônica contemporânea. Estes reflexos ocorrem de maneiras diversificadas em países com diferentes níveis de desenvolvimento.

No Brasil, ainda são poucos os exemplos encontrados, e estes pertencem, em sua maioria, a iniciativas particulares e edificações residenciais. Os motivos para isto variam, aparentemente, desde a falta de incentivos governamentais, a sobrecarga gerada à estrutura, ao custo de manutenção, entre outros. Porém em alguns países já é possível

visualizar o nascimento de uma nova linguagem arquitetônica alinhada com os preceitos da Sustentabilidade, e neste sentido, a integração da vegetação no ambiente urbano tem contribuído significativamente.

2. Referências históricas e exemplos atuais do emprego da vegetação na edificação

Desde os primórdios da Humanidade o homem buscou proteger-se das intempéries utilizando-se dos meios naturais disponíveis em seu meio ambiente: para criar as condições propícias para seu bem estar e desenvolvimento. Utilizava os recursos materiais encontrados em seu meio, como pedras, argila, partes de animais, e vegetação – seja em forma de material construtivo, como troncos, fibras, folhas, etc., ou utilizando árvores e arbustos como abrigo. Ou seja, inicialmente, a arquitetura surgiu como uma resposta do ser humano ao meio físico ao compreender sua capacidade limitada em adaptar-se biologicamente às condições do clima (DE LA TORRE, 1999).

Complementando, Nesbitt (2006) observa que, inicialmente, a Arquitetura dominava as forças da Natureza para prover abrigo à humanidade, e que, antes da Revolução Industrial, a produção de sentido na arquitetura baseava-se em associações com esta Natureza. Entretanto, a Arquitetura Moderna, aparentemente, rompeu com este padrão, adotando a analogia com máquina no lugar da analogia orgânica.

Com este mesmo olhar, Conde (2003 *in* CORBELLA & YANNAS, 2009) lembra que, a necessidade de ostentar o poder econômico e a abundância desta nova tecnologia proveniente da Revolução Industrial resultou na crescente desconsideração da questão ambiental na Arquitetura, principalmente nos tempos contemporâneos.

Assim, um olhar retrospectivo, bem como uma revisão continua da Arquitetura, torna-se útil como uma verificação das escolhas que têm provado ser ambientalmente bem sucedidas em seus contextos ao longo dos anos. Retornar às culturas antigas, e ainda existentes, nas quais tenha sido previsto um estado de conexão com a Natureza, torna-se importante, pois as lições apreendidas com estas civilizações revelam uma riqueza de ideias sobre a evolução do habitat humano que não pode ser ignorada. Estas culturas proveem exemplos de como lidar com o clima e demonstram atitudes e soluções “low tech” – para os recursos e tecnologias atuais - que ainda podem ser incorporadas e/ou adaptadas às construções contemporâneas.

O perigo deste retorno, por outro lado, é, quando exacerbado, tender à uma glorificação nostálgica de algumas culturas/ sociedades isoladas, que apesar de ecologicamente responsáveis, estão totalmente descontextualizadas do mundo alta tecnologia de hoje (WINES, 2000). A arquitetura destas sociedades, não pode ser

simplesmente transposta, sem critério, no mundo industrial atual. Porém, através de uma análise crítica, pode oferecer bases para se repensar a relação Homem/Meio Ambiente.

As referências citadas a seguir buscam organizar exemplos do emprego da vegetação nos planos da edificação - piso, cobertura e parede, conforme descrito na Introdução da pesquisa.

2.1. Referências históricas

Curiosamente, um dos primeiros exemplos históricos de integração da vegetação no ambiente construído, cujo registro atravessa séculos - apesar de, segundo Osmundson (1999, *in* ALMEIDA, 2008), não haver evidências arqueológicas de sua existência - trata-se dos Jardins Suspensos da Babilônia, no atual Iraque¹¹ (Figura 3). A História narra que o Imperador Nabucodonosor ordenou sua construção para amenizar a nostalgia de sua esposa Semiramis, nascida ao norte do país, um lugar montanhoso e repleto de florestas. De acordo com o autor, os jardins teriam sido construídos assim em patamares ascendentes. Segundo Almeida (2008) “a montanha artificial seria composta de galerias reais que se sobreporiam, e em galerias prolongadas em terraços exteriores ajardinados provavelmente com enormes plantações exóticas, irrigadas por complexos sistemas hidráulicos”.



Figura 3 – Imagem idealizada dos Jardins Suspensos da Babilônia
Fonte: Almeida (2008)

¹¹ O Iraque é um país com clima predominantemente árido desértico com temperatura quente e árida, com a região norte com clima temperado com verão quente e seco, de acordo com o Mapa Mundial de Classificação Climática de Köppen-Geiger (*in* KOTTEK et. al., 2006)

Este exemplo permite a visualização do emprego da vegetação nos três principais planos projetuais da edificação estudados nesta pesquisa: piso, cobertura e parede.

Sobre as evidências arqueológicas, tão comuns à prospecção arquitetônica, De La Torre (1999) lembra que o caráter de perecimento da vegetação dificulta, em grande parte, a investigação sobre os jardins históricos – assim como da vegetação integrada à edificação - e, portanto, muitas das informações que se tem são fundamentadas em referências literárias ou pinturas, o que torna difícil a obtenção de informações exatas e confiáveis.

O mesmo autor nota que uma das primeiras imagens de um jardim provém do antigo Egito, originária de uma pintura mural dos jardins da casa do governador de Tebas (1400 a.C.), que ilustra a presença de árvores no interior do lote de sua residência, tanto para efeito de sombreamento tanto para criar uma barreira contra o vento quente do deserto (Figura 4).

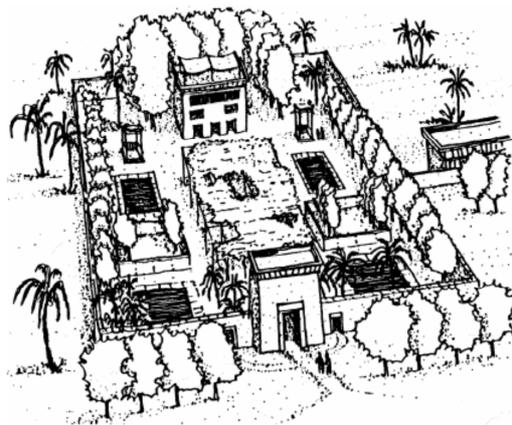


Figura 4 – Imagem dos jardins da casa do governador de Tebas
Fonte: De La Torre (1999)

Este exemplo também ilustra os planos projetuais relacionados aos tipos de estratos vegetais, conforme classificado por Abudd (2006): a forração, representando o plano do piso; o estrato arbustivo correspondendo ao plano de parede; e o estrato arbóreo, ao plano de teto. Neste caso as árvores podem ainda representar o plano de parede, servindo como barreira vertical contra o vento.

De La Torre (1999) afirma ainda que, mais tarde, em torno de 500 a.C., nas residências gregas, persas e romanas, também era feito o uso de elementos arquitetônicos

e vegetação – pérgolas, pórticos, plantas trepadeiras, árvores, etc. – criando um microclima mais fresco nos pátios internos.

Peck (1999, *in* ALMEIDA 2008) observa que, mais à frente, durante o Império Romano - 27 a.C. a 476 d.C., em Pompéia, no Sul da Itália, região de clima temperado com verão quente e seco, já era comum o plantio de plantas trepadeiras sobre as varandas.

Além disso, todas as vilas romanas – como eram chamadas as residências – possuíam (no mínimo) um jardim ou um pátio com arbustos que rodeavam um reservatório central. Nas mais luxuosas existiam, inclusive, diversos jardins diferenciados segundo o uso ou a estação do ano à qual resultavam mais agradáveis (DE LA TORRE, 1999). Os romanos utilizavam ainda vegetação na cobertura de seus edifícios como pode ser observado nos mausoléus de Augusto e Adriano, na Figura 5 (ALMEIDA, 2008).



Figura 5 - Mausoléu de Augusto, Roma, Itália

Fonte: <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/b8/Roma-mausoleo_di_augusto.jpg>
Acesso em: 02 maio 2012.

Da mesma forma que em outras áreas da Cultura, segundo De La Torre (1999), o desaparecimento do Império Romano abriu uma lacuna na história dos jardins. O autor afirma que as condições de vida impostas pelas invasões bárbaras reduziram a utilização da vegetação ao plano do utilitário, como nos mosteiros, por exemplo, onde eram cultivadas diversas espécies denominadas “plantas úteis” e onde foram descobertos os princípios básicos da botânica.

Durante a Idade Média – séc. V a XV - os exemplos de jardins encontrados pertenciam à Civilização Islâmica, e objetivavam propiciar o isolamento e a intimidade, sendo desenvolvidos em pátios internos.

Neste período, um dos primeiros projetos formais sobre o tema coberturas ajardinadas no espaço urbano teria sido de autoria de Leonardo da Vinci, descrito em um de seus manuscritos “Paris Manuscript” para a remodelação de Milão, na Itália, realizado em 1488, no qual foram projetadas vilas urbanas onde os jardins se situavam no topo das construções, sob arcos de galerias de serviço (MARTINEZ, 2005 *in* ALMEIDA, 2008).

Já durante o Renascimento, nos séculos XVI e XVII, os jardins franceses são os protagonistas históricos, surgindo como grandes obras arquitetônicas com traçado regular apoiado pela geometria e pela busca de perspectivas (DE LA TORRE, 1999).

Ottelé (2011) observa que, nesta época, paredes cobertas por plantas frutíferas foram uma mania entre os proprietários rurais e jardins de mosteiros europeus. Os proprietários rurais reuniam plantas novas ou exóticas nas fachadas, as quais eles pessoalmente pudessem podar, e as fachadas abrigadas formavam um habitat perfeito para o processo de crescimento destas plantas. O autor ressalta ainda que, entre 1650 e 1830, as paredes com planta frutíferas foram extremamente populares, com destaque para a construção dos jardins do palácio de Luís XIV em Versalhes em 1680¹².

Este período, mais especificamente o período barroco – entre 1600 a 1780 - traz ainda um exemplo notável do uso da vegetação em coberturas¹³, quando foram plantados grandes carvalhos no topo de uma edificação chamada Torre Giunigi (Figura 6), em Lucca, na Itália, a 120 metros de altura, com o objetivo de saciar o desejo do construtor de estar o mais alto possível, porém sem perder o contato visual com o solo (ALMEIDA, 2008).

¹² Com relação às superfícies verticais, Perini *et. al.* (2011) observam que a mais antiga forma de jardins verticais data de dois mil anos atrás, na região do Mediterrâneo. Porém poucas referências bibliográficas foram encontradas com relação ao emprego da vegetação em superfícies verticais ao longo da história.

¹³ Além destes exemplos, De Lorme (1996, *in* ALMEIDA, 2008) menciona vários casos de utilização de vegetação em coberturas, em locais e períodos diversificados: desde o período renascentista, na cidade de Gênova na Itália; no período pré-colombiano - antes da chegada de Cristóvão Colombo à América, em 1492 - em países como o México; nos séculos XVI e XVII, na Índia e algumas cidades espanholas; a partir do século XVIII, em algumas cidades francesas.



Figura 6 - Torre Guinigi, Lucca, Itália

Fonte: <<http://members.virtualtourist.com/m/3a000/2468d/>> Acesso em: 02 maio 2012

No século XVIII, o jardim clássico francês é substituído pelo parque natural, graças às teorias de Bacon na Inglaterra e às ideias de “sentimento natural” de Rousseau, conforme lembra De La Torre (1999).

Já desde o final do séc. XIX até a Primeira Guerra Mundial, no início do séc. XX se produz uma mudança radical na história da Civilização, com a revolução urbana – impulsionada pela Revolução Industrial - exercendo uma grande influência sobre o planejamento das áreas verdes em relação à sua composição e funções. Conforme aponta De La Torre (1999), o aumento da população e o fato dos centros urbanos se tornarem cada vez mais inabitáveis despertou o sentimento da necessidade de espaços verdes e da sua eficiência para atenuar a deterioração ambiental que vinha ocorrendo em cidades como Inglaterra, Alemanha e França. Nos planos de desenvolvimento urbano do início do século XIX já se podia visualizar a existência da previsão grandes zonas verdes para uso público e na extensão de cidades como Edimburgo, na Escócia, onde já se podia observar a inclusão da vegetação integrada às novas edificações.

A partir de meados de 1800, com o desenvolvimento do concreto como material de construção, começaram a ser construídas coberturas planas nas maiores cidades da Europa e América, e em 1868, uma exibição mundial em Paris incluiu um projeto de cobertura verde sobre laje de concreto, sendo considerado o primeiro de muitos projetos experimentais no oeste europeu (HENEINE, 2008).

De acordo com Almeida (2008), o termo “coberturas jardins” (*roof gardens*) foi concebido em torno de 1893, para especificar áreas ajardinadas sobre coberturas utilizadas para recreação no verão americano. Neste país, a pesquisa sobre coberturas verdes se iniciou nos anos 50 como parte do movimento de reconhecimento do valor ecológico e

ambiental do habitat urbano e em particular os benefícios das plantas em coberturas na conservação de energia e retenção de água. Algumas companhias começaram a oferecer especialistas em cobertura verde e a estabelecer seus próprios programas de pesquisa, como ZinCo e Optigrün, perto de Stuttgart, sul da Alemanha (HENEINE, 2008).

Porém a tendência de projetos com uma maior utilização de coberturas verdes se iniciou apenas na década de 1960, na Alemanha e, a partir daí, se espalhou por diversos países (MACHADO, 2002).

Entretanto, as coberturas verdes já eram utilizadas vernaculamente há muitos anos em países de clima frio - variando desde a presença predominantemente em climas caracterizados como “de neve” com alta umidade e verão frio, em países como Canadá, Islândia, Finlândia e Suécia, e clima temperado com alto índice de umidade em grande parte dos EUA e na Dinamarca, de acordo com o Mapa Mundial de Classificação Climática de Köppen-Geiger (KOTTEK *et. al.*, 2006).

Na região da Escandinávia, por exemplo, existia um tipo tradicional de cobertura verde denominada “sod roof”, como pode ser visto na Figura 7, que possuía inclinação entre 30° e 45° e era composta por uma camada de aproximadamente 20 cm de grama, apoiada sobre camadas de casca de uma árvore nativa do Hemisfério Norte, conhecida como Bétula (*Betula allegheniensis*, *Betula cordifolia*, *Betula lenta*, etc).



Figura 7 - Norwegian Folk Museum, Oslo – Cobertura verde tradicional escandinava
Fonte: <<http://oslo-norway.ca/attractions/norskfolkemuseum.html>> Acesso em: 18 jan. 2012

Este tipo de cobertura foi levado posteriormente para os EUA e Canadá pelos imigrantes escandinavos (HENEINE, 2008). Debaxo do “sod roof” vigas de madeira estruturalmente pesadas eram intercaladas com casca de bétula para atuar como uma

camada de impermeabilização. Em climas quentes, ajudava a manter o calor fora do prédio e em climas mais frios, a reter o calor no interior do edifício (PECK *et al.*, 1999 in OTTELÉ, 2011). Normalmente, estas camadas eram seladas com uma substância betuminosa, o alcatrão, constituindo um substrato resistente à passagem de raízes e água. Atualmente o alcatrão de madeira está classificado como cancerígeno e esta solução não é mais recomendável.

2.2. Exemplos contemporâneos

Exemplos atuais de emprego da vegetação nas superfícies da edificação permitem melhor avaliar as intenções projetuais e dados relativos à execução, manutenção, especificação de espécies, etc., subsidiando a pesquisa a partir de elementos mencionados nos textos explicativos dos projetos. Desta forma, podem ser extraídas informações referentes aos principais requisitos e oportunidades de emprego da vegetação, para a construção do instrumento de auxílio à tomada de decisão no projeto de arquitetura apresentado como resultado da pesquisa.

Os exemplos mais significativos, e sobre os quais foram encontradas maiores e mais detalhadas informações, foram separados, a seguir, em internacionais e nacionais.

2.2.1. Internacionais

Os projetos contemporâneos de terraços jardins, experimentais, que a princípio tinham uma visão ornamental, foram iniciados, segundo Heneine (2008), em 1914, com um restaurante projetado por Frank Lloyd Wright em Chicago, com jardim na cobertura, e um projeto similar feito por Walter Gropius, no mesmo ano, em Colonia, na Alemanha.

Ainda em 1914, em outra obra de Wright chamada Midway Gardens, construída em Chicago, pode ser visto um de seus projetos de terraço jardim que se tem provas, pois o prédio foi demolido em 1929 (Figura 8).



Figura 8 – Midway Gardens, Chicago, EUA

Fonte: <<http://www.thefranklloydwrighttour.com/apps/blog/categories/show/1261487-demolished>>
Acesso em: 02 maio 2012

Sobre outro projeto, talvez mais conhecido, a Casa Edgar J. Kaufmann, ou Fallingwater (Figura 9), Frank Lloyd Wright disse:

A Fallingwater é uma grande bênção – uma das maiores bênçãos que se podem experimentar aqui na terra. Penso que nada até agora igualou a coordenação, a agradável expressão do princípio do repouso onde a floresta, o riacho, e a rocha e todos os elementos da estrutura são combinados de forma tão tranquila que não ouvimos rigorosamente nenhum ruído apesar da música do riacho estar lá. Mas ouvimos a Fallingwater da mesma forma que ouvimos a tranquilidade do campo... (PFEIFFER, 2006, pg.53)



Figura 9 - Fallingwater, Mill Run, Pensilvânia

Fonte: <<http://www.fallingwater.org/>> Acesso em: 12 maio 2012

Pfeiffer (2006) observa que este projeto alcançou a relação “homem-natureza” com talvez mais drama do que qualquer outra residência privada, sendo este aspecto do homem

e da paisagem profundamente enraizado em Wright. O arquiteto colocou os ocupantes desta casa numa íntima relação com o vale, as árvores, a folhagem e as plantas silvestres.

Já Le Corbusier foi talvez o primeiro a utilizar as coberturas verdes de forma mais sistemática, a partir dos anos 20, porém dentro do contexto de construções de alto padrão (HENEINE, 2008). Em 1927, o arquiteto publicou “*Théorie du toit-jardin*” (Teoria do Terraço Jardim) na revista *L’Architecture Vivante*, que falava sobre as coberturas planas e o uso das coberturas como terraços jardins. Segundo Almeida (2008), Le Corbusier via nos terraços jardins a possibilidade de recuperação dos espaços urbanos perdidos nas grandes cidades, funcionando como novas áreas de lazer e recreação. Mascaró & Mascaró (2010) mencionam a preocupação do arquiteto em fazer a cidade moderna “tecnificada” compatível com a conservação de um habitat natural para o homem e seu esforço de encontrar “as condições da natureza” perdidas na cidade maquinista. A solução dada por Le Corbusier para esta questão foi a criação de jardins em terraços, resultando em edificações consideradas energeticamente mais eficientes e esteticamente mais encantadoras. O arquiteto acreditava que este era um dos cinco pontos-chaves da nova arquitetura, e uma de suas obras que representam esta ideia é a Villa Savoye, em Poissy, França (Figura 10).



Figura 10 – Villa Savoye, Poissy, França

Fonte: <<http://www.housedesignidea.com/modern-villa-savoye-near-paris-by-le-corbusier/>>
Acesso em: 02 maio 2012

No entanto, foi a crise energética dos anos 70 que deu origem, principalmente na Alemanha e Estados Unidos, a estudos e investigações mais profundas sobre a qualidade da utilização da vegetação como um instrumento para modificar o microclima dos ambientes urbanos, trazendo como consequência uma possível economia energética, a ser somada à criação de espaços mais confortáveis para o ser humano.

De acordo com Perini *et. al.* (2011), neste período, alguns arquitetos realizaram projetos com enfoque na Natureza e no meio ambiente, como Rudolf Doernach, Oswald Mathias Ungers e Emilio Ambasz.

Nesta ocasião, na Alemanha, foram publicados diversos livros e artigos sobre o tema coberturas verdes, contribuindo para promover este sistema construtivo e encorajando arquitetos e designers a ir além dos terraços jardins nas coberturas de construções de alto padrão. Um artigo particularmente influente teria sido o do professor, paisagista e arquiteto alemão, Hans Luz, intitulado *Telhado verde _ Luxo ou Necessidade?*, no qual a cobertura verde é proposta como parte de uma estratégia de melhoramento ambiental urbano (HENEINE, 2008).

Além disso, as questões ecológicas debatidas a partir de 1990 passaram a ter uma influência muito mais forte na produção arquitetônica mundial, enfatizando a utilização da vegetação como mais do que uma solução estética. Para Vasconcellos (2006), a necessidade de se reestabelecer um contato com os elementos naturais, para garantir o bem estar que eles proporcionam, fez com que o Homem procurasse reintroduzir o elemento vegetal nos espaços construídos.

A partir daí, podem ser observados uma série de projetos que integram a Vegetação com a Arquitetura, de diferentes maneiras e com objetivos diversos. A utilização da vegetação nas coberturas e paredes vem deixando de ser iniciativa de movimentos ambientais alternativos e encontrando, cada vez mais, rigor científico e evolução econômica.

O trabalho do arquiteto argentino Emilio Ambasz, por exemplo, é, frequentemente, associado à ideia da incorporação da paisagem como uma parte intrínseca do edifício. Ao integrar o edifício com a paisagem adjacente, a área de jardim disponível para uso público excede em muito a de projetos convencionais, como pode ser visto na Figura 11.

Assim como outros arquitetos de sua geração, o arquiteto foi influenciado por Frank Lloyd Wright, que insistiu na preservação de uma relação harmoniosa entre a arquitetura e o meio ambiente em seus trabalhos (WINES, 2000).

O lema de seu escritório "*The Green Over the Gray*" (O Verde sobre o Cinza), levou, ao longo da carreira de Ambasz, ao desenvolvimento de soluções de projeto, além de singulares, altamente adaptáveis e sofisticadas. Essa abordagem ressalta a importância de transmitir ao público o valor do meio ambiente natural e do potencial poético de um edifício, ao mesmo tempo proporcionando uma solução "verde" econômica aos proprietários (EMILIO AMBASZ, 2012).



Figura 11 – Nuova Concordia – Puglia, Itália

Fonte: <http://www.emilioambaszandassociates.com/portfolio/image_window/Talasso-1L.html>
Acesso em: 18 jan. 2012

Um olhar sobre a produção arquitetônica de Ambasz mostra que, de 46 projetos, apenas 6 não utilizam a vegetação como parte integrante da edificação. Dos 40 que contêm a vegetação como parte do partido arquitetônico, a maioria aproveita inclusive a presença dos elementos vegetais existentes no terreno ou entorno, incorporando-os à edificação. O projeto do *Schlumberger Research Laboratories*, em Austin, Texas, USA, por exemplo, integrou todo o programa sob a terra (Figura 12). Uma visão aérea exibe apenas um grande parque com um jardim paisagístico inglês, ao invés de um conjunto de edifícios “intrusos” na paisagem (WINES, 2000).

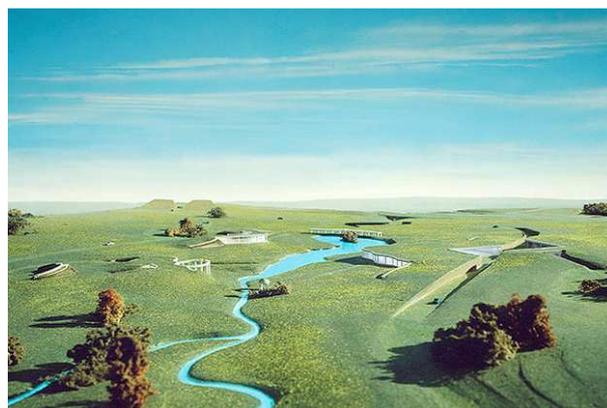


Figura 12 - Schlumberger Research Laboratories, 1983 - Austin, Texas, EUA

Fonte: <http://www.emilioambaszandassociates.com/portfolio/image_window/8201-02.html> Acesso em: 18 jan. 2012

Outro projeto de Ambasz, o *Fukuoka Prefectural International Hall*, em Fukuoka, Japão, finalizado em 1995, possui terraços ajardinados que funcionam como uma extensão

de um jardim público que atende aos edifícios do entorno (Figura 13). Os usuários do edifício podem utilizar o terraço jardim para a prática de diversas atividades e relaxamento. O projeto representa, segundo Wines (2000), um dos mais importantes exemplos de “arquitetura enquanto jardim”, ao invés de simplesmente acrescentar um jardim à edificação, atingindo um nível diferenciado de arquitetura “verde”, que conecta e estimula todos os sentidos.



Figura 13 - Fukuoka Prefectural International Hall, 1989-95 - Fukuoka, Japão

Fonte: <http://www.emilioambaszandassociates.com/portfolio/image_window/8955-200.html> Acesso em: 18 jan. 2012

Para o arquiteto, o *Fukuoka Building* representa o que ele percebe como uma releitura do conceito de cidade jardim. No geral, quando é proposta uma visão de retorno à natureza ou de viver em harmonia com o meio ambiente, o que a maioria das pessoas automaticamente imagina é a imagem de uma casa em meio a uma natureza intocada. O conceito de Ambasz de cidade “verde”, entretanto, não está relacionado à uma visão pitoresca de vilas rurais, mas ao contrário, sugere a reintegração do jardim como parte do edifício. O que o arquiteto observa, porém, é que para as nações mais densamente populosas do mundo, especialmente em países pequenos como o Japão, praticamente já não existem zonas que não tenham sofrido algum tipo de intervenção humana. A expressão utilizada pelo arquiteto “the green over the gray” expressa assim a importância de transmitir o valor do ambiente natural e do potencial poético de um edifício ao usuário, proporcionando, ao mesmo tempo, uma solução economicamente sustentável aos proprietários (WINES, 2000).

Esta mesma visão é compartilhada por Yeang (2001), que afirma que o mito da comunidade idílica, autossuficiente, descentralizada, autárquica e localizada no campo é um mito, já que as cidades continuarão se expandindo e desenvolvendo intensamente, e sem

dúvidas, as estruturas urbanas de alta densidade, como os arranha-céus, por exemplo, continuarão (a princípio) sendo construídos.

Outro autor, Abel (2010), também ressalta que o conceito original de Cidade Jardim de Ebenezer Howard foi retirado da agenda social do planejador e desenvolvido de outras maneiras, com densidades muito mais baixas do que o próprio Howard previa. As consequências negativas foram cidades altamente dependentes em automóveis e com subúrbios com baixa densidade como pode ser visto nas principais cidades em diversos países no mundo. Segundo o autor, somente Singapura mantém alguma semelhança com a Cidade Jardim policêntrica planejada por Ebenezer Howard.

Abel (2010), em um artigo intitulado *The Vertical Garden City: Towards a New Urban Topology* analisa as inovações que vem sendo realizadas na Arquitetura, como em edifícios de alta densidade como os arranha-céus, em busca de soluções relevantes contra os efeitos das mudanças climáticas, mas observa que estas inovações ainda encontram-se limitadas por tipologias construtivas convencionais.

Este tipo de inovação pode ser muitas vezes visualizado no trabalho de Ambasz. No projeto do *Fukuoka Building*, por exemplo, a Natureza foi utilizada de forma a otimizar a eficiência energética do edifício, e ao mesmo tempo, possibilitar um melhor relacionamento dos usuários com o meio ambiente.

No *Mycal Cultural Center*, também no Japão, o projeto forneceu de volta à comunidade mais de 80% da projeção da área construída sob a forma de jardins. A paisagem envolve o edifício criando um parque no nível superior, enquanto protege naturalmente o interior da alta temperatura e umidade. A massa do edifício é composta por uma parede em forma de L, que abraça uma encosta e delimita um jardim de inverno ao longo do seu perímetro exterior (Figura 14).



Figura 14 – Mycal Cultural and Athletic Center - Hyogo Prefecture, Japão
Fonte: <http://www.emilioambaszandassociates.com/portfolio/image_window/8810-09.html> Acesso em: 26 fev. 2012

A parte exposta do edifício contém escritórios e pequenas salas de reuniões, enquanto as instalações esportivas e multiuso ficam escondidas sob o jardim, que pode ser observado na Figura 15. Além disso, existe também um espelho d'água que se inicia no topo do jardim e flui para dentro do reservatório de água existente, integrando o edifício com a paisagem (EMILIO AMBASZ, 2012).

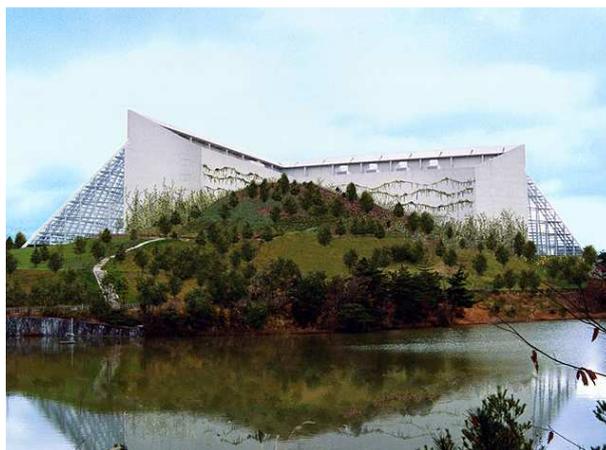


Figura 15 – Mycal Cultural and Athletic Center - Hyogo Prefecture, Japão
Fonte: <http://www.emilioambaszandassociates.com/portfolio/image_window/8810-172L.html> Acesso em: 26 fev. 2012

Já o *Lucille Halsell Conservatory* faz uso da terra como recipiente e protetor da vida vegetal, ao mesmo tempo em que controla a entrada de luz e calor através de claraboias na cobertura (Figura 16). O complexo está organizado em torno de um pátio com jardim que

tanto unifica os vários edifícios, tanto fornece acesso às estufas sob um pergolado também coberto por vegetação. Como havia um orçamento limitado – um dos aspectos projetuais a serem explorados nesta dissertação - Ambasz reduziu ao mínimo a utilização equipamentos mecânicos requeridos para manter o clima interno nas estufas: cada uma é tratada como um edifício separado com as suas próprias condições climáticas especiais e configuração espacial. Ao separar cada tipo de clima em um “recipiente” individual e através da construção de pequenos montes de terra de todos os lados, o projeto conseguiu uma redução significativa da carga térmica (EMILIO AMBASZ, 2012).



Figura 16 – Lucille Halsell Conservatory - San Antonio, Texas, EUA

Fonte: <http://www.emilioambaszandassociates.com/portfolio/image_window/8301-201L.html>

Acesso em: 26 fev. 2012

A despeito destes exemplos, conforme observa Abel (2010), a Arquitetura Internacional continua a se desenvolver dentro de uma estrutura urbana convencional e altamente restrita, na maior parte moldada por imperativos comerciais.

Avanços nas ferramentas digitais de projeto vêm permitindo o surgimento de novas formas e estruturas, e enormes arranha-céus e edifícios com átrios tornaram-se uma característica comum das torres de escritórios desde que o SOM (escritório norte-americano de Skidmore, Owings e Merrill), Norman Foster e Ken Yeang começaram a se destacar nos caminhos da Arquitetura Contemporânea. Ao aumentar o plano do piso e abrir o interior da edificação com espaços semipúblicos, eles, de certa forma, transformaram o caráter espacial tradicional dos edifícios tipo torre, viabilizando, desta forma, uma maior integração da vegetação com a edificação, inclusive nos arranha-céus, como mostram as Figura 17 e 18 (ABEL, 2010).

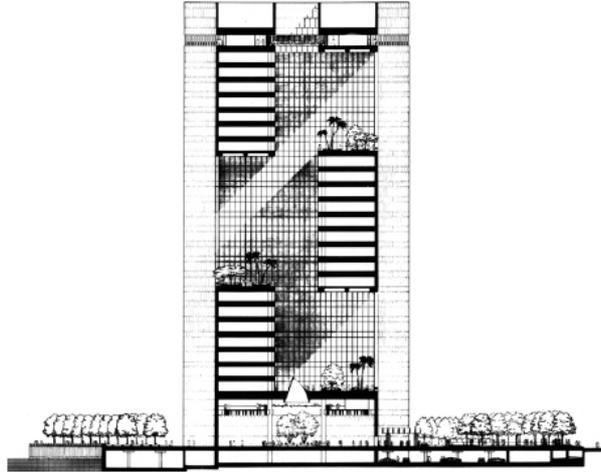


Figura 17 – National Commercial Bank - Jeddah, 1989, do escritório SOM
Fonte: Abel (2010)



Figura 18 – Edge Spire - India, 2008, de Ken Yeang
Fonte: Abel (2010)

Abel (2010) nota ainda que Ken Yeang levou o debate acerca do “projeto urbano vertical” para outro nível, e assim como Foster, exhibe projetos que apresentam jardins ligados em forma de espiral ou “zigzag”.

Assim, no projeto do Eddit Tower, em Singapura¹⁴, por exemplo, Yeang demonstra uma abordagem ecológica deste tipo de projeto de edifício, com uma composição orgânica que avança em direção a uma nova estética ecológica (Figura 19). A torre incorpora características que vêm sendo reconhecidas como uma das marcas de assinatura dos projetos do arquiteto: a utilização da vegetação criando um jardim vertical (YEANG & POWELL, 2007).



Figura 19 – Eddit Tower - Singapura, de Ken Yeang
Fonte: Yeang & Powell (2007)

Para Yeang & Powell (2007), um dos problemas no projeto de arranha céus é a descontinuidade espacial que, normalmente, ocorre entre as atividades no nível da rua e nos pavimentos superiores, pelo fato dos projetos de edifícios serem baseados em uma compartimentação física repetitiva de pavimentos “tipo” com um envelope fechado. No Eddit Tower, a vida no nível da rua é levada aos níveis mais altos do edifício através de um extenso paisagismo vertical, com atividades como: bancas, lojas, cafés e mirantes, até o 6º pavimento, e a partir daí, criando um fluxo espacial contínuo do mais público para o menos público, como uma extensão vertical da rua.

Os autores observam ainda que, neste projeto, a presença da vegetação nativa abundante auxilia no resfriamento da fachada através da evapotranspiração, e

¹⁴ Singapura possui clima Equatorial, de acordo com o Mapa Mundial de Classificação Climática de Köppen-Geiger (KOTTEK et. al., 2006), clima que se assemelha mais ao referenciado nesta dissertação.

consequentemente, em um menor consumo energético pela edificação. Um levantamento feito dentro de um raio de 1,5km identificou quais seriam as espécies nativas adequadas para o uso no local.

Além disso, no *Eddit Tower*, a análise para concepção de um projeto ecológico começou com um extenso diagnóstico da ecologia local, que pôde constatar um ecossistema urbano devastado, o que direcionou uma abordagem de projeto para a busca da restauração do solo, flora e fauna local. Desta forma, o projeto praticamente reabilita a característica inorgânica do local através da vegetação integrada à fachada e de terraços jardins (YEANG *et. al.*, 2007).

Ainda, como notam Valesan *et. al.* (2010), nos últimos anos grandes cidades, como Londres, Seattle, e Toronto, implantaram políticas de incentivo ao uso de fachadas e telhados verdes, além das demais formas de emprego da vegetação nas edificações, como forma de aumentar a superfície vegetada em suas áreas urbanas e, assim, minimizar o impacto ambiental das construções. Assim, cada vez mais exemplos - internacionais - de edifícios que incorporam a vegetação às suas superfícies construídas podem ser encontrados.

2.2.1. Nacionais

No Brasil, os anos 1930 e 1940 foram anos de rupturas na Arquitetura e no Urbanismo e, da mesma forma, no Paisagismo¹⁵ (MACEDO, 2003). Como observa Ana Rita Sá Carneiro *in* Farah *et al.* (2010), nesta época foram firmados os princípios do pensamento moderno mudando os rumos da produção artística em geral, que até então tinha como referência as influências estrangeiras, principalmente europeias. Assim, a Arquitetura Paisagística se torna funcionalista, com a determinação de áreas equipadas especialmente para o lazer, recreativo ou esportivo; nacionalista, com ênfase na tropicalidade do país;

¹⁵ Nesta época, a influência de Le Corbusier na arquitetura brasileira era muito grande. Em suas visitas ao país, em 1929 e 1936, Le Corbusier se pronunciou a favor da utilização da flora tropical como complemento da arquitetura. Somado à isso, um dos cinco pontos fundamentais da Arquitetura Moderna, também conhecidos como 5 pontos de Le Corbusier, tratava-se do uso da laje de cobertura como um terraço jardim (BRUAND, 2008). Desta forma, o conceito de terraço jardim passou a ser adotado por diversos arquitetos, e mais tarde, foi desenvolvido para o que hoje conhecemos como cobertura verde.

simples, com a “proibição” do uso de elementos decorativos pitorescos e temáticos do passado; geométrica, com o uso das formas geométricas livres, inspiradas nas temáticas da pintura da época; e colorida, com a introdução do uso intenso de pisos multicores (MACEDO, 2003).

Neste período, inúmeros paisagistas trouxeram contribuições ao tratamento do espaço livre urbano brasileiro, público e privado, complementando os espaços livres adjacentes às edificações com um paisagismo funcional, simples e tropicalista, com a valorização do uso da vegetação nativa.

Dentre estes, podem ser citados Azevedo Neto, Burle Marx, Luiz Emygdio de Mello Filho, Otávio Teixeira Mendes, Roberto Coelho Cardozo, inicialmente, e, Ayako Nishikawa, Fernando Chacel, Miranda Magnoli, Rosa Kliass e Valdemar Cordeiro, já nos anos 1950 e 1960. Posteriormente, na década de 80, podem ser citados ainda nomes como Benedito Abbud e José Tabacow (MACEDO & BAROZZI, 2010; FARAH *et. al.*, 2010).

Burle Marx, reconhecido internacionalmente como um dos mais importantes paisagistas modernos e referência mundial no campo do Paisagismo, merece destaque incondicional.

Segundo Floriano (2007), sua obra constitui o ponto de partida de uma concepção inédita de projeto de jardins, saindo do vazio funcionalista das grandes áreas verdes sem tratamento estético dos projetos urbanos do início do século, e elevando estes à categoria de arte. Somado a isso, o interesse cada vez maior em compor a partir da flora tropical fez com que seus jardins rapidamente adquirissem reconhecimento internacional.

Ainda segundo este autor, Burle Marx não foi somente um criador de jardins. Foi também um dos construtores de uma ideia de Brasil, quer dizer, de superação do complexo de inferioridade cultural provocado pela sua condição de país periférico em relação aos centros hegemônicos da arte, através da modernização, nacionalização e internacionalização da Arte Brasileira.

Assim, no contexto desta pesquisa em sua obra podem ser observados - além de inúmeros projetos de jardins públicos - alguns terraços jardins, dentre os quais o da sede da Associação Brasileira de Imprensa (ABI) no Rio de Janeiro, projeto de Marcelo e Milton Roberto, de 1936. Este foi o primeiro prédio modernista em grande escala produzido no Brasil, localizado a apenas dez quadras do prédio do MES. O terraço jardim fica no décimo andar do prédio, onde havia também um restaurante que aproveitava o recuo exigido pela legislação vigente na época, conforme mostra a Figura 20 (CAVALCANTI, 2001).



Figura 20 - Terraço jardim da ABI
Fonte: Cavalcanti (2001, p. 209)

Outro terraço jardim projetado por Burle Marx, e talvez o mais importante, foi o da cobertura do Ministério da Educação e Saúde – MES¹⁶ (atual MEC - Ministério da Educação e Cultura), de 1938 (Figura 21). Para Farah *et. al.* (2010), a criação deste terraço jardim como paisagem-cenário para ser admirado pelos funcionários do MÊS, explicita a função social do jardim e a sua relação com a Arquitetura.



Figura 21 - Terraço jardim do MEC – Fotografia de Marcel Gautherot, 1950
Fonte: Fraser (2000, p.183)

¹⁶ É importante lembrar que Le Corbusier atuou como consultor do projeto do edifício do MES, que estava sendo concebido para projetar uma imagem de modernidade do Brasil para o resto do mundo. Conforme observa Fraser (2000), o projeto final resultante incorpora, inclusive, os cinco pontos da nova arquitetura de Le Corbusier: é elevado acima do nível da rua sobre pilotis, a estrutura independente permite a planta livre e a fachada livre, possui janelas em fita e terraços jardins. Com relação à este último ponto, como já foi observado, o arquiteto ressaltava a importância das áreas verdes na recuperação dos espaços urbanos, criando um ambiente agradável e saudável.

Oliveira (2001) observa que o jardim que Burle Marx elaborou para o MES foi um salto, no Paisagismo, equivalente ao da Arquitetura Moderna Brasileira, do Academicismo para a Modernidade. E segundo o autor, o valor de Burle Marx foi justamente ter dado este salto junto aos Arquitetos Modernistas.

A partir da década de 40, a obra de Burle Marx passa a ser divulgada amplamente nas revistas nacionais e internacionais de arquitetura, frequentemente associada às conquistas da Arquitetura Moderna Brasileira. E ainda, conforme observa Fraser (2000), sua habilidade em melhorar os espaços livres dos edifícios com os quais trabalhou contribuiu para o entusiasmo inicial com a Arquitetura Moderna no Brasil, e com a Arquitetura Moderna Brasileira no exterior.

Em 1955, o paisagista projeta mais um de seus ilustres jardins: no edifício do MAM – Museu de Arte Moderna do Rio de Janeiro – de Affonso Eduardo Reidy. Segundo Cavalcanti (2001), o projeto de Reidy foi completamente orientado para o diálogo com a paisagem das montanhas, da baía de Guanabara e do Parque do Flamengo, que viria a ser construído. Para isto, Reidy procurou não entrar em conflito com o perfil das montanhas, e criou um partido estrutural que liberava o térreo de construções e de apoios, permitindo manter a continuidade dos jardins até o mar. É aí que entra então o paisagismo de Burle Marx, utilizando “água, papiros egípcios e seixos rolados para criar uma atmosfera de contemplação e descanso para o visitante”, conforme mostra a Figura 22 (CAVALCANTI, 2001).

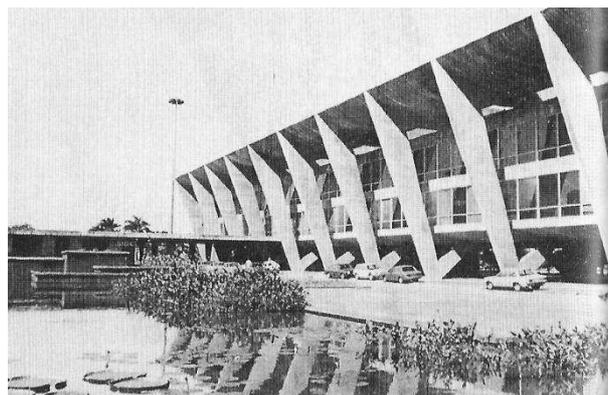


Figura 22 – Jardins do MAM – Rio de Janeiro
Fonte: Cavalcanti (2001, p.46)

O prédio do MAM possui ainda, também, um terraço jardim que dá acesso ao restaurante com fachada de vidro, e, segundo Cavalcanti (2001), propicia um diálogo de

valorização recíproca entre a arquitetura e a paisagem, e fornece ritmo e ponto de vista à paisagem, “transformando-o em um dos mais belos pontos do Rio de Janeiro”.

Estes são apenas alguns exemplos, dentre os inúmeros projetos executados por Burle Marx, que exemplificam a presença da vegetação no ambiente edificado no cenário nacional.

Após as décadas de 50 e 60, com a modernização e expansão urbana e arquitetônica do período e o aumento da verticalização, cresce também a demanda dos projetos paisagísticos. Arquitetos paisagistas como Ayako Nishikawa, Luiz Emygdio de Mello Filho, Miranda Magnoli, Fernando Chacel, Roberto Coelho Cardozo e Rosa Kliass começam a prestar contribuições relevantes para a produção paisagística brasileira (FARAH *et. al.*, 2010).

Macedo observa que, a partir do século XXI, o projeto paisagístico passa a incorporar de vez os princípios ambientalistas nos espaços livres, ampliando sua área de ação – acompanhando a evolução histórica da Arquitetura e do Urbanismo, associando ao projeto questões inerentes à Sustentabilidade. Segundo Burle Marx (*in FARAH et. al.*, 2010), a bandeira pela preservação do meio ambiente passa a ser uma das atribuições do paisagista. Desta forma, surgem neste período diversos projetos com ênfase na questão ambiental, principalmente relacionados à criação de áreas de proteção, parques urbanos, parques ecológicos, etc – tendo mais uma vez destaque o papel de Burle Marx na concepção de espaços no sentido de preservação dos ecossistemas naturais (FARAH *et. al.*, 2010).

Porém no contexto da vegetação associada ao projeto de Arquitetura, vale citar como exemplo - recente - o último grande projeto paisagístico de Chacel¹⁷ no Rio de Janeiro, na Cidade da Música, resgatou características naturais do local - o bairro da Barra da Tijuca - trazendo-as para dentro do terreno através de lagos com desenhos orgânicos e jardins com orquídeas de restinga, bromélias e flor do Guarujá, entre outras espécies (Figura 23). Para este projeto, foi feito um estudo sobre as espécies de restinga predominantes na região e foram escolhidas algumas como a babosa-branca, o camboatá-vermelho, a pitanga-vermelha, chapeú-de-bispo, e ipoméia, vegetação rasteira de areia de praia (SECRETARIA DE OBRAS, 2013).

¹⁷ Fernando Chacel compartilha o conceito de ecogênese utilizado anteriormente por Luiz Emygdio de Mello Filho, que se fundamenta na “reinterpretação cultural dos elementos da paisagem, baseada prioritariamente nas características ecológicas e ambientais do ecossistema antes existente” (COSTA, 2004 *in FARAH*, 2010). Chacel o denominou de paisagismo ecológico, o qual consistia no tratamento de áreas comprometidas e na preservação da paisagem natural (FARAH *et. al.*, 2010).



Figura 23 – Projeto paisagístico da Cidade da Música – Barra da Tijuca, Rio de Janeiro
Fonte: < http://obras.rio.rj.gov.br/index.cfm?sqncl_publicacao=414> Acesso em: 30 abr. 2013

Outro projeto recente que exemplifica esta questão é o Colégio Estadual Erich Walter Heine, em Santa Cruz, Rio de Janeiro, projeto do escritório Arktos Arquitetura Sustentável (Figura 24). Primeiro colégio da América Latina a receber a certificação LEED® *Schools*, a escola foi escolhida como o piloto da primeira escola padrão verde da América Latina e deverá servir como base para projetos semelhantes em todo o país, segundo o escritório (ARKTOS, 2012). O Colégio possui 790 m² de cobertura verde que ajuda a reter a água para reuso, a favorecer o clima e a neutralizar as emissões de carbono, de acordo com a empresa instaladora (ECOTELHADO, 2012).



Figura 24 – Colégio Estadual Erich Walter Heine – Santa Cruz, Rio de Janeiro
Fonte: <<http://www.arktos.arq.br/projetos/ceewh/index.html>> Acesso em: 24 jul. 2012

No mesmo bairro, outro edifício recebeu 1.120 m² de cobertura verde, na Fábrica da Procat Petrobrás, conforme mostra a Figura 25.



Figura 25 – Procat Petrobrás – Santa Cruz, Rio de Janeiro

Fonte: <<http://www.ecotelhado.com.br/Lists/imagensnossosprojetos/Attachments/17/Telhado%20verde%20na%20Petrobras%20PROCAT.JPG>> Acesso em: 24 jul. 2012

Outros exemplos de emprego da vegetação na edificação podem ser visualizados também em iniciativas particulares.

No bairro da Urca, no Rio de Janeiro, foi criado pela Arquiteta Alexandra Lichtenberg um projeto chamado Ecohouse Urca com o objetivo de adequar uma residência existente otimizando suas demandas de energia elétrica e água potável, e corrigindo problemas referentes ao conforto ambiental¹⁸. A residência possui, além de telhado verde, a fachada principal e a parede frontal do bloco de trás da edificação cobertas por vegetação (Figura 26).



Figura 26 – Ecohouse Urca, Rio de Janeiro

Fonte: <<http://www.ecohouse.com.br/?servicos-ecohouse-urca>> Acesso em: 18 jan. 2012

¹⁸ Este projeto serviu também como tema para sua dissertação de mestrado no PROARQ/UFRJ, utilizada como referência nesta pesquisa.

Nas superfícies verticais foi instalada uma treliça em alumínio fixada na alvenaria para servir de suporte à planta trepadeira sem que esta e a fachada entrem em contato, conforme mostra a Figura 27. Este sistema permite que o ar quente circule entre a parede de alvenaria e a fachada verde e seja dissipado, evitando assim o acúmulo de umidade (Figura 28).



Figura 27 – Treliça de suporte da trepadeira – Fachada verde Ecohouse Urca, Rio de Janeiro
Fonte: Lichtenberg (2006, p.203)

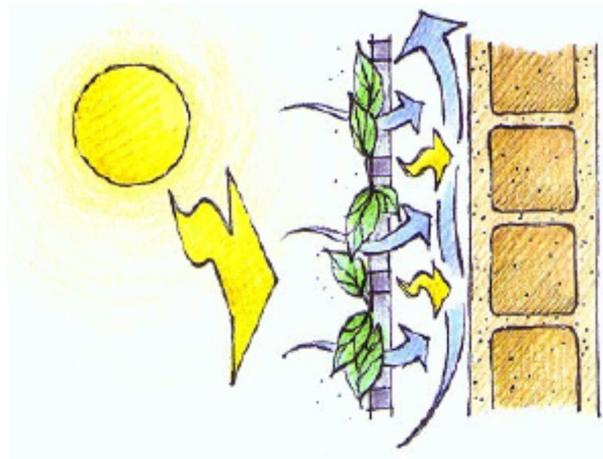


Figura 28 – Detalhe esquemático da ventilação – Fachada verde Ecohouse Urca, Rio de Janeiro
Fonte: Lichtenberg (2006, p.203)

Segundo Lichtenberg (2006), a planta escolhida para utilização nas fachadas verdes foi a *Thunbergia* (*Thunbergia grandiflora*), por se tratar de uma espécie resistente, com folhas grandes, que floresce praticamente o ano todo, e desenvolve-se muito rapidamente, não necessitando de muita água para sua manutenção.

Na fachada principal foram construídas duas jardineiras para o plantio da trepadeira, porém, em um prazo de dois anos, a planta pouco se desenvolveu devido a profundidade reduzida destas. A solução encontrada pela arquiteta foi abrir três buracos na calçada da rua, e transplantar as plantas para os mesmos, o que possibilitou o seu crescimento. Da mesma forma, na fachada do bloco de trás, onde a *Thumbergia* foi plantada em vasos de fibrocimento apoiados nos beirais, esta também não se desenvolveu, tendo que ser trocada por outra espécie de trepadeira, a *Allamanda violacea*, espécie de clima tropical que possui caules lenhosos e folhagem brilhante, permanente, e floresce quase o ano todo.

Com relação ao telhado verde da Ecohouse Urca, Litchtenberg (2006) ressalta que a decisão de sua implantação foi tomada devido à necessidade de conseguir uma efetiva redução do ganho térmico através da cobertura, para possibilitar a mitigação do *runoff* durante o pico do horário da chuva, reduzindo os riscos de alagamentos, e para obtenção de um efeito estético mais agradável, já que todo o terreno da residência era pavimentado (Figura 29). A arquiteta observa ainda que, para viabilizar a implantação dos jardins, foi necessário fazer uma obra de reforço estrutural em ferro, pois as alvenarias internas e externas da edificação eram estruturais e várias das alvenarias internas foram demolidas.



Figura 29 – Telhado verde - Ecohouse Urca, Rio de Janeiro
Fonte: Litchtenberg (2006, p.207)

Em Porto Alegre, uma loja da rede C&A, inaugurada em 2009, conta com um telhado verde de 640 m², mostrado em parte na Figura 30. O prédio foi remodelado e adota

conceitos de sustentabilidade com o objetivo de racionalizar o consumo de água, de energia e, conseqüentemente, de emissão de CO₂. Sua cobertura verde proporciona maior isolamento térmico da laje de cobertura, reduzindo as variações de temperatura no interior da loja, e, conseqüentemente, a demanda pelo ar condicionado. Além disso, proporciona um ambiente agradável para uso dos funcionários e auxilia na retenção da água da chuva, evitando que esta sobrecarregue a rede de águas pluviais. O projeto possui ainda outras iniciativas que reduzem os impactos ambientais gerados pela sua reforma e funcionamento, e que pretendem em um prazo de dois anos, reduzir o consumo de água entre 30% e 40%, e o de energia em 20% (INSTITUTO C&A, 2012).



Figura 30 – Loja da C&A – Porto Alegre, RS

Fonte: <<http://www.ecotelhado.com.br/Lists/imagensnossosprojetos/Attachments/6/LOJA%20DA%20CeA%20-%20ecotelhado.JPG>> Acesso em: 24 jul. 2012

No Instituto de Arte Contemporânea e Jardim Botânico “Inhotim”, em Brumadinhos, Minas Gerais, projetos de arquitetos variados tem como premissa uma forte integração da vegetação com o ambiente construído. A vegetação integra-se com as galerias de arte contemporânea e obras expostas em meio aos jardins, no considerado maior centro de arte ao ar livre da América Latina (INHOTIM, 2012).

Na Galeria Cosmococas, projeto do escritório Arquitetos Associados, a cobertura foi concebida como um telhado verde que dá continuidade a paisagem existente (Figura 31 e Figura 32). Segundo o escritório autor do projeto,

O edifício é uma intervenção radical na topografia que reforça sua presença ambígua como um artefato de pedra construído, quando visto de baixo, e como uma cobertura verde que é uma continuidade da paisagem com sutis limites ortogonais, quando visto do alto, o que macula intencionalmente os limites entre edifício e paisagem (ARQUITETOS ASSOCIADOS, 2012)



Figura 31 – Galeria Cosmococas - Museu Inhotim, Minas Gerais
Foto: autora



Figura 32 – Galeria Cosmococas - Museu Inhotim, Minas Gerais
Fonte: <http://www.arquitetosassociados.arq.br/?attachment_id=578> Acesso em: 28 jul. 2012

Outros fatos também comprovam como vem crescendo a importância de soluções construtivas mais sustentáveis no país, incluindo a utilização da vegetação na arquitetura, como a criação de um Projeto de Lei PL 115/09 na cidade de São Paulo, em 2009, que obriga a instalação de telhados verdes nos edifícios, residenciais ou não, com mais de três unidades agrupadas verticalmente, cujos projetos foram protocolados na Prefeitura para aprovação. O Projeto é de autoria da vereadora Sandra Tadeu (DEM), que também é

médica, e observa que o aumento da fração de área vegetada em regiões fortemente urbanizadas amplia a extensão das superfícies de evaporação e de evapotranspiração, podendo modificar o balanço hídrico da superfície urbana, evitando a vulnerabilidade da população a enchentes e deslizamentos de terra¹⁹ (OBSERVATÓRIO ECO, 2013).

Além deste, o Projeto de Lei 01-0622/08 dispõe sobre a isenção parcial do imposto predial e territorial urbano – IPTU - incidente sobre imóveis construídos ou adaptados com as medidas de proteção ambiental que especifica. Uma destas medidas propõe a isenção de 15% do valor total do IPTU para imóveis que possuem vegetação (telhado verde) em todos os telhados disponíveis da edificação.

Este Projeto de Lei prevê ainda a isenção de 5% do valor do IPTU para o plantio de árvore na calçada defronte ao imóvel ou preservação de árvore já existente. A espécie deve ser adequada à arborização de vias públicas.

Voltando aos edifícios públicos, a própria sede da Prefeitura Municipal de São Paulo - Palácio da Anhangabaú - no centro da cidade, possui um teto verde que contrasta com o cinza predominante nesta região da cidade, e contempla, inclusive, árvores e arbustos de maior porte (Figura 33).

¹⁹ Outra proposta seria a substituição das superfícies escuras existentes no meio urbano, que absorvem calor, por superfícies claras, que são capazes de refletir a energia solar que incide sobre elas, solução indicada pela campanha One Degree Less - Um Grau a Menos – desenvolvida pelo Green Building Council Brasil, instituição responsável pela certificação LEED no país (ONE DEGREE LESS, 2013). A proposta seria pintar a cobertura das edificações de branco, como forma de reduzir a temperatura interior e, conseqüentemente, o seu consumo energético, reduzindo também o efeito de ilha de calor urbano. Esta proposta virou inclusive um projeto de lei na Cidade de São Paulo, proposto pelo Vereador Antônio Goulart, do PMDB, e aprovado em primeira votação na Câmara Municipal no fim de 2010, com o objetivo de tornar compulsória a adoção de telhados brancos na cidade. Entretanto, esta solução foi, ao mesmo tempo, alvo de muita discussão e polêmica entre os estudantes do tema, por dois motivos. O primeiro, é que um telhado branco em clima tropical quente e úmido deixará rapidamente de ser branco, pois o clima é o principal fator na colonização por fungos e outros microrganismos com pigmentos escuros. O segundo motivo, é que muitos especialistas preferem indicar a adoção de coberturas verdes ao invés de coberturas brancas, já que estas, além de também contribuírem para a redução do consumo energético das edificações, trazem uma série de outros efeitos positivos, como o aumento da umidade relativa do ar, a redução da poluição local, o aumento da biodiversidade, e a retenção da água de chuva, colaborando para a redução de enchentes, por exemplo.



Figura 33 – Edifício da Prefeitura da cidade de São Paulo
Fonte: a autora

No Estado do Espírito Santo, o Projeto de Lei Nº 260/12 também dispõe sobre a implementação de sistemas de naturação através da criação de telhados verdes em telhados verdes não deve ser inferior a 40% da área total do telhado. Neste Estado o Poder Executivo fica autorizado a criar parcerias, incentivos fiscais e financeiros aos Municípios partícipes do Programa.

O Estado de Santa Catarina, igualmente, criou a Lei nº 14.243/07 que dispõe sobre a criação de telhados verdes em espaços urbanos densamente povoados, com área não inferior a 40% da área total da edificação. Esta Lei também incentiva ao Poder Executivo a criação de parcerias, incentivos fiscais e financeiros aos Municípios participantes.

Neste ponto é importante observar que os exemplos de legislações analisados até o momento não dispõe sobre a utilização de vegetação em superfícies verticais, apesar dos inúmeros benefícios que também podem ser proporcionados por fachadas verdes aos espaços urbanos, como será visto no Capítulo 3 a seguir.

Em todo caso, os exemplos de projetos apresentados traçam uma breve representação de como a vegetação vem sendo integrada ao espaço construído de formas variadas em diversas cidades do mundo, assim como no Brasil.

Apesar dos exemplos brasileiros documentados não serem (ainda) tão inovadores quanto os internacionais, já é possível visualizar o (re)nascimento de uma nova linguagem arquitetônica alinhada com os preceitos da Sustentabilidade, na qual a integração da vegetação à edificação é um apenas um dos requisitos, mas que pode proporcionar, entretanto, inúmeras vantagens.

3. Principais vantagens e desvantagens do emprego da vegetação na edificação no clima tropical quente e úmido

Os microclimas não podem ser compreendidos sem a consideração da influência das edificações, pois o desempenho ambiental do recinto urbano²⁰ é resultado do comportamento da arquitetura que o forma. Como o estudo dos microclimas é fundamental para a compreensão do que deve ser controlado no interior do ambiente construído de forma a se obter o melhor conforto ambiental possível, entender os recintos urbanos torna-se importante, pois, além de possibilitar o conhecimento de um comportamento microclimático previsível, permite a compreensão da interação entre as formas edificadas e a ambiência urbana (MASCARÓ & MASCARÓ, 2009).

Para isto, devem ser levados em consideração os efeitos das ações humanas sobre o entorno e a influência destas modificações sobre a ambiência dos edifícios. As modificações no solo ocasionadas pela ação do homem, inclusive sobre as superfícies do meio urbano – seja a topografia do terreno, superfícies do solo ou coberturas – podem alterar o microclima do local. Ou seja, estas superfícies têm um importante papel na constituição do microclima, devido à diversidade de tipos e características dos diferentes materiais que as compõem, que apresentam diferentes graus de permeabilidade, capacidade de difundir (difusividade) ou acumular (efusividade) energia térmica e diferentes coeficientes de reflexão, absorção e emissividade (VASCONCELLOS, 2006).

3.1. A interação das superfícies das edificações com o microclima urbano

Observando os fenômenos térmicos envolvidos, as superfícies opacas predominantes nas grandes cidades podem tanto absorver quanto refletir a radiação solar incidente, e a quantidade de energia absorvida ou refletida depende de sua cor e características. Se as superfícies que formam o recinto urbano armazenam e irradiam muito calor, isso se refletirá no aumento da temperatura local, e conseqüentemente, no decréscimo da umidade relativa. Se as superfícies forem semitransparentes a radiação pode

²⁰ Recintos urbanos, de acordo com Mascaró & Mascaró (2009) são criados através da delimitação da natureza e definidos somente por dois planos: piso e parede.

ainda atravessá-las. E é desta forma que a insolação que incide sobre as superfícies de um recinto urbano gera reflexos na temperatura do ar local (CORBELLA & YANNAS, 2009).

Da mesma forma, com relação à superfície do solo, quanto maior é seu teor de umidade, maior é a sua condutibilidade térmica, e quanto menor, mais rápido o solo esquenta durante o dia, e da mesma forma devolve o calor armazenado ao meio, durante a noite, o que resulta na modificação da amplitude térmica diária. Os materiais usualmente utilizados para revestimento do solo urbano, principalmente o concreto e o asfalto, modificam suas condições de porosidade e drenagem, acarretando alterações na umidade atmosférica e na pluviosidade locais, propiciando também o surgimento de ilhas de calor. Como a umidade atmosférica é consequência da evaporação das águas e da transpiração das plantas, a escassez de vegetação torna-se um aspecto negativo do crescimento das cidades.

Na escala dos edifícios ainda, de acordo com Corbella & Yannas (2009), os materiais constituintes dos revestimentos de pisos, fachadas e coberturas, além de gerar reflexos no microclima local, determinam também o seu desempenho térmico e influenciam no conforto térmico de seus usuários. Considerando-se que, as superfícies externas absorvem energia solar durante o dia e a irradiam, sobretudo, durante a noite, percebe-se a importância da escolha adequada de materiais no planejamento dos espaços urbanos.

O conhecimento das propriedades térmicas dos materiais de construção e das leis básicas de transferência de calor permite prever qual será a resposta de um prédio às variações do clima externo e, em consequência, tomar decisões a respeito de quais materiais empregar num determinado clima, para facilitar uma situação de conforto térmico aos seus habitantes [...] (CORBELLA & YANNAS, 2009, pg. 48).

Com a substituição progressiva da cobertura vegetal natural por superfícies inertes e pavimentadas, acontece a alteração dos fatores de absorvância, refletância²¹, transmitância²² e emitância²³ das superfícies inter-relacionadas. Consequentemente é alterado também o equilíbrio do ciclo térmico diário.

²¹ A refletância (ρ) é definida como o quociente da taxa de radiação solar refletida por uma superfície pela taxa de radiação solar incidente sobre esta mesma superfície, ou seja, identifica o percentual de energia que não será transmitido a seu interior (NRB 15220:2005).

²² A transmitância (τ) é o quociente da taxa de radiação solar que atravessa um elemento pela taxa de radiação solar incidente sobre este mesmo elemento (NRB 15220:2005).

²³ A emitância (E) refere-se à taxa de emissão de radiação de um material, por unidade de área (NRB 15220:2005).

Conforme aponta Hertz (2003), o concreto, por exemplo, reflete de 25% a 35% da luz incidente, enquanto a grama tem um nível de reflexão de 10 % a 15%, e a sua utilização em pisos e coberturas pode ser vantajosa para diminuir a reflexão de luz e calor para o interior do edifício. Como as cidades possuem sua massa edificada constituída por materiais com propriedades diversas, estes influenciam diferentemente na quantidade de energia térmica acumulada e irradiada para a atmosfera.

A reflexão da radiação de onda curta depende ainda da geometria da edificação. De acordo com Romero (1988), fachadas irregulares e coberturas vizinhas não planas contribuem para minimizar os efeitos de reflexão da radiação solar intensa.

Equipamentos de aproveitamento da energia solar (coletores térmicos e fotovoltaicos), em função de sua eficiência na absorção da radiação solar direta, resultado tanto do projeto de arquitetura que o suporta (orientação, inclinação, não existência de sombras projetadas sobre os painéis), quanto da tecnologia em uso, também possuem papel significativo nestas trocas de radiação entre as superfícies urbanas.

Além disso, segundo Romero (1988), em regiões urbanas de clima tropical quente e úmido, é comum verificar-se um baixo albedo²⁴ das superfícies, que normalmente são úmidas e escuras, absorvendo a radiação solar incidente e favorecendo a estabilidade do clima, pois a radiação excessiva é absorvida e armazenada rapidamente. Na Tabela 1, pode-se verificar que a superfície coberta por vegetação possui um baixo albedo quando comparada aos demais materiais utilizados nas superfícies urbanas.

²⁴ Albedo: À razão entre a quantidade de radiação refletida pelo entorno de uma região e a radiação que incide sobre ele (VASCONCELLOS, 2006).

ELEMENTO	TIPO	REFLEXIVIDADE E/OU ALBEDO (%)	EMISSIVIDADE (%)	ADMISSÃO TÉRMICA OU EFUSIVIDADE J/M ² - S ^{1/2} □K
Solos	Areia seca, dunas	30 - 75		
	Arenoso molhado	20 - 30		
	Arenoso seco	25 - 35	84 - 91	
	Cinza úmido	20 - 20		
	Umido			2500
	Seco			600
	Variação total	20 - 75	90 - 98	
Vegetação	Campina	10 - 30		
	Campo verde	3 - 15		
	Chaparral	15 - 20		
	Florestas	5 - 20		
	Floresta caducifólia	10 - 20		
	Floresta de coníferas	5 - 16	97 - 98	
	Gramma	20 - 30	90 - 95	
	Pantanal	12	97 - 99	
	Pasto marrom	25 - 30		
	Trigo	15 - 25		
	Variação total	5 - 30	90 - 99	
Água	Com ângulo de sol alto	5	92 - 97	
	Com ângulo de sol baixo	95	92 - 97	
	Neve fresca	70 - 95	99	
	Neve velha	40 - 70	82	
	Variação total	5 - 95	92 - 97	1500
Superfícies	Asfalto	5 - 15	95	
	Concreto	10 - 50	71 - 90	
	Ferro ondulado	10 - 16	13 - 28	
	Pedra	20 - 35	95 - 95	
	Telhado de ardósia	10	90	
	Telhado cerâmico	10 - 35	90	
	Telhado de palha	15 - 20		
	Telhado de pixe e pedra	8 - 18	92	
	Pintura branca	50 - 90	85 - 95	
	Pintura vermelha, marrom e verde	20 - 35	85 - 95	
	Pintura preta	2 - 15	90 - 98	
	Tijolo	20 - 50	90 - 92	950
	Variação total	2 - 95	13 - 95	
Ar	Calmo			5
	Turbulento			400
	Variação total			

Tabela 1- Propriedades de materiais – albedo, emissividade e efusividade
Fonte: modificado de Brown & Gillespie (1995 in VASCONCELLOS, 2006, pg. 38)

Outros fatores agem nesta interação das superfícies com o microclima urbano, como a inércia térmica, talvez o mais importante para manutenção da qualidade do ambiente interno pela defasagem na troca de energia com o entorno, estando relacionada ao amortecimento e atraso da onda de calor, devido ao aquecimento ou ao resfriamento dos materiais. “Entende-se por Inércia a capacidade que têm os corpos de permanecer no estado em que se encontram” (CORBELLA & YANNAS, 2009, p. 213). Segundo os mesmo autores, a temperatura externa elevada, a radiação solar incidente e os ganhos de calor internos provocam flutuações na temperatura interna do edifício, o que gera desconforto

térmico e aumento da carga de ar condicionado. A utilização de materiais com inércia térmica adequada pode colaborar para minimizar ou resolver o problema de ganho de calor devido à alta temperatura externa e incidência de radiação solar, principalmente quando associada à ventilação noturna.

Desta forma, através do controle da radiação solar por obstrução e reflexão, por irradiação do calor, por filtração, etc., conclui-se que o emprego da vegetação integrado à edificação, seja através da arborização ou da sua utilização em superfícies horizontais e/ou verticais, pode ser uma importante estratégia para o alcance do equilíbrio do microclima urbano (FURTADO, 1994 *in* VASCONCELLOS, 2006).

Embora o emprego da vegetação também possa ter resultados positivos em relação a redução do ruído urbano, ao conforto lumínico, à qualidade do ar e visual, entre outros, sua maior influência se dá em relação aos aspectos relacionados ao conforto higrotérmico dos usuários no espaço urbano onde esta é utilizada.

3.2. Características do clima tropical quente e úmido

O Mapa de Clima do Brasil, do IBGE, identifica no país cinco tipos de climas: o clima Equatorial que engloba os estados do Amazonas, Acre, Rondônia, Pará, Amapá e parte de Roraima; o clima Temperado, que inclui os estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e parte do Paraná; o clima Tropical Nordeste Oriental, que engloba Sergipe, Alagoas, parte de Pernambuco, Paraíba e do Rio Grande do Norte, além de uma pequena parte da Bahia; o clima Tropical Zona Equatorial, abrangendo o Ceará e parte do Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Maranhão, Tocantins e um pequeno pedaço da Bahia; e o clima Tropical Brasil Central, que inclui Mato Grosso do Sul, Goiás, Minas Gerais, São Paulo, Rio de Janeiro, Espírito Santo, grande parte da Bahia e parte do Tocantins, Piauí e Paraná. Ou seja, a maior parte do Brasil é classificada como pertencente ao clima Tropical²⁵.

Este é subdividido ainda em quente, sub quente, mesotérmico brando e mesotérmico mediano, e em superúmido, úmido, semiúmido e semiárido, conforme mostra o mapa da

²⁵ As regiões tropicais compreendem uma faixa imaginária ao redor do mundo com uma extensão de 23,5° de latitude para cima e para baixo da linha do Equador, que define os chamados Trópicos de Câncer, ao norte, e de Capricórnio, ao sul, abrangendo aproximadamente 40% da extensão do planeta. Estas regiões são determinadas, em parte, por uma característica em comum que é uma temperatura média anual em torno de 20°C, e uma temperatura máxima de 43°C na estação mais quente. Outra característica marcante é a incidência do sol ao meio dia quase perpendicular à superfície terrestre, durante todo o ano (HERTZ, 2003).

Figura 34, no qual se percebe claramente que o clima tropical quente e úmido - representado pelos tons de roxo e lilás - é predominante no Brasil.

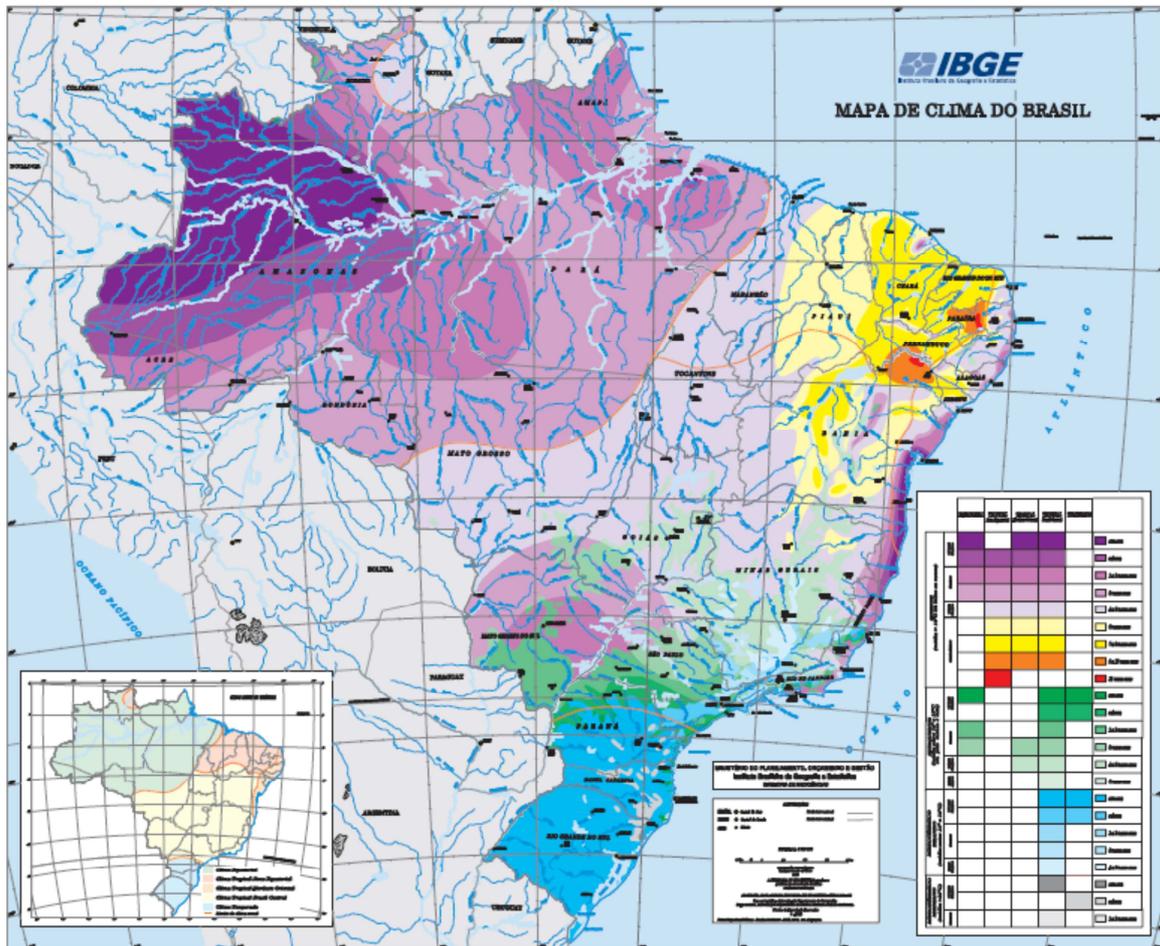


Figura 34 – Mapa de Clima do Brasil
Fonte: IBGE

Com exceção do clima tropical semiárido e do clima temperado, os demais climas brasileiros compreendem soluções arquitetônicas comuns, nos quais a arquitetura deve confrontar condições de alta temperatura e umidade, Sol forte e chuvas intensas. O nível de iluminação também é alto, embora o céu possa ficar cinzento quando a nebulosidade é elevada (HERTZ, 2003).

Embora seja possível caracterizar a zona quente e úmida em termos gerais, é preciso considerar as variações de temperatura, umidade, ventos, chuvas e Sol nas diferentes regiões tropicais brasileiras (HERTZ, 2003). Apesar de algumas regiões apresentarem intensas variações climáticas durante o ano, o que faz com que o projeto

arquitetônico tenha que atender tanto necessidades de inverno quanto de verão, as regiões tropicais caracterizam-se pela ausência de variações anuais, o que torna a adequação do projeto às características do lugar menos complexa (HERTZ, 2003).

Suas características mais notáveis são, como o próprio nome diz, a alta umidade combinada à elevada temperatura, que geram um grande desconforto.

Em termos de soluções arquitetônicas, nas regiões quentes e úmidas é importante conseguir um alto nível de sombreamento e, desta forma, evitar a penetração dos raios solares nos ambientes para impedir um maior ganho de calor. Ou seja, a sombra deve ser formada exteriormente à edificação, por elementos que, preferencialmente, protejam a mesma também da chuva.

Por outro lado, o edifício deve ser o mais permeável possível para favorecer a ventilação, fundamental para aumentar o conforto nos climas quentes e úmidos durante pelo menos 85% do ano, segundo o mesmo autor. Assim, devem-se proteger as aberturas da radiação solar direta, porém não fazer destas proteções obstáculos aos ventos.

Além disso, as construções não devem ter uma inércia térmica muito grande, o que dificultaria a retirada do calor interno armazenado durante o dia, prejudicando o resfriamento da construção quando a temperatura externa noturna está mais baixa do que a interna (CORBELLA & YANNAS, 2009; FROTA & SCHIFFER, 2001).

Ainda segundo Frota & Schiffer (2001), a cobertura também deve ser feita com material de inércia média, além de utilizar elementos isolantes ou camadas de ar ventiladas, que impedem que o calor externo penetre nos ambientes internos.

Neste contexto, a vegetação exerce papel fundamental, possibilitando diversas vantagens conforme relacionado no Capítulo a seguir.

3.3. Vantagens da vegetação no conforto higrotérmico

O efeito mais procurado quando da utilização da vegetação em projetos urbanos é, normalmente, o sombreamento, uma vez que esta pode proteger a edificação e o solo ocupado da insolação direta indesejada. Segundo Mascaró & Mascaró (2009) sob grupamentos arbóreos a diferença de temperatura pode ser de 3°C a 4°C quando comparada a áreas expostas a radiação solar.

Abreu & Labaki (2011) observam que o manejo das árvores no meio urbano ocorre de duas maneiras, sendo uma dentro do lote, sombreando a fachada da edificação, e outra nas ruas (Figura 35), sombreando o passeio e os carros.

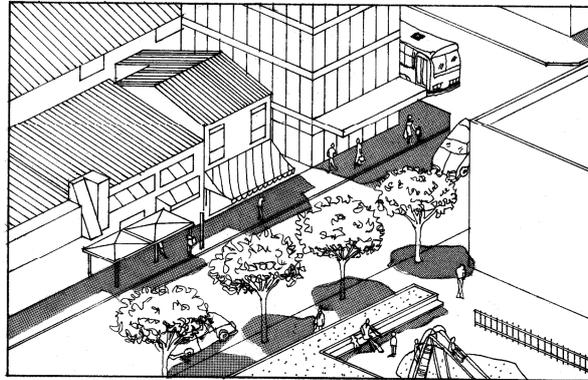


Figura 35 – Sombreamento do passeio através da arborização
Fonte: Frota & Schiffer (2001, pg.73)

Ainda em relação ao estrato arbóreo, além de oferecer sombreamento, a presença de árvores permite a passagem da brisa local e absorve a radiação de onda longa que incide sobre as folhas refrescadas pela evapotranspiração²⁶, como observam diversos autores (MASCARÓ & MASCARÓ, 2009, 2010; CORBELLA & YANNAS, 2009; FURTADO, 1994 *in* VASCONCELLOS, 2006).

Sendo que a influência da vegetação no controle do equilíbrio climático do ambiente urbano pode ser mensurada pela relação entre a energia solar transmitida, absorvida ou refletida. A radiação de onda curta incide nas folhas e é parcialmente transmitida como radiação difusa. A radiação transmitida depende da sua transparência, cor e espessura, da distribuição e do adensamento dos troncos, dos ramos e do ângulo de incidência dos raios solares. A reflexão da radiação solar depende da morfologia e das características físicas das plantas. Já a absorção varia de acordo com a pigmentação das folhas, que, de acordo com Mascaró & Mascaró (2009), absorvem em torno de 50% da radiação de onda curta e 95% da radiação de onda longa. Entretanto, os mesmo autores lembram que a emissividade das folhas é elevada, variando de 0,94 a 0,99, o que mostra a baixa capacidade de armazenamento de calor. Desta forma, a vegetação pode tanto obstruir quanto filtrar a radiação incidente. A obstrução é proporcional à absorção, e caracteriza-se pelo bloqueio da

²⁶ Evapotranspiração: parte da água existente no solo que é utilizada pela vegetação e é eliminada pelas folhas na forma de vapor. As plantas retiram água do solo por meio de suas raízes e transpiram graças aos estômatos de suas folhas (BRAGA, 2005).

radiação, e a filtragem caracteriza-se pela interceptação parcial da radiação incidente (MASCARÓ & MASCARÓ, 2009).

As características das diferentes espécies de árvores, assim como de arbustos, tais como densidade e formato de copa, tipo de tronco e lâmina e tamanho das folhas, influem nesta atenuação (ABREU & LABAKI, 2011).

Do ponto de vista da geometria de incidência, conforme observa Vasconcellos (2006), é importante lembrar que a radiação solar atinge o interior da cobertura vegetal de formas variadas, seja pelas bordas e espaços abertos que se formam, seja pela radiação difusa derivada da reflexão das folhas e da superfície do solo. Portanto, a atenuação da radiação na cobertura vegetal depende pontualmente da densidade da folhagem, do arranjo das folhas e do ângulo existente entre a folha e a radiação incidente (LARCHER, 2000:44 *in* VASCONCELLOS, 2006).

As árvores e arbustos podem ser utilizados também para controle dos ventos, canalizando os ventos desejáveis ou obstruindo a passagem dos ventos indesejáveis, aumentando ou reduzindo o seu fluxo natural e, até mesmo provocando alterações na sua direção.

A ventilação pode proporcionar o resfriamento das edificações em regiões quentes e úmidas, além da renovação de ar dos espaços fechados, assegurando a qualidade necessária ao bem estar humano. Neste contexto, a vegetação pode ser utilizada de acordo com as necessidades de projeto, evitando, por exemplo, velocidades muito elevadas ou reduzidas, transporte de poeiras e a geração de ruídos (MASCARÓ & MASCARÓ, 2010).

Além disso, no controle da umidade, as plantas modificam os níveis de conforto ao absorverem as águas da chuva e devolvê-las à atmosfera. Portanto, ao controlar a radiação solar, o vento e a umidade, a presença da vegetação vai alterar também as temperaturas próximas do solo, devido à dispersão ou absorção da radiação solar e pelo processo de evapotranspiração (VASCONCELLOS, 2006).

Já as forrações são o estrato vegetal mais frequentemente utilizado em coberturas e fachadas.

Romero (1988) observa que uma cobertura ou fachada protegida por vegetação (Figura 36) possui uma absorvância maior do que uma superfície pavimentada, absorvendo melhor a radiação e, ao mesmo tempo, reduzindo a reflexão sobre as superfícies vizinhas e emitindo uma quantidade menor de calor ao meio. Entretanto, essa energia não é transmitida às demais camadas da edificação, como no processo dos corpos inertes, mas absorvida pelas folhas, no processo metabólico. Ao evitar que as superfícies inertes,

anteriormente expostas, absorvam a energia da radiação solar, verifica-se a redução da temperatura dos ambientes internos subjacentes. A utilização da vegetação sobre as superfícies do edifício reduz conseqüentemente, a demanda do edifício por condicionamento de ar.



Figura 36 – Cobertura e fachada verdes

Fonte: <<http://www.ecotelhado.com.br/Por/ecotelhado/default.aspx>> Acesso em: 19 jan. 2012

Embora os valores possam variar em função de aspectos climáticos locais, Krunch (1982 *in* ALMEIDA, 2008) ressalta que, da radiação que atinge uma cobertura com vegetação, aproximadamente 27% é refletido, 60% é absorvido pelas plantas e pelo substrato através da evapotranspiração e 13% é transmitido para a base de suporte.

Almeida (2008) aponta também que em medições realizadas com diversas espécies de plantas utilizadas em coberturas verdes, foram encontradas temperaturas maiores sobre as vegetações mais esparsas, e temperaturas menores sobre vegetações mais densas, sendo que independente do tipo de vegetação, a maior temperatura medida foi de 36° C. Para o arbusto mais denso utilizado nas medições, a máxima variação de temperatura obtida durante o dia foi de 3° C, e a temperatura máxima medida foi de 26,5° C, muito abaixo dos valores medidos para a laje plana e a laje recoberta com solo sem vegetação.

Outros autores contemporâneos parecem endossar esta afirmativa: Saini (1970 *in* KONYA, 1981) nota que a utilização de grama e outros tipos de vegetação sobre a cobertura das edificações podem gerar o esfriamento do ar sobre esta superfície, e, além disso, as raízes das plantas contêm certa quantidade de umidade que contribui para manter baixa a temperatura e prolongar a vida útil do concreto da laje de cobertura, reduzindo sua

contração e dilatação em períodos de variações de temperatura extensas, o que poderia causar fissuras e, conseqüentemente, infiltrações. Esta redução da temperatura do ar no nível das coberturas tem também um impacto significativo na atenuação do efeito de ilha de calor²⁷ urbana (LICHTENBERG, 2006). O mesmo efeito pode ser considerado quando do emprego de vegetação em fachadas.

A utilização de vegetação nas superfícies horizontais ou verticais reduz também as variações de umidade do entorno imediato. Quando o ar está seco, as plantas evaporam uma quantidade considerável de água e elevam a umidade relativa do ar. Quando o ar está muito úmido, podem diminuir a umidade através da formação de orvalho (MINKE, 2005).

3.4. Vantagens da vegetação no conforto acústico urbano

Outro fator que vem contribuindo para deteriorar a qualidade do ambiente urbano é o ruído, consequência do aumento da população, do desenvolvimento industrial, da presença de inúmeros canteiros de obras, do tráfego intenso de veículos, da impermeabilização e utilização de materiais duros nas superfícies construídas, etc.

O controle deste ruído pode ser feito de três formas: na fonte, na trajetória de transmissão ou no receptor. O controle na fonte, consiste em alterar o processo de geração do ruído, através do entendimento de como o som está sendo produzido e o que pode ser feito para minimizar seus mecanismos básicos de geração. O controle do ruído na trajetória de transmissão pode ser feito através de diversas formas: aumento da distância entre a fonte e o receptor, tratamento das superfícies com materiais fonoabsorventes, segregação de áreas, dentre outros. Já o controle do ruído no receptor consiste no uso de EPI – equipamentos de proteção individual (BISTAFA, 2006).

As alternativas para atenuação do ruído urbano relacionadas nesta pesquisa encontram-se no contexto da trajetória de transmissão: através da utilização da vegetação como componente de barreiras acústicas naturais e como material de revestimento das superfícies construídas – em paredes, reduzindo a reflexão em relação ao ruído aéreo, e no piso (neste caso, associada ao solo em que as plantas crescem), reduzindo o ruído de impacto e também a reflexão.

²⁷ Ilha de calor é um efeito da climatologia urbana caracterizado por manter a temperatura do ar frequentemente mais alta na área urbana do que nas áreas vizinhas devido à redução ou eliminação da vegetação e impermeabilização do solo; devido aos efeitos causados pela emissão de calor pelas edificações, veículos e indústrias; e efeitos causados pela transformação da energia solar em térmica no interior da cidade, etc. “Assim, as atividades humanas aliadas ao fluxo natural de energia geram um ‘balanço energético próprio’ na cidade, criando áreas mais quentes e propiciando uma circulação local do ar característica – a ilha de calor urbano” (VASCONCELLOS, 2006).

Com relação ao emprego da vegetação como componente de barreira acústica, o objetivo é criar uma zona de sombra acústica, impedindo que o ruído alcance a área a ser protegida. Uma parte da energia sonora que incide sobre a barreira é refletida e tem sua trajetória modificada, e a outra parte da energia sonora é difratada, fazendo com que o campo sonoro na região do receptor, ou seja, após a barreira, seja modificado.

Barreiras acústicas podem ser implantadas através de elementos naturais, artificiais, ou através da combinação de ambos, configurando uma barreira acústica mista. A implantação de taludes e desníveis de terra funciona como barreira acústica natural, e tem a vantagem de não gerar o desconforto visual que uma barreira artificial geralmente ocasiona. Um muro de concreto revestido por vegetação pode funcionar como uma barreira acústica mista, aliando as vantagens da barreira acústica artificial com a absorção sonora propiciada pela vegetação. Ou seja, coberto por vegetação, o muro refletirá menos energia do que quando executado somente com concreto. Além disso, os elementos vegetais entram, neste caso, para humanizar a barreira e seu aspecto na paisagem.

No caso das barreiras acústicas naturais (Figura 37), a capacidade de atenuação sonora depende mais da densidade, largura e altura da vegetação, do que da diferença entre forma e tipos de folhas e galhos. Neste caso, o processo de espalhamento do som tem uma importância maior do que a absorção. Nas médias frequências, a atenuação é causada pelo espalhamento sonoro nos troncos e galhos das árvores, e nas altas frequências, pelo espalhamento e absorção na folhagem. Nas baixas frequências, existe ainda uma atenuação adicional gerada pelo solo onde cresce esta vegetação, uma vez que raízes, vegetação rasteira e arbustos proporcionam uma característica acústica macia ao solo.

De um modo geral, folhagem, pequenos ramos e arbustos têm a propriedade de absorver o som, ainda que parcialmente. Já os troncos, ramos grandes e folhagem densa espalham o som. Assim, um cinturão verde interposto entre a fonte e o receptor funcionará como uma barreira acústica vazada, podendo tanto absorver como espalhar o som que incide sobre ele (BISTAFÁ, 2006).



Figura 37 – Barreira acústica natural vazada

Fonte: <<http://www.ebiobambu.com.br/img/12.jpg>> Acesso em: 20 abr. 2011

Entretanto, o efeito de redução sonora proporcionado pela vegetação é inferior ao térmico: a redução propiciada por uma faixa de 100 metros de vegetação densa é de apenas 10 dB (A), ou seja, da ordem de 1 dB (A) para cada 10 metros de vegetação (NIEMEYER *et. al.*, 2001).

Segundo Bistafa (2006), o valor de atenuação máximo de um cinturão verde de 30m de largura é de 10 dB, para uma vegetação com folhagem densa. Sendo que na faixa de frequências de 200 a 2.000Hz, a atenuação é da ordem de 7 dB para cada 30m de largura do cinturão. O autor diz ainda que a barreira deve ter no mínimo 15m de largura para gerar o espalhamento necessário para a atenuação sonora.

Já Posada *et. al.* (2009), dizem que os cinturões de árvores permitem reduzir os níveis de ruído entre 5 dB e 10 dB, porém devem ser amplos – de 20 a 30m – densos, e com pelo menos 14m de altura e vários quilômetros de comprimento.

Apesar das diferenças de valores consideradas entre os diversos autores, percebe-se que um cinturão verde deve ter uma largura considerável para proporcionar uma atenuação de ruído máxima de 10 dB. Quer dizer, neste caso, o controle do ruído na trajetória de transmissão é ocasionado mais pelo aumento da distância entre a fonte e o receptor do que pela presença da vegetação em si.

Entretanto, como no interior do tecido urbano não existe, na maioria das vezes, área útil disponível para a implantação de cinturões verdes com tais dimensões, as barreiras acústicas artificiais tem um emprego mais amplo, e a vegetação pode atuar neste caso como elemento complementar, humanizando a paisagem, compondo desta forma uma barreira acústica mista.

Outro fator a ser considerado é a posição da barreira com relação à fonte sonora. Uma barreira próxima à fonte emissora de ruído é mais eficiente do que próxima à zona a ser protegida (POSADA *et. al.*, 2009).

Mascaró & Mascaró (2010) observam ainda que outra forma de redução do ruído é a utilização de edifícios associados à vegetação servindo como “cortinas”, conforme a Figura 38.

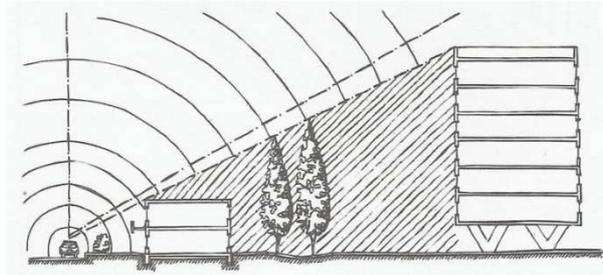


Figura 38 – Uso combinado de massa construída e vegetação como barreira acústica
Fonte: Mascaró & Mascaró (2010, pg. 64)

Além disso, sob o efeito do vento, a vegetação pode se tornar uma fonte secundária de ruído. O ruído do deslocamento dos ramos pode mascarar os sons indesejáveis e participar da ambiência sonora do espaço, qualificando-o. Por outro lado, o vento no sentido fonte-receptor, pode reduzir a eficácia da barreira, principalmente no caso de barreiras situadas a meia distância entre a fonte e o receptor.

A vegetação gera ainda um efeito psicológico na redução da percepção do ruído urbano quando utilizada como barreira visual entre a fonte de ruído e as pessoas afetadas, gerando também uma ambiência urbana mais agradável.

Quando utilizada como revestimento de superfícies – seja em pavimentações, coberturas ou fachadas – a vegetação contribui também para a atenuação do ruído diminuindo o tempo de reverberação do som. A quantidade de superfícies duras encontradas no meio urbano é muito maior do que a quantidade de superfícies macias, e a vegetação é um dos poucos materiais macios existentes possíveis de serem utilizados em ambientes externos como elemento de atenuação do ruído, sendo, portanto, indicado o seu uso (ALMEIDA, 2008).

De acordo com Bistafa (2006), podem ser considerados solos acusticamente duros o asfalto, terra batida, água, solo inundado, etc., e solos acusticamente macios a vegetação,

terra aerada, neve e outros solos fissurados. Nas médias frequências, a atenuação gerada pelo solo macio pode chegar a 30 – 40 dB, segundo o mesmo autor.

Considerando uma trajetória qualquer, a atenuação de solos macios é maior para ângulos (Φ) pequenos e para diferença de trajetórias ($r_G - r_0$) pequenas (Figura 39).

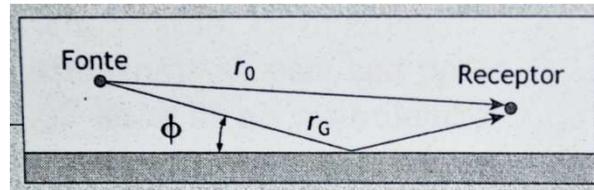


Figura 39 - ângulo de incidência e distância entre fonte e receptor
Fonte: Bistafa (2006, p. 198)

Da mesma forma, conforme aumenta a distância entre a fonte e o receptor, ou se reduz a altura da fonte ou do receptor, o ângulo Φ e a diferença $r_G - r_0$ se tornam menores, ou seja, a capacidade de atenuação sonora proporcionada pelo solo macio aumenta com o aumento da distância entre a fonte e o receptor, e com a redução das alturas da fonte e do receptor. Isto pode ser considerado apenas para solos “lisos”, uma vez que para solos ondulados a interferência do raio refletido direto se torna muito complexa (BISTAFA, 2006).

Além disso, quanto mais poroso for o solo, maior a redução do som, e neste caso, a vegetação tem um papel fundamental, pois através de suas raízes, aumenta a porosidade do solo.

No caso das coberturas verdes tem-se a associação da utilização de material poroso – substrato e vegetação – à utilização de material isolante, no caso da cobertura ser apoiada sobre uma laje. Ou seja, os elementos que compõe a cobertura verde permitem a redução do ruído através da absorção, do isolamento e da dispersão do som, aumentando o seu desempenho acústico.

A absorção é feita, sobretudo, pelas camadas de vegetação e de substrato, como se pode verificar na Tabela 2, que indica os coeficientes de absorção sonora dos materiais utilizados em uma cobertura verde.

Material	Frequência (Hz)					
	125	250	500	1000	2000	4000
Ar (m ³)	0	0	0	0.003	0.007	0.023
Laje de Concreto	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02
Grama, 10cm altura	0.11	0.26	0.60	0.69	0.92	0.99
Solo, Alta Densidade	0.15	0.25	0.40	0.55	0.60	0.60
Árvores, 2m ² 40m altura	0.03	0.06	0.11	0.17	0.27	0.31
Cascalho úmido e pouco compactado	0.25	0.60	0.65	0.70	0.75	0.80

Tabela 2 – Coeficientes de absorção sonora de materiais utilizados em coberturas verdes
Fonte: Egan (1972 in ALMEIDA, 2008)

Porém que mais eficiente do que a absorção e dispersão ocasionadas pela vegetação e substrato, é o efeito de isolamento proporcionado pela própria massa da cobertura em si. O isolamento sonoro promovido por uma superfície depende de sua massa, de sua inflexibilidade e da capacidade de amortecimento das ondas sonoras. Quando um elemento construtivo - seja uma parede, porta, janela, teto ou piso - é submetido a uma variação de pressão sonora, ele vibra, e essa vibração é controlada pela massa da superfície: quanto maior a massa, menor a capacidade de vibração do material, e maior a capacidade de atenuação do ruído²⁸ (CARVALHO, 2010).

Contudo, existem poucas medições sistemáticas sobre a influência da vegetação na atenuação do ruído, e com poucos resultados qualitativos consistentes, o que torna necessário maiores estudos sobre o tema em questão (POSADA *et. al.*, 2009).

E por fim, no clima tropical quente e úmido, a necessidade de ventilação natural gera edificações extremamente permeáveis ao ruído. Portanto, mais importante do que a solução *a posteriori* dos problemas relacionados ao ruído urbano, é a consideração, nos locais com incidência de ruídos indesejáveis, da setorização das atividades e da implantação correta do edifício, evitando-se, por exemplo, a proximidade de atividades com níveis sonoros incompatíveis ou que o vento dominante direcione o ruído para o interior da edificação.

²⁸ Este princípio é chamado de “lei da massa”, e é o que explica a transmissão do som através de uma parede simples: plana, não porosa, homogênea e flexível - em função da sua massa superficial. Pode-se considerar que, para paredes simples, a cada vez que a massa da parede é dobrada, o isolamento sonoro aumenta em cerca de 4 dB. Neste tipo de parede, quanto mais “pesado” for o obstáculo, menor será a quantidade de energia sonora transmitida. Já as paredes compostas obedecem a “lei da massa-mola-massa”, que é a utilização de materiais porosos entre painéis rígidos. Uma parede composta representa uma redução sonora maior do que uma parede simples, considerando a mesma massa superficial, principalmente nas altas frequências (NIEMEYER, 1998).

3.5. Vantagens da vegetação na qualidade do ar

Uma vantagem relacionada ao emprego da vegetação nas cidades é a possibilidade de diminuição da contaminação atmosférica, uma vez que as partículas de poluição ficam aderidas às superfícies das folhas e são levadas pela chuva para o solo. Almeida (2008) observa que através da criação de áreas de sedimentação verde, que podem interceptar e capturar partículas de poluentes até estas serem lavadas pela chuva ou caírem ao solo, a quantidade de material suspenso na atmosfera em áreas verdes é bem mais baixa quando comparada à áreas com asfalto impermeável ou superfícies de concreto.

Além disso, no processo de fotossíntese, as plantas consomem o CO_2 - o tão desejado sequestro de CO_2 - e liberam O_2 no ar, ou seja, contribuem duplamente para diminuir o nível de poluição e, conseqüentemente, o efeito de ilha de calor das cidades.

Segundo o *World Resources Institute*, o Brasil é o 4º maior emissor de gases de efeito estufa (GEE) na atmosfera (MCKINSEY&COMPANY, 2009), sendo que o CO_2 pode ser considerado o principal destes gases. Segundo Roscoe (2003), o sequestro de carbono nos ambientes terrestres vem sendo apontado como uma alternativa mitigadora das mudanças climáticas, sendo contemplada em acordos internacionais como o Protocolo de Kyoto.

Em 2009, o Brasil era responsável por 5% das emissões de GEE e, diferentemente de outros países mais industrializados, e da norma global, a principal fonte de emissões no Brasil é o setor florestal. Somente o desmatamento representa 55% das emissões de GEE (MCKINSEY&COMPANY, 2009).

Já segundo Roscoe (2003), as mudanças nas coberturas vegetais associadas ao desmatamento, devido as diferentes formas de uso da terra, são a segunda fonte antropogênica geradora de carbono para a atmosfera (ROSCOE, 2003). A primeira seria a queima de combustíveis fósseis. De qualquer forma, o desmatamento representa uma grande parcela na emissões de GEE, motivo pelo o qual se deve, sempre que possível, manter a cobertura vegetal natural existente no terreno.

O setor de edificações residenciais e comerciais tem representatividade limitada, respondendo por cerca de 8% das emissões no país. Isso ocorre porque, em função da maior parte do país estar situada em clima tropical, a demanda energética por sistemas de calefação e aquecimento de água é reduzida (MCKINSEY&COMPANY, 2009).

Como foi dito, o papel da vegetação na reversão deste quadro deve-se à sua capacidade de absorver o gás carbônico, fixar o carbono nele contido e liberar o oxigênio na

atmosfera, ajudando a reequilibrar os percentuais dos gases presentes nesta, como parte de um ciclo natural. Isto ocorre através do processo de fotossíntese²⁹.

Roscoe (2003) esclarece que parte do carbono fixado acumula-se no solo, na forma de matéria orgânica do solo (MOS), que é também decomposta, mas em taxas mais lentas, fazendo com que o solo seja um importante reservatório de carbono nos sistemas terrestres³⁰, armazenando quatro vezes mais carbono do que a vegetação.

A habilidade das plantas de diminuir a poluição do ar é determinada por fatores específicos como a área de folhas, morfologia das folhas, características de superfície e longevidade, conforme observa Almeida (2008). Superfícies ásperas favorecem a deposição de partículas, e por este motivo, plantas com troncos ásperos e folhas de superfície texturizada são ideais para serem utilizadas como filtros de poluição de ar. E ainda, quando maior a superfície das folhas e sua densidade, mais poluentes podem ser filtrados.

O mesmo autor explica que, para determinar a contribuição de cada tipo de espécie vegetal em relação à troca com o ambiente de gás carbônico, vapor de água, e outros compostos, além de determinar sua capacidade de retenção de poeiras e de balanço energético, são importantes duas características, que variam de acordo com a espécie, ou grupo de espécies: o LAI (*Leaf Area Index*), ou área de superfície de folhas por metro quadrado de vegetação, e o PAR (*Photosynthetically Active Radiation*), ou a capacidade da planta de absorver a radiação solar para realizar a fotossíntese.

Atualmente, existem diversas metodologias para se obter tanto o LAI quanto o PAR de uma planta, com amostras destrutivas ou não. Existem equipamentos eletrônicos de medição que possibilitam medir também a profundidade das raízes, condutância dos estômatos, difusão da água sobre as folhas, composição do solo, etc. (ALMEIDA, 2008).

Como exemplo, pode-se citar o dado informado pelo diretor técnico do Instituto Cidade Jardim, fabricante de telhados verdes: para cada 10 mil metros quadrados de coberturas verdes instaladas é possível sequestrar cerca de 50 toneladas de carbono (LEAL, 2009).

²⁹ No processo de fotossíntese, 6 moléculas de CO₂ e 6 moléculas de H₂O, mediante um consumo de energia de 2,83 kJ, produzem 1 molécula de C₆H₁₂O₆ (glicose) e 6 moléculas de O₂" (ALMEIDA, 2008).

³⁰ Em uma visão global dos processos envolvidos na dinâmica de CO₂, as alternativas visando a fixação de carbono nos ecossistemas terrestres seriam ineficientes para reverter os problemas causados pelo acúmulo do gás na atmosfera caso sejam mantidos os atuais padrões de consumo de combustíveis fósseis. Ou seja, o sequestro de carbono se torna uma alternativa importante na medida em que é combinado a um esforço efetivo de redução de emissões fósseis (ROSCOE, 2003).

Mascaró & Mascaró (2010) recomendam alguns critérios para arborização das cidades que podem ser também considerados para a arborização das principais superfícies da edificação em função de uma busca por uma melhor qualidade do ar.

Um dos critérios, por exemplo, recomenda que se deva arborizar o mais densamente possível as ruas e avenidas com maior fluxo de veículo pesados que consumam óleo diesel, considerando-se ainda que a emissão de partículas poluentes fica acrescida nas áreas em que os veículos aceleram, como nos semáforos e nas ruas com declividade acentuada. Ou seja, nos lotes voltados para estas áreas urbanas, deve-se procurar proteger as fachadas e a frente das edificações com vegetação sempre que possível. Desta forma, Mascaró & Mascaró (2010) indicam algumas espécies arbóreas de grande porte que podem ser utilizadas para controle da poluição aérea no interior do lote ou entorno imediato, protegendo as fachadas (Figura 40).

Tabela II.7. Espécies arbóreas de grande porte recomendadas para controlar a poluição atmosférica urbana.		
Nome Científico	Tipo de raiz	Nível onde atua
<i>Patagonula americana</i>	Pivotante	Baixo e alto
<i>Pouteria gardneriana</i>	Pivotante	Baixo
<i>Pouteria salicifolia</i>	Pivotante	Baixo
<i>Trichilia clauseni</i>	Pivotante	Alto
<i>Luehea divaricata</i>	Fasciculada	Alto e baixo
<i>Chordia Ecalyculata</i>	Pivotante	Alto
<i>Chordia trychotoma</i>	Pivotante	Alto
<i>Jacaranda micrantha</i>	Fasciculada	Alto

Figura 40 – Espécies arbóreas de grande porte para controle da poluição atmosférica
 Fonte: Mascaró & Mascaró (2010, pg.67)

3.6. Demais vantagens ambientais do emprego da vegetação

Outra questão, conforme observam Mascaró & Mascaró (2010), é a grande influência que a vegetação tem sobre a iluminação natural do recinto urbano e, consequentemente, dos edifícios. O fator de céu visível, que estabelece o desempenho termoluminoso dos recintos urbanos, influencia não só a insolação, como a ventilação e a iluminação natural destes espaços. Ou seja, estes fatores podem ter seus desempenhos reduzidos ou potencializados em função das espécies utilizadas, principalmente as do porte arbóreo.

Também pode ser considerada uma vantagem relacionada ao conforto olfativo o perfume proporcionado por certas espécies de plantas, como a Dama da noite ou Jasmim (*Cestrum nocturnum*). Esta possui um dos aromas mais fortes entre as plantas, e por isso suas flores atraem diversas espécies de abelhas, beija-flores e borboletas. Por outro lado, dependendo da espécie, este fator pode ser considerado também uma desvantagem, pois algumas plantas exalam um odor fétido para atrair seus polinizadores, como a Papo-de-peru, por exemplo.

Do ponto de vista do escoamento das águas pluviais a nível urbano, a utilização de vegetação nas superfícies da edificação possibilita ainda a retenção da água da chuva e o retardamento de sua descarga ao sistema de drenagem, devido ao seu baixo coeficiente de escoamento superficial. Segundo Werneck (2006), este valor pode ser significativo, em comparação a outros elementos usuais: o coeficiente utilizado para coberturas verdes é de 0,27, enquanto para coberturas com telhas cerâmicas é de 0,80. Com isso, os sistemas de drenagem das cidades poderiam ser redimensionados, diminuindo seus custos.

Minke (2005) cita como vantagem também o incremento do habitat natural em áreas urbanas e o efeito estético proporcionado, que influem positivamente no bem estar da população. O efeito que a vegetação pode ter sobre o impacto visual de fachadas e coberturas, em áreas urbanas, provavelmente irá fornecer uma resposta positiva quando comparado à uma linha ininterrupta de fachadas cinzas. Quando superfícies verdes são adicionadas à perspectiva urbana, quebrando a linha reta e acinzentada de fachadas e coberturas através do movimento proporcionado pelas diferentes espécies de plantas, a paisagem torna-se muito mais agradável. Principalmente quando consideramos que o espaço para a implantação de áreas verdes em grandes cidades é limitado, fachadas e telhados verdes podem adicionar um novo e amplo interesse visual em seu cenário, como observa Ottelé (2011).

As plantas servem também como fonte de alimento e como espaço para nidificação ou reprodução para pequenas aves e insetos, como abelhas, besouros, morcegos, pássaros, etc. Ottelé (2011) lembra que a presença destes pequenos animais pode ser uma fonte de prazer considerável para os habitantes da cidade.

Em um aspecto mais amplo da qualidade ambiental, relativo às áreas verdes urbanas, a presença da vegetação favorece também o equilíbrio físico e psicológico dos habitantes da cidade, as relações sociais em praças e áreas de lazer, a conservação do patrimônio natural, a proteção da fauna e a regulação do regime das águas.

Ainda que polêmica, para fins de generalização, Perini *et. al.* (2011) ressaltam a influência das superfícies verdes sobre o valor econômico de um edifício ou bairro, uma vez que estas podem contribuir para o avanço da saúde humana, sendo reconhecidas como terapêuticas em uma série de estudos que ilustram, por exemplo, que pacientes que podem ver vegetação fora da janela de hospitais tendem a se recuperar mais rapidamente do que aqueles que não podem.

Finalmente, voltando a uma de suas funções primeiras, Loh (2008) cita ainda a possibilidade de cultivo de alimentos em superfícies verdes. Embora não pareça haver uma viabilidade comercial neste sentido, há propostas viáveis, tais como o projeto Agro-Housing de Knafo Klimor Arquitetos (Figura 41), planejado para Wuhan, na China, que propõe a criação de uma estufa vertical, onde as famílias possam produzir alimentos próximos à suas residências (KLIMOR, 2008 *in* LOH, 2008).



Figura 41 – Agro-Housing, Wuhan, China
Fonte: <<http://www.kkarc.com/projects.aspx>> Acesso em: 12 set. 2012

Entretanto Minke (2005) observa que as coberturas não são o plano da edificação mais indicado para cultivo, pois a carga de vento e insolação mais fortes e a pequena altura de substrato (necessária a um dimensionamento estrutural econômico) produzem fortes variações de temperatura e umidade que não são propícias ao crescimento das plantas.

Ou seja, a presença da vegetação no ambiente urbano tem efeito sobre as funções ecológica, econômica e social da cidade. A função ecológica pode ser associada com o incremento da biodiversidade, qualidade do ar, qualidade da água e mitigação das alterações climáticas.

Os benefícios econômicos e sociais são mais difíceis de quantificar, principalmente porque muitos efeitos são indiretos, de longo prazo, como o aumento nos valores de

imóveis, a economia de energia para aquecimento e arrefecimento, e o lucro gerado com o aumento do turismo, entre outras coisas.

As funções sociais se relacionariam, principalmente, à possibilidade de coesão social, já que parques, áreas de recreação, telhados e fachadas verdes fornecem pontos de encontro para os moradores locais, além do aumento da qualidade de vida. As cidades podem ser transformadas em paisagens verdes onde moradores podem tirar proveito de inúmeros benefícios proporcionados pela vegetação que cresce, tanto em torno, quanto sobre os edifícios. E conforme ressalta Ottelé (2011), devido a estes benefícios, não é apenas um exercício de estética, mas o emprego da vegetação nas superfícies dos edifícios urbanos é “simplesmente uma coisa altamente racional a se fazer”.

Neste contexto, procurou-se relacionar as principais vantagens proporcionadas pelo emprego da vegetação nas superfícies da edificação catalogadas nesta pesquisa com as superfícies projetuais destacadas na Introdução desta dissertação, para avaliar quais as superfícies tem maior influencia em determinadas vantagens propiciadas pela utilização da vegetação no projeto (Tabela 3).

Principais vantagens potenciais do uso da vegetação na edificação	Aspecto	Superfícies possíveis de implantação		
		PISO	PAREDE	COBERTURA
Aumento do índice de absorção da radiação solar	Higrotérmico	1	1	1
Redução da reflexão da radiação solar sobre as superfícies adjacentes	Higrotérmico	1	1	1
Isolamento térmico	Higrotérmico	1	1	1
Sombreamento	Higrotérmico	1	1	1
Redução das variações de umidade do entorno	Higrotérmico	1	1	1
Redução do efeito de ilha de calor urbano	Higrotérmico	1	1	1
Criação de barreira acústica natural	Acústico	0	1	0
Criação de barreira acústica mista	Acústico	0	1	0
Redução do ruído urbano através da redução do tempo de reverberação	Acústico	1	1	1
Isolamento acústico do ambiente inferior	Acústico	0	1	1
Aumento da qualidade do ar interior	Qualidade do ar	1	1	0
Diminuição da contaminação atmosférica (poluição)	Qualidade do ar	1	1	1
Sequestro de CO2	Qualidade do ar	1	1	1
Conforto olfativo - Aromas agradáveis	Qualidade do ar	1	1	1
Controle dos ventos	Ventilação	0	1	0
Conforto visual/ Efeito sobre a iluminância natural	Conforto lumínico	1	1	1
Ambiente urbano mais agradável / Efeito estético	Múltiplos*	1	1	1
Cultivo de alimentos	Múltiplos*	1	1	1

Economia de insumos (energia, água)	Múltiplos*	1	1	1
Incremento do habitat natural (ecossistema)	Múltiplos*	1	1	1
Retenção de água de chuva	Múltiplos*	1	0	1

Tabela 3 – Principais vantagens relacionadas na pesquisa x Superfícies possíveis de emprego da vegetação
Fonte: a autora

Legenda

1	Consta
0	Não consta

Múltiplos*: Englobam mais de um aspecto – estético, social, econômico, ambiental, etc.

A conclusão que se pode chegar com o cruzamento destas informações é que, com relação aos aspectos relacionados ao conforto higrotérmico, as três superfícies analisadas apresentam bom desempenho dos benefícios relacionados.

Com relação ao conforto acústico, percebe-se que para a criação de barreiras acústicas a superfície de parede, ou seja, vertical, é a que pode gerar esta vantagem. Com relação ao isolamento acústico do ambiente inferior, a superfície de piso não foi considerada, pois, considerando-se a existência de um ambiente adjacente inferior, este plano passa a ser qualificado como cobertura em relação ao ambiente a ser protegido, e não mais como plano de piso.

Sobre as vantagens relacionadas à qualidade do ar, as três superfícies apresentam também bom desempenho, sendo que no aspecto de aumento da qualidade do ar interior a superfície de cobertura não foi considerada por ser qualificada como uma superfície externa da edificação.

Em relação aos outros aspectos catalogados, todas as superfícies também apresentam bom desempenho, exceto com relação à retenção de água de chuva, visto que não foram encontrados dados relativos à captação de águas pluviais em superfícies verticais.

Desta forma, ficam claras as possibilidades de elencar as diversas vantagens proporcionadas pelo emprego da vegetação nas três superfícies projetuais relacionadas nesta pesquisa.

3.7. Principais desvantagens/ problemas do emprego da vegetação

A presença da vegetação no meio urbano também pode provocar uma série de problemas ou inconvenientes, muitas vezes devido à falta de conhecimento sobre qual espécie utilizar em determinados climas e microclimas urbanos, pela incompatibilidade com a infraestrutura existente ou, mais frequentemente, pela manutenção inadequada. Mas os mesmos autores que os descrevem oferecem também medidas de contorno ou correção destes problemas.

Mascaró & Mascaró (2010) observam que as árvores, principalmente, precisam de um espaço próprio mínimo para se desenvolverem saudavelmente. Assim, quando são dispostas muito próximas uma das outras podem prejudicar a ambiência dos edifícios por sombreamento excessivo no inverno, por exemplo. Além disso, quando são plantadas

em grupo, podem perder sua expressão individual e criar barreiras para a ventilação e a insolação das edificações. Para evitar estes problemas deve-se respeitar uma distância mínima entre as árvores de acordo com a sua copa, ou, conforme recomendado por estes autores, entre 7 a 12 metros.

Além disso, para que os galhos da vegetação não invadam a edificação, é recomendado que as espécies arbóreas estejam à uma distância equivalente a pelo menos o diâmetro da sua copa destas. Caso esta distância seja menor, devem ser tomadas providências como a execução de uma viga de concreto como baldrame na fundação, para impedir o crescimento das raízes nesta área, e a poda dos galhos e ramos que invadam o telhado, até que a planta se acomode a esta nova situação (MASCARÓ & MASCARÓ, 2010).

A queda de galhos e folhas também pode se tornar um problema, principalmente próximo à canalizações, devendo-se cuidar para não obstruí-las.

Os mesmos autores lembram ainda que algumas plantas são perigosas também pela sua toxicidade ou pela presença de espinhos, por exemplo, e sua utilização deve ficar restrita a áreas onde seus aspectos negativos possam ser neutralizados.

Outra questão a ser considerada, relacionada à qualidade do ar, é que algumas espécies de plantas liberam polens que podem produzir reações alérgicas em pessoas e animais. Segundo Almeida (2008), nos Estados Unidos, diariamente são realizadas medições de pólenes, principalmente nas estações do ano onde há uma maior ocorrência, que servem como um indicador das quantidades de alergênicos do ar.

Algumas plantas podem também atrair insetos ou outros animais indesejados, alguns dos quais podem inclusive transmitir doenças, como é o caso da dengue, em função da acumulação de água em pratos com água parada sob vasos de plantas, por exemplo. Esta preocupação torna-se mais importante ainda nas regiões quentes e úmidas, pois são os locais preferidos para a reprodução dos insetos (ALMEIDA, 2008).

É importante observar também que superfícies cobertas por vegetação requerem uma manutenção mais ou menos constante com, por exemplo, irrigação, adubação, poda, retirada de espécies invasoras, etc., o que em muitos casos é considerado um problema ou desvantagem. Entretanto, a manutenção periódica é requisito fundamental para o bom desempenho destas superfícies. Em uma pesquisa realizada por Valesan *et al.* (2010) com moradores de edificações residenciais com fachadas verdes, em Porto Alegre, a manutenção foi a desvantagem mais citada como problema relacionado ao emprego da vegetação. Os autores observam que para alguns moradores, a manutenção

periódica não constitui uma desvantagem significativa, porém é um fator que demanda mais atenção quando comparado a outros revestimentos.

Existe ainda uma crença generalizada de que as plantas são prejudiciais às estruturas de edifícios, arrancando sua argamassa e invadindo as juntas dos materiais com suas raízes (OTTELÉ, 2011).

Com relação às superfícies verticais, segundo este autor, há poucas evidências de que as plantas realmente causem danos às paredes enquanto o revestimento original estiver em bom estado de conservação. Na maioria dos casos, acontece o oposto: a cobertura vegetal protege a parede do efeito das intempéries, o que pode ser provado por muitas construções antigas, cujas paredes ainda estão de pé. Isto sugere que possíveis danos causados pela vegetação à parede são parte de um processo muito lento. Porém, quando a edificação já se encontra danificada, as plantas podem acelerar o processo de deterioração com o crescimento de suas raízes.

Nesta ótica, quando as juntas da argamassa utilizada na parede são muito porosas, a utilização de plantas trepadeiras como a Hera (*Hedera Helix*) não seria recomendada, por exemplo.

Entretanto, a principal questão e a que se deve dar mais atenção, tanto no emprego da vegetação em piso, quanto em coberturas e paredes, é a umidade, principalmente dos sistemas integrados, nos quais a vegetação entra em contato diretamente com a superfície construída. Neste sentido, por um lado, Ottele (2011) observa que as plantas trepadeiras são, em geral, benéficas para as fachadas, pois a água da chuva é levada pelas folhas para o solo, antes que possa entrar em contato direto com a fachada. A vegetação funciona, desta forma, como uma barreira contra a chuva. Ainda de acordo com este autor, em medições de umidade realizadas por Bartfelder e Köhler (1987) em uma parede com Hera, mostrou-se que esta era mais seca, em todos os pontos de medição, do que uma parede sem vegetação.

Por outro, é notório que frequentemente existem problemas de umidade em fachadas verdes de construção antigas. Isso acontece porque, se por algum motivo a fachada entra em contato com a umidade, a presença da vegetação faz com que ela seque mais lentamente, devido à redução do fluxo de ar e da penetração da radiação solar, o que diminui a evaporação da umidade no material da parede (OTTELÉ, 2011).

O mesmo autor ressalta ainda que, sendo assim, espécies de folha caduca levarão à maior possibilidade de contato com a umidade no período do inverno.

Outros possíveis danos causados devido à utilização da vegetação em superfícies verticais são citados por (Dunnett & Kingsbury, 2004; Sharp *et al.*, 2008 *in*

Valesan *et. al.*, 2010, pg. 59), como o incorreto dimensionamento do suporte da vegetação, tanto em relação ao porte do vegetal quanto às cargas incidentes na estrutura; a escolha inapropriada da forma de fixação do suporte à edificação; e a falta de espaço para o vegetal se desenvolver.

Lichtenberg (2006) cita ainda, com relação às coberturas, o custo inicial de implantação mais alto em comparação com uma laje sem vegetação, em função do material adicional necessário e do reforço estrutural para suportar a carga extra da vegetação e substrato. Além disso, a impermeabilização deve ser protegida contra as raízes das plantas, o que também aumenta seu custo.

Outro problema constantemente relacionado às coberturas verdes é a maior dificuldade em detectar vazamentos, caso haja algum problema com a impermeabilização (LITCHTENBERG, 2006).

Da mesma forma que foi feito para as vantagens, neste Capítulo, serão relacionadas as principais desvantagens proporcionadas pelo emprego da vegetação nas superfícies com as superfícies de projeto, com o objetivo de avaliar quais as superfícies tem maior influencia em determinadas desvantagens ou problemas causados pelo emprego da vegetação (Tabela 4).

Desvantagens/ Problemas potenciais do uso da vegetação no projeto	Aspecto	Superfícies possíveis de implantação		
		PISO	PAREDE	COBERTURA
Sombreamento excessivo	Higrotérmico	1	1	1
Bloqueio dos ventos	Ventilação	1	1	1
Liberação de pólen - alergias	Qualidade do ar	1	1	1
Conforto olfativo - Odor fétido	Qualidade do ar	1	1	1
Atração de insetos ou outros animais indesejados	Múltiplos*	1	1	1
Toxicidade / presença de espinhos	Múltiplos*	1	1	1
Queda de galhos e folhas	Múltiplos*	1	1	1
Custo inicial de implantação mais alto em comparação com uma superfície sem vegetação	Econômico	0	1	1
Dificuldade em detectar vazamentos	Múltiplos*	1	1	1
Umidade	Múltiplos*	0	1	1

Tabela 4 – Principais desvantagens/ problemas relacionados na pesquisa X Superfícies possíveis de emprego da vegetação
Fonte: a autora

Legenda

1	Consta
0	Não consta

Múltiplos*: Englobam mais de um aspecto – estético, social, econômico, ambiental, etc.

Todas as desvantagens ou problemas relacionados na Tabela 4 podem ser causados pelo emprego da vegetação em qualquer uma das superfícies da edificação.

Em todo caso, as principais desvantagens ou problemas encontrados, relacionados ao emprego da vegetação nas superfícies, ainda são menos consideráveis do que os benefícios proporcionados, principalmente quando estes são considerados em larga escala.

4. Identificação das oportunidades de emprego da vegetação nos principais planos projetuais da edificação

A modelagem e a classificação da edificação em planos foram necessárias para facilitar a organização dos dados referentes aos sistemas construtivos, requisitos técnicos, especificação de espécies, entre outros, quando da utilização da vegetação no projeto. Esta classificação parte das definições de planos de Ashihara (1981:3 in VASCONCELLOS, 2006) e Abudd (2006).

Conforme citado na Introdução, segundo Ashihara (1981:3 in VASCONCELLOS, 2006) a Natureza é um espaço que se estende indefinidamente, e a noção de espaço externo é criada ao se delimitar a Natureza. Este espaço gerado - fragmento da Natureza - é formado, sobretudo, por dois planos distintos: piso e paredes (que inclui o conjunto de elevações e planos verticais), com pequenas variações. O espaço interior, ao contrário, apresentaria segundo o autor três planos: piso, paredes e teto - como mostra a Figura 42. Eventualmente, os espaços externos também podem apresentar um terceiro plano (teto), que pode ser composto tanto pelas coberturas naturais - copas de árvores, por exemplo - quanto construídas.

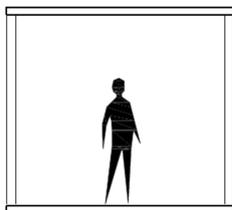


Figura 42 – Modelo do espaço interior composto por três planos identificáveis - piso, paredes e teto - segundo Ashihara
Fonte: a autora

Já para Abudd (2006), o plano do piso equivaleria ao estrato de forração, sendo constituído pelos gramados ou plantas rasteiras. O plano de parede corresponderia ao estrato arbustivo, podendo ser formado por arbustos baixos, médios ou altos e por algumas árvores que funcionam como muros vegetais. E o plano de teto equivaleria, segundo o autor, ao estrato arbóreo, sendo composto pela superfície inferior das copas das árvores (Tabela 5).

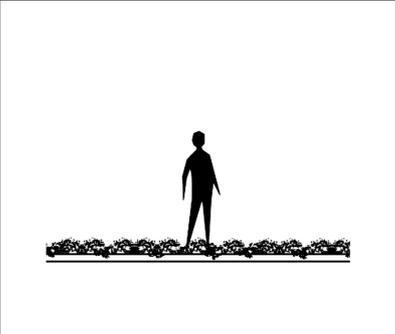
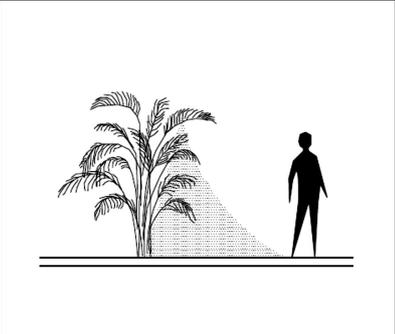
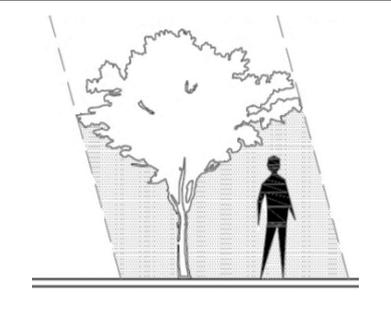
		
Plano de piso	Plano de parede	Plano de teto

Tabela 5 – Representação dos planos identificáveis - piso, parede e teto - segundo Abbud
Fonte: a autora

A partir destas definições foram, então, determinados os planos projetuais a serem utilizados nesta pesquisa. Partiu-se da classificação da edificação em três planos principais: piso, parede e cobertura - conforme conceitos de Ashihara (1981:3 in VASCONCELLOS, 2006) – nos quais pode ser associada à vegetação, tanto de forma integrada (em contato com a superfície) quanto de forma separada (sem contato com a superfície).

Torna-se fundamental uma observação neste ponto: eventualmente, o plano sobre o qual a vegetação é empregada é o mesmo plano através do qual se procura produzir algum efeito ou vantagem à edificação ou ao usuário do espaço, como sombreamento, aumento da absorção da radiação solar, entre outros. Isto acontece, por exemplo, no caso do emprego da vegetação de forma integrada às superfícies.

Entretanto, os planos de emprego da vegetação e de efeito também podem ser distintos ou pode haver interfaces entre estes planos, e isso ocorre principalmente no caso do emprego de espécies dos estratos arbustivo e arbóreo no plano de piso. Uma árvore, por exemplo, pode ser implantada no plano de piso, fazendo efeito de sombreamento equivalente ao de uma cobertura, gerando sombra nos planos de parede e de piso. Ou seja, o efeito procurado equivale ao efeito proporcionado por uma cobertura, ou plano de teto, porém o plano de implantação do estrato vegetal é, neste caso, o plano de piso.

Tornou-se importante, portanto, a diferenciação de dois tipos de planos de trabalho em função dos objetivos da pesquisa: o plano implantação, que, como o próprio nome diz, é onde a vegetação é implantada; e o plano objetivo, que está relacionado ao plano que se procura proporcionar algum efeito ou vantagem, mas não necessariamente o plano onde a vegetação tem origem.

A Tabela 6 a seguir busca elucidar esta diferenciação entre o “Plano implantação” e o “Plano objetivo”, conforme o plano de emprego da vegetação e o plano que se procura proporcionar o efeito desejado.

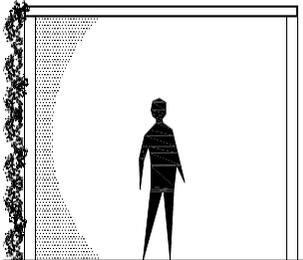
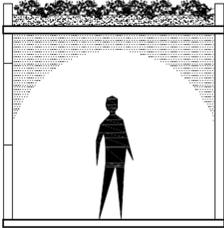
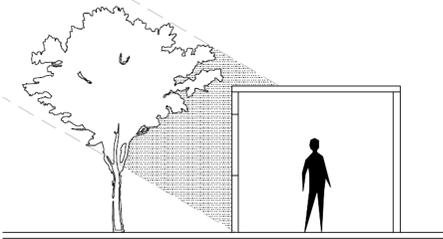
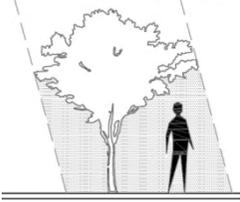
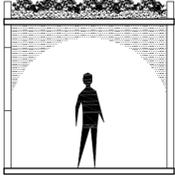
Oportunidades de emprego da vegetação				
	Vegetação integrada ao plano de piso	Vegetação integrada ao plano de parede	Vegetação integrada ao plano de cobertura	Elemento do estrato arbóreo implantado no plano de piso
Efeito	Aumento da absorção da radiação solar	Aumento da absorção da radiação solar	Aumento da absorção da radiação solar	Sombreamento nos planos de parede e cobertura
Plano implantação	Piso	Parede	Cobertura	Piso
Plano objetivo	Piso	Parede	Cobertura	Parede

Tabela 6 - Diferenciação entre os planos objetivo e implantação
Fonte :a autora

A Tabela 7 a seguir apresenta um resumo com os conceitos apresentados anteriormente, relacionados aos atores utilizados como referência nesta pesquisa, e os conceitos de “Plano Implantação” e “Plano objetivo” utilizados na própria pesquisa.

ASHIHARA (1981:3 in VASCONCELLOS, 2006)				
		Modelo do espaço interior composto por três planos identificáveis - piso, paredes e teto - segundo Ashihara		
ABBUD (2006)				
		Plano de piso	Plano de parede	Plano de teto
SEABRA (2013)				
	Plano Implantação	Plano de piso	Plano de parede	Plano de teto
	Plano Objetivo	Plano de piso	Plano de parede	Plano de teto

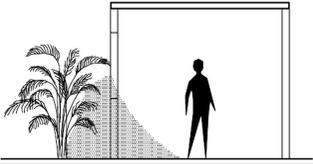
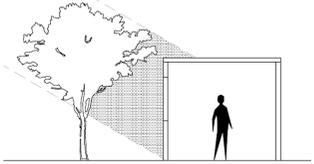
SEABRA (2013)			
Plano Implantação	Plano de piso	Plano de piso	
Plano Objetivo	Plano de parede	Plano de teto e plano de parede	

Tabela 7 – Resumo das classificações de emprego da vegetação de acordo com os diversos autores
 Fonte: a autora

É evidente que uma árvore pode possuir uma estrutura visual correspondente ao plano vertical, como, por exemplo, a conífera Pinheiro de buda (*Podocarpus macrophyllus*), ou horizontal superior (teto), como a Guapuruvu (*Schizolobium parahyba*) - ilustradas na Tabela 8 - conforme sua espécie e formato de copa. Entretanto, para consideração de alguns critérios de projeto relacionados à implantação e componentes construtivos envolvidos na execução do jardim onde será inserida, deverá ser considerado, neste caso, o seu plano de implantação, ou seja, o plano de piso.

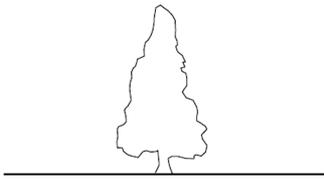
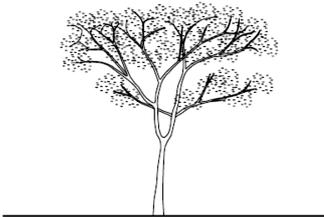
	
<p>Árvore com estrutura visual vertical</p>	<p>Árvore com estrutura visual horizontal superior (teto)</p>
<p>Exemplo de espécie: Pinheiro de buda – <i>Podocarpus macrophyllus</i></p>	<p>Exemplo de espécie: Guapuruvu – <i>Schizolobium parahyba</i></p>

Tabela 8 – Estruturas visuais possíveis de diferentes espécies de árvores
Fonte: A autora

Além disso, optou-se por utilizar o termo “principais planos projetuais”, pois não pretende-se limitar a classificação em superfícies paralelas ou ortogonais. Estas superfícies podem ser também inclinadas e, neste caso, caberá ao autor do projeto a sua classificação em piso, parede ou cobertura para análise dos requisitos a serem considerados no projeto para emprego da vegetação.

A qualidade dos espaços livres e edificados e, conseqüentemente, o conforto térmico de seus usuários, depende da interação entre estes planos e, neste aspecto, a presença dos diferentes estratos vegetais pode ser decisiva.

A partir daí, torna-se possível relacionar as principais formas de integração da vegetação no piso, na cobertura e na parede. Doravante os planos apresentados referem-se à classificação da autora.

4.1. Plano de Piso

O plano de piso é o que permite a maior possibilidade de implantação de diferentes estratos e espécies vegetais. Nele, todos os estratos vegetais podem ser utilizados, contribuindo para a absorção da radiação e para a redução da reflexão sobre as superfícies vizinhas, conseqüentemente, com uma menor emissão de calor ao meio.

Em muitos aspectos, o emprego da vegetação no plano do piso pode se confundir ou se misturar com o plano da cobertura, por serem ambas superfícies horizontais da edificação, as quais, muitas vezes, podem possuir mais de um uso/ definição. Quer dizer, uma laje no segundo pavimento de uma residência que funcione parte como terraço, com acesso para os moradores, e parte como cobertura do andar inferior, tanto pode ser considerado no plano do piso quanto no plano de cobertura, e seus critérios construtivos e de manutenção/ gestão, muitas vezes, irão se misturar ou confundir. Sendo que a superfície de piso oferece uma maior variedade de elementos vegetais possíveis de serem utilizados quando comparada à de cobertura.

Em relação aos locais de implantação, a vegetação pode ser utilizada no plano do piso tanto no interior do lote ou do prédio, quanto no seu entorno imediato.

O emprego da vegetação no entorno imediato pode ser observado, por exemplo, nos projetos do arquiteto Emilio Ambasz, citados no Capítulo 2, nos quais a vegetação existente no entorno do lote é integrada ao partido arquitetônico, permitindo uma transição gradual da área verde ao redor da edificação para a área construída.

Já no interior do lote, os elementos vegetais podem ser empregados de diversas formas, sendo a mais comum em jardins externos à edificação (Figura 43).



Figura 43 – Vegetação no plano do piso – Jardim externo à edificação – Paisagismo de Benedito Abbud

Fonte: <<http://www.beneditoabbud.com.br/index1.asp>> Acesso em: 12 out. 2012

A vegetação (mais especificamente a grama) pode ser utilizada também combinada à pavimentação, preenchendo elementos pré-moldados vazados de concreto, do tipo concregrama ou pisograma (Figura 44). Muito utilizados em áreas externas, estes elementos proporcionam um piso permeável e drenante, permitindo o escoamento da água da chuva pelo solo e minimizando o problema de percolação (drenagem) da água no subleito, além de proteger a grama contra esmagamento em locais de estacionamentos de veículos, por exemplo.

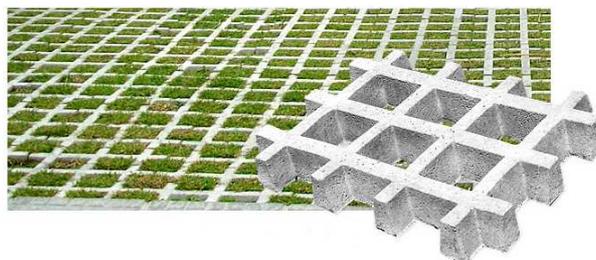


Figura 44 – Piso pré-moldado vazado de concreto com grama
Fonte: <<http://www.tecpavi.com.br/pisograma.htm>> Acesso em: 12 out. 2012

Os elementos vegetais podem ser utilizados ainda no interior da edificação em pátios internos ou jardins de inverno, solução muito comum em climas frios, trazendo luz e calor para dentro do ambiente (Figura 45). Esta é uma opção interessante para edificações que não possuem jardim externo ou quintal. Nestes podem ser utilizadas árvores de maior porte, como no caso do Shopping Fashion Mall (Figura 46), ou arbustos e plantas de menor porte, em função da incidência de luz e radiação solar.



Figura 45 - Pátio interno com vegetação – Instituto de pesquisas em Wageningen, Holanda
Projeto de Bhenisch, Bhenisch & Partner
Fonte: Gauzin-Müller (2011, pg. 237)



Figura 46 – Jardim interno com iluminação zenital – Shopping Fashion Mall, Rio de Janeiro
Fonte: <<http://alcnoleet.blogspot.com.br/2008/11/mais-rio-e-mais-fashion-mall.html>>
Acesso em: 23 out. 2012

As plantas podem ser empregadas ainda no subsolo da edificação, principalmente (mas não somente) quando da presença de aberturas zenitais na cobertura que avancem até o subsolo do edifício.

Desta forma, podem-se relacionar as principais oportunidades de emprego da vegetação no plano do piso, classificando-as quanto ao seu local de implantação em relação à edificação e ao tipo de uso que será feito, ou o espaço em que será inserida, conforme mostra a Tabela 9.

Superfície	Local	Tipo/ Exemplos
Piso	Entorno imediato	Integração da vegetação existente ao partido arquitetônico
	Interior do lote	Jardim externo à edificação
		Interior da edificação
		Piso pré-moldado vazado com grama
	Interior da edificação	Jardins de inverno e pátios internos
		Varandas e terraços
		Subsolo

Tabela 9 – Oportunidades de emprego da vegetação no plano do piso
Fonte: a autora

4.2. Plano de Cobertura

Os planos de cobertura e de piso assemelham-se, como mencionado, por tratarem-se de superfícies horizontais da edificação. Por outro lado, diferenciam-se, em geral, pela utilização de substrato artificial ou artificialmente instalado na cobertura e pela menor presença de elementos de sombreamento – devido a utilização menos usual de elementos do estrato arbóreo e arbustivo médios e altos, conforme será explicado a seguir.

Na escala do edifício, segundo Konya (1981), a principal fonte de contribuição de calor é a cobertura. E como lembra Krause (1990), justamente este elemento que recebe o maior índice de radiação é o mais órfão de proteção. Além disso, torna-se, normalmente, um elemento de inércia térmica relevante, e, desta forma, a radiação diurna que atinge os ambientes internos soma-se, à noite, ao calor irradiado pela cobertura.

Neste sentido, a construção de superfícies pavimentadas nas coberturas seria um equívoco, uma vez que estas acumulam mais calor e se mantém aquecidas durante mais tempo do que as superfícies não pavimentadas ou cobertas por vegetação. Estas superfícies pavimentadas irradiam grande quantidade de calor para o interior do edifício e também para a camada de ar próxima a superfície.

Na conjuntura atual, com a intensa verticalização das cidades, a consideração da cobertura como fonte de contribuição de calor para o meio urbano torna-se ainda mais importante, em detrimento às vias e passeios pavimentados, pois, dependendo da latitude e orientação, devido a altura das edificações, a radiação solar direta sequer chega a atingir o solo. Em muitas cidades, os cânions urbanos geram sombreamento em ambos os lados da rua durante todo o dia, protegendo fachadas, ruas e calçadas.

Portanto, a substituição das superfícies pavimentadas de coberturas - principalmente quando são compostas por lajes aparentes - por elementos vegetais deve ser feita sempre que possível.

Krusche (1982 *in* BARROSO-KRAUSE,1990) ressalta que os elementos vegetais possuem valores muito baixos de condutividade, que variam em torno de 0,05 a 0,15W/mC. Desta forma, segunda a autora, caso a absorção solar para efeitos de transmissão à edificação também seja baixa, a vegetação concretiza-se como elemento de baixo custo, de crescimento generoso em clima tropical quente e úmido, de autoreconstituição, baixo valor de manutenção e excelentes qualidades térmicas.

Nas coberturas, podem ser empregados os três tipos de estratos vegetais: arbóreos, arbustivos e forrações, conforme exemplifica a Figura 47 . Porém devido ao seu porte e sobrecarga gerada sobre a estrutura, as espécies do estrato arbóreo são menos comumente utilizadas, sendo mais frequentes os arbustos e forrações.



Figura 47 – Emprego de diferentes estratos vegetais na cobertura - Residência, São Paulo
Projeto de Benedito Abbud

Fonte: <<http://www.beneditoabbud.com.br/index1.asp>> Acesso em: 26 jan. 2013

Segundo o arquiteto Luís Felipe Aflalo Herman, do escritório Aflalo & Gasperini, para criar um jardim com árvores em coberturas seria necessária uma camada de 40 centímetros de terra, o que tornaria a cobertura muito pesada, com grande impacto no

custo da estrutura, tornando o processo muito caro. Por este motivo, a utilização de grandes gramados na cobertura pode ser uma solução mais adequada (LEAL, 2009).

O uso da vegetação nas coberturas pode se dar de duas formas: integrada ou separada.

Na construção de forma integrada, o substrato é aplicado diretamente sobre a base, devidamente impermeabilizada e protegida por diferentes camadas. Este é, como visto no Capítulo 2, o tipo mais antigo e difundido de emprego da vegetação em coberturas.

Também podem ser considerados um tipo de cobertura integrada os terraços jardins, que apesar de não possuírem plantas em toda sua extensão, possuem áreas de jardim/ jardineira instaladas diretamente sobre a laje de cobertura.

Já quando separada, a cobertura pode ser feita com módulos pré-fabricados e é desenvolvida para rápida aplicação. Funciona como uma espécie de bandeja rígida com o substrato e as plantas já crescidas para colocação direta sobre coberturas convencionais (Figura 48 e Figura 49). Segundo Leal (2009), o telhado verde em módulos pré-fabricados é um sistema relativamente novo no Brasil, e os exemplos pioneiros vêm dos Estados Unidos.

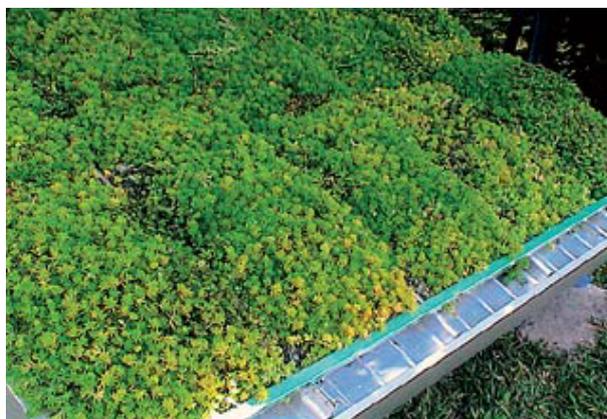


Figura 48 - Sistema com telhas metálicas e módulos pré-fabricados

Fonte: <<http://www.arcoweb.com.br/tecnologia/ecoeficiencia-telhados-e-21-12-2009.html>>
Acesso em: 15 abr. 2012.



Figura 49 - Módulos pré-fabricados

Fonte: <<http://www.ecotelhado.com.br/ImagensCasas/Forms/DispForm.aspx?ID=22>>
Acesso em: 15 abr. 2012.

A vegetação pode ser utilizada ainda, de forma separada, através de vasos instalados sobre a laje, assim como em paredes.

Já o sistema aéreo, também considerado um tipo de cobertura separada ou sobreposta, trabalha como uma estrutura auxiliar, como pérgolas ou treliças, por onde as plantas – em geral trepadeiras – são conduzidas, que não permite que a vegetação tenha contato direto com a cobertura ou parede. Existem também árvores frutíferas trepadeiras, como maracujazeiros (*Passiflora* sp.) e videiras (*Vitis* sp.), que podem ser utilizadas para cobrir pérgolas e outros tipos de suportes. Esta opção tem algumas vantagens estruturais, porém não proporciona os mesmos benefícios isolantes das anteriores.

Além desta classificação por sistema construtivo, segundo Minke (2005), as coberturas verdes podem ser classificadas também em intensivas e extensivas, de acordo com a profundidade média das plantas utilizadas e a manutenção necessária.

Terraços jardins tradicionais, que requerem uma profundidade razoável de solo para o crescimento das plantas, são considerados coberturas intensivas porque requerem um trabalho intenso de manutenção – irrigação, adubo, poda, etc. - como o mostrado na Figura 50. Telhados intensivos possuem fácil acesso e podem contemplar desde ervas e temperos a arbustos e pequenas árvores. Porém, estas plantas não são viáveis sobre telhados inclinados, sendo este tipo de cobertura necessariamente plana, e é indispensável uma espessura de substrato de pelo menos 30 cm, que deve ser adubado e molhado constantemente (MINKE, 2005). A profundidade do substrato representa uma grande sobrecarga na estrutura que suporta o telhado, o que gera um alto custo de implantação e manutenção para este tipo de sistema. De acordo com

Machado (2002), deve ser considerada uma carga maior que 150 kg/m² quando a cobertura está saturada hidricamente.

A priori, a cobertura vegetada intensiva deve ser analisada com cuidado pela ótica do Desenvolvimento Sustentável, em função de seu local de implantação e das espécies envolvidas, porque exige um maior uso de matéria orgânica e de água, e, desta forma, não prioriza a economia de energia e a sustentabilidade do sistema.



Figura 50 - Cobertura verde intensiva - The Garland Company

Fonte: <<http://www.garlandco.com/educational/ytr/energy-audits-best-roofing.html>>

Acesso em: 15 abr. 2012

Telhados extensivos, pelo contrário, são projetados para serem sustentáveis, requerendo o mínimo de manutenção e priorizando a economia de água (Figura 51). Normalmente, são acessíveis apenas para manutenção. As plantas utilizadas devem ser adaptadas a solos rasos e ser de pouca manutenção, como os seduns e outras suculentas. Podem ser realizados sobre um substrato de 3 a 15 cm, e a carga suportada é de no máximo 150 kg/m² em estado de saturação hídrica (MACHADO, 2002).



Figura 51 - Cobertura verde extensiva - School of Art and Design, Singapore
Fonte: <<http://inhabitat.com/amazing-green-roof-art-school-in-singapore/>>
Acesso em: 15 abr. 2012

De acordo com Minke (2005), existe ainda o telhado verde semiextensivo, que é uma solução intermediária entre as coberturas intensivas e extensivas. Este sistema tem as características de um telhado extensivo, porém possui ainda espaços de lazer e áreas de convivência.

Segundo o mesmo autor, telhados verdes também podem ser diferenciados pela sua inclinação. Até 5% de caimento o telhado é considerado plano, como o exemplo da Figura 52. Esta solução demanda um peso adicional de 100 a 300 kg/m², e considerável aumento de custo para as construções, comparadas aos tetos verdes com leve inclinação. De 5% a 36% são considerados telhados com leve inclinação, e de 36% a 84% são considerados com forte inclinação. A partir de 84% chama-se de telhado íngreme.



Figura 52 - Telhado verde plano - Centro de Pesquisas Schlumberger³¹, Ilha do Fundão, Rio de Janeiro

Fonte: <<http://institutocidadejardim.files.wordpress.com/2011/10/telhado-verde-fundc3a3o.jpeg>> Acesso em: 15 abr. 2012

No caso das coberturas em climas quentes e úmidos esta classificação torna-se igualmente importante para orientar o direcionamento das diretrizes projetuais em função dos índices de pluviosidade do local. Desta forma, em locais quentes e com pouca chuva, podem ser utilizadas coberturas mais planas, enquanto em locais chuvosos deve-se optar por aquelas, no mínimo, com leve inclinação para direcionar a água ao sistema de drenagem.

Assim, da mesma forma que foi feito para o plano de piso, podem ser relacionadas as principais oportunidades de emprego da vegetação no plano de cobertura, classificando-as quanto a seu tipo, conforme mostra a Tabela 10.

Superfície	Local	Tipo
Cobertura	-	Integrada
		Separada

Tabela 10 – Oportunidades de emprego da vegetação no plano da cobertura
Fonte: a autora

³¹ O Centro de Pesquisas Schlumberger, instalado na Ilha do Fundão, Rio de Janeiro, projeto do arquiteto Siegbert Zanettini, possui uma cobertura verde com mais de 2.500m², composto por 6 espécies diferentes – grama amendoim, alho social, bulbine, estrelinha dourada, grama preta e rosinha de sol (Disponível em: <<http://institutocidadejardim.wordpress.com/2011/10/20/telhado-verde-na-ilha-do-fundao-1-ano/>> Acesso em: 15 abr. 2012).

4.3. Plano de Parede

O plano das paredes, tanto externas (fachadas) quanto internas, também pode compor uma superfície ideal para ser parcialmente ou totalmente coberta por vegetação, dando forma, cor e textura naturais à parede, além de oferecer a possibilidade de ter uma aparência diferente em cada estação do ano.

O uso da vegetação em superfícies verticais pode compensar a perda de espaços verdes ocasionada pelo desenvolvimento urbano, aumentando também a quantidade de biomassa e o sequestro de CO₂ no interior das cidades (Figura 53).



Figura 53 - Fachada verde da *Green-side Wall*, em Barcelona

Fonte: <http://www.architizer.com/en_us/blog/dyn/43771/a-living-garden-wall-transforms-barcelona-neighborhood/#.UQU5gh37KE5> Acesso em: 03 mai 2012

Além disso, quando é utilizada junto aos muros ou grades que cercam a edificação, a vegetação ajuda a minimizar o aspecto duro da paisagem edificada. Mascaró & Mascaró (2010) observam que os muros, quando construídos com materiais “duros” e com alto fator de absorção e emissão, contribuem para aumentar a temperatura do ar do local, por armazenar e logo irradiar o calor.

Neste caso, contribuem também para barrar a ventilação no nível do usuário, ao contrário do que acontece quando é criado um muro composto apenas por plantas. Quando a vegetação é colocada protegendo o muro, além de reduzir o fator de absorção - permanente ou sazonal, em função da espécie - sua presença contribui também para ampliar psicologicamente o espaço da calçada, além de minimizar sua aridez e melhorar a ambiência urbana.

Outro exemplo é a sua utilização compondo um muro vegetal, através do emprego de estratos arbustivos formando cercas vivas (Figura 54), com algumas espécies como o hibisco - *Hibisco rosa sinensis*, o cedrinho – *Cupressus sp.* e o malvaisco – *Malvaiscus arboreus*. Para este efeito, também é comum a utilização de espécies do estrato arbóreo, como a figueira – *Ficus microcarpa* – e a aglaia – *Aglaia odorata* - mantidas baixas através de podas regulares (ABBUD, 2006).



Figura 54 - Exemplo de cerca viva

Fonte: <http://www.jardineiro.net/br/artigos/cercas_vivas.php> Acesso em: 05 maio 2012

Já quando utilizada em ambientes internos, como na Figura 55, a sua principal vantagem é a melhoria da qualidade do ar interior.



Figura 55 - Parede verde em escritório

Fonte: <<http://www.greenwallceramic.com.br/portifolio/comerciais>> Acesso em: 27 jan. 2013

Em superfícies verticais, o emprego da vegetação recebe diversos nomes diferentes: parede viva, fachada verde, jardim vertical, muro vegetal, parede ecológica, dentre outros.

Para Perini *et al.* (2011), esta nomenclatura varia de acordo com o método de crescimento das plantas (que podem ser diretamente enraizadas no solo, no material da parede em si, ou em painéis modulares conectados à fachada), sendo classificadas, por estes autores em fachadas verdes ou paredes vivas.

Fachadas verdes são baseadas na utilização de plantas do tipo trepadeira crescendo diretamente sobre a superfície da construção, ou suportada por malhas ou treliças.

Já paredes vivas, são construídas a partir de painéis modulares, cada qual contendo seu próprio substrato (solo ou outro meio artificial de crescimento, como espuma, feltro, lã mineral, etc), feitos com base na cultura hidropônica e utilizando soluções nutritivas para fornecer toda ou parte da necessidade de água e alimentos para as plantas. Normalmente, a vegetação utilizada neste tipo de sistema é do tipo perene, como pequenos arbustos, e que não cresce naturalmente no sentido vertical como é o caso das trepadeiras (PERINI *et al.*, 2011).

Ottelé (2011), divide as paredes verdes em dois tipos de sistemas: os enraizados no solo e os enraizados em substratos artificiais ou no solo, porém em vasos. Nos primeiros, como o próprio nome diz, a vegetação é plantada diretamente sobre o solo, crescendo no sentido vertical sobre a superfície da fachada, com ou sem suportes de apoio. Já os segundos, são baseados em sistemas hidropônicos modulares pré fabricados, e são dependentes de sistemas de irrigação e adição de nutrientes ao substrato. Assim como Perini *et al.* (2011), Ottelé (2011) também denomina estes tipos de sistemas de paredes vivas.

Este autor faz uma distinção ainda, dentro destas duas categorias, entre: se o sistema utiliza a superfície da edificação como apoio para o crescimento das plantas (sistema de esverdeamento direto) ou se o sistema e a vegetação são separados por uma cavidade de ar (sistema de esverdeamento indireto). Esta cavidade entre a parede e o sistema de esverdeamento pode ser criada através dos sistemas de suporte, espaçadores, caixas de plantas, ou por sistemas de substrato modulares.

Ou seja, os sistemas para emprego da vegetação em superfícies verticais recebem diferentes denominações de acordo com os diversos autores estudados, conforme mostra a Tabela 11:

Tipo / Autor	Valesan <i>et. al.</i> (2010)	Ottelé (2011)	Perini <i>et. al.</i> (2011)
Em contato com a edificação	Auto aderentes	Direto	Fachadas verdes
Sem contato com a edificação	Com necessidade de suporte	Indireto	Paredes vivas (painéis modulares pré vegetados)

Tabela 11 – Denominação dos sistemas para emprego da vegetação em superfícies verticais de acordo com diferentes autores
Fonte: autora

Nesta pesquisa, optou-se por classificá-los em sistemas integrados e sistemas separados, conforme estejam integrados ou separados da superfície construída.

Ou seja, o sistema do tipo integrado é baseado na utilização de plantas do tipo trepadeira ou forração escandente, crescendo diretamente sobre a superfície da construção, que, por sua vez, é utilizada como apoio e/ou sustento.

Já o sistema do tipo separado é construído a partir de painéis modulares, cada qual contendo seu próprio substrato (solo ou outro meio artificial de crescimento, como espuma, feltro, lã mineral, etc), conforme mostra a Figura 56, e pode ser feito de diferentes maneiras.



Figura 56 – Parede verde – Sistema do tipo separado

Fonte: <<http://www.ecotelhado.com.br/Port/ecoparede/default.aspx#paisagismo+vertical+arquitetura+morumbi.jpg>> Acesso em: 03 maio 2012

Muitas vezes, o sistema integrado também necessita de uma estrutura de apoio para auxiliar a direção de crescimento da planta, porém o que diferencia esta parede

verde do sistema do tipo separado é que, no primeiro, a vegetação está em contato com a superfície da edificação, enquanto no segundo, como o próprio nome diz, a vegetação não tem contato direto com a parede.

Além disso, a vegetação também pode ser empregada em fachadas através de jardineiras, tanto com espécies que crescem no sentido vertical, como as utilizadas para cercas vivas, por exemplo, como o bambu de jardim (*Phullostachys aurea*) ou o pinheiro budista (*Podocarpus macrophyllus*), quanto com espécies do tipo escandentes, que formam uma espécie de cortina, como o jasmim amarelo (*Jasminun mesnii*), a flor de coral (*Russelia florifela*) ou o aspargo pendente (*Asparagus sprengi*), como no exemplo mostrado na Figura 57.



Figura 57 – Jardineira com espécie do tipo escandente, Niterói - RJ
Fonte: a autora

E finalmente, assim como apresentado para o plano de piso e de cobertura, foram relacionadas as principais oportunidades de emprego da vegetação no plano da parede, classificando-as quanto ao seu local de implantação em relação à edificação e ao tipo de sistemas utilizado, na Tabela 12.

Superfície	Local	Tipo
Parede	Externa	Integrado
		Separado
	Interna	Integrado
		Separado

Tabela 12 – Oportunidades de emprego da vegetação no plano da parede
 Fonte: a autora

5. Diretrizes de reflexão sobre oportunidades de emprego da vegetação na edificação em clima tropical quente e úmido

A partir do panorama apresentado nos capítulos anteriores, pretende-se fazer uma análise das dimensões ecológicas (ambientais), sociais e econômicas relacionadas ao emprego da vegetação no projeto de edificação, suas implicações na concepção arquitetônica, e um diagnóstico dos requisitos a serem considerados no projeto com o objetivo de desenvolvimento de edificações com alta qualidade ambiental e ambientes urbanos mais sustentáveis. Para tal, serão relacionadas as principais considerações disponibilizadas na literatura relativas ao emprego da vegetação nos planos da edificação - piso, parede e cobertura – que possam influenciar as decisões projetuais do arquiteto, tais como critérios para implantação, componentes construtivos e espécies envolvidas.

5.1. Implantação

5.1.1. Plano de Piso

O principal aspecto a ser observado com relação à implantação da vegetação no plano do piso – assim como em coberturas ou paredes - é a insolação. Ou seja, a definição das áreas ensolaradas ou sombreadas pelas edificações, muros, prédios vizinhos e pela própria vegetação, em diferentes estações e horários do dia. Estas definições são fundamentais para a especificação de espécies que necessitem de insolação direta e espécies que necessitam de insolação indireta. As sombras podem ter um lado positivo em regiões quentes, principalmente para áreas de lazer, estar, esportivas, etc., porém o plantio de espécies nestas zonas fica restrito às que se adaptam a esta condição.

É importante observar também a vista e o entorno para análise da paisagem existente que se deseja valorizar ou, ao contrário, que se deseja esconder com a vegetação.

Mais especificamente com relação às árvores novas a serem implantadas no lote, deve-se atentar se a escala da edificação e do terreno é suficiente para recebê-las. Quando da implantação em calçadas ou canteiros centrais, deve-se atentar se a largura do passeio permite arborização e canteiros sem interromper ou atrapalhar o fluxo de

pedestres. Além disso, deve-se observar se existe a presença de fiação aérea no local e sua altura, para não haver interferência com a copa das árvores.

Em geral, árvores precisam de covas mínimas de 80 x 80 x 80 cm, arbustos altos de 40 x 40 x 40 cm, arbustos baixos (herbáceas) camadas de 0,25 a 0,30 cm de profundidade pela extensão do maciço, e forrações e gramados necessitam de camada de 10 a 20 cm de profundidade ao longo da área a ser plantada (ABBUD, 2006).

O mesmo autor observa ainda que, quando se torna necessário fazer aterro no terreno, não deve ser colocada terra no colo da árvore, ou seja, na região entre as raízes superficiais e o início do tronco, pois isto provoca o apodrecimento da casca e interrompe o fluxo normal da seiva, matando a planta. Neste caso, deve-se executar uma mureta ao redor do tronco para protegê-lo da terra, que pode fazer parte e estar integrada ao projeto de arquitetura, como mostra a Figura 58.

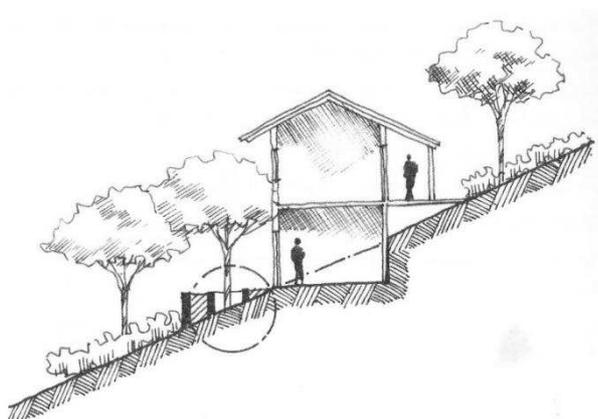


Figura 58 - Exemplo de mureta ao redor do tronco
Fonte: Abbud (2006)

Além disso, no plano do piso, os jardins podem ser executados diretamente sobre o terreno, sobre lajes ou em canteiro rebaixados ou elevados. Neste caso, é importante observar se o nível do jardim será o mesmo nível do piso construído, ou se os canteiros deverão ser elevados (ABBUD, 2006).

5.1.2. Plano de Cobertura

Já com relação à vegetação aplicada à coberturas, de acordo com Almeida (2008), uma das maiores dificuldades na utilização de tetos verdes no Brasil é a falta de informação sobre como projetá-los e executá-los. A execução deste tipo de cobertura é, muitas vezes, associada à infiltrações e problemas com manutenção, porém, para que esta premissa não seja verdadeira, é necessário analisar uma série de fatores para decidir qual será o melhor tipo de cobertura para determinado contexto, uma vez que para cada região existem diferentes condições de ventos, insolação, temperatura, chuvas, e espécies características de vegetação, que influenciarão no sistema construtivo adotado e na sua manutenção.

O autor observa também que são importantes algumas decisões prévias à execução, como se haverá acesso de pessoas; se o objetivo é estético, por ser muito visível pelo entorno e pelas edificações adjacentes; se haverá disponibilidade financeira e de mão de obra para manutenção, etc.

Outra questão importante é quando se pretende utilizar vegetação na cobertura de uma edificação existente: deve-se atentar para a carga máxima suportada pela estrutura e verificar se haverá necessidade de troca da impermeabilização. (ALMEIDA, 2008).

5.1.3. Plano de Parede

Da mesma forma que nos planos de piso e cobertura, a orientação solar e o clima determinam a correta especificação de espécies para as paredes verdes. As plantas que crescem no topo recebem diferente insolação, iluminação, movimento de ar e umidade em relação às localizadas nas partes mais baixas da parede, portanto é importante avaliar estas pequenas variações microclimáticas, principalmente em ambientes internos, que podem requerer iluminação suplementar.

Segundo Loh (2008), o planejamento de uma parede verde nas fases iniciais do projeto proporciona maior flexibilidade para o projeto, seus suportes estruturais e sistema de irrigação mecânica, e, portanto, reduz o custo de implantação.

A mesma autora observa que, como paredes vivas são basicamente sistemas hidropônicos onde a água e os nutrientes são levados para as plantas através de meios

de irrigação mecânica, é importante estabelecer o controle e temporização do sistema de rega, além de garantir um abastecimento de água regular. O *Centre for Subtropical Design*, na Austrália, indica o uso de água não potável para irrigação das plantas, como, por exemplo, através da reutilização de águas cinzas e negras ou água de chuva coletada. Esta pode ser considerada uma premissa para a rega de vegetação também em pisos e coberturas, assim como para outros tipos de clima, como o tropical quente e úmido (LOH, 2008).

Além disso, ao projetar paredes verdes externas, deve-se considerar ainda a acessibilidade para manutenção, o ingresso de iluminação aos ambientes internos, e a amenidade visual para ocupantes do edifício.

Já para paredes verdes internas, quando estas forem concebidas para fins de melhoria da qualidade do ar, sua ligação ao sistema de ventilação mecânica precisa ser planejada (LOH, 2008).

5.2. Componentes construtivos envolvidos

Conforme ressaltado no Capítulo 4, as superfícies de piso e cobertura, por se tratarem de planos horizontais da edificação, possuem algumas considerações semelhantes com relação aos componentes construtivos envolvidos em sua execução. Desta forma, algumas diretrizes relacionadas para o plano de piso podem ser consideradas para o de cobertura, e vice-versa, evitando-se repeti-las nos dois Subcapítulos quando cabíveis a ambos os planos.

5.2.1. Plano de Piso

Para a execução de jardins sobre lajes, deve-se primeiro, fazer uma camada de regularização da laje com argamassa, dando caimento para os ralos que devem estar tanto nas áreas de piso como sob os canteiros (Figura 59). Após esta regularização, deve-se aplicar a impermeabilização com manta antiraízes, e sobre esta, uma nova camada de argamassa para proteção da manta.

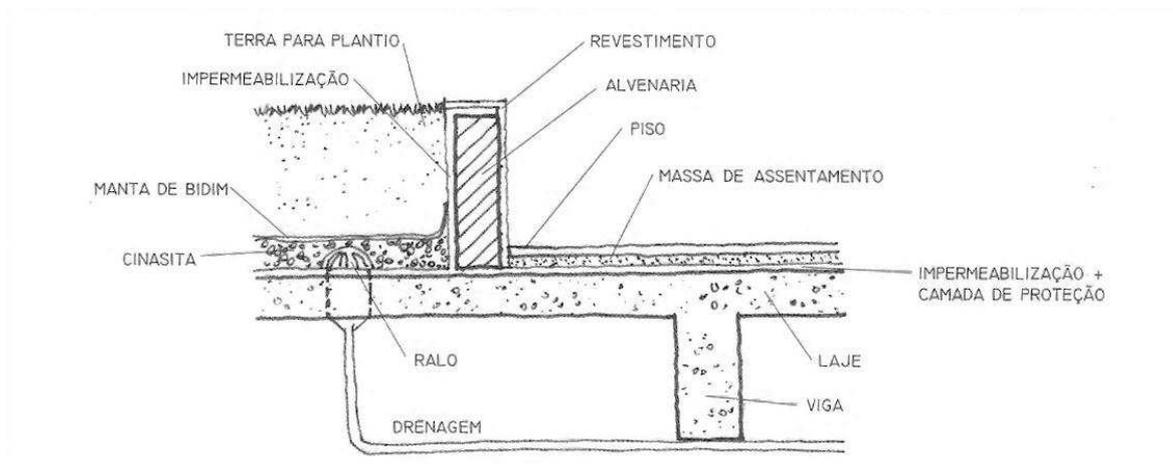


Figura 59 - Exemplo de detalhe de jardim sobre laje
Fonte: Abbud (2006)

Quando executados sob a forma de canteiros elevados, os jardins devem ser contidos por muretas de alvenarias tradicionais impermeabilizadas com 50 cm de altura, ou por tentos de placas de concreto ou lâminas de pedra serrada com 20 a 25 cm de altura, a partir daí trabalhando o solo como talude. Este talude pode ser protegido por grama ou outra forração que fixe o solo para não desmoronar, como ilustrado na Figura 60 (ABBUD, 2006).

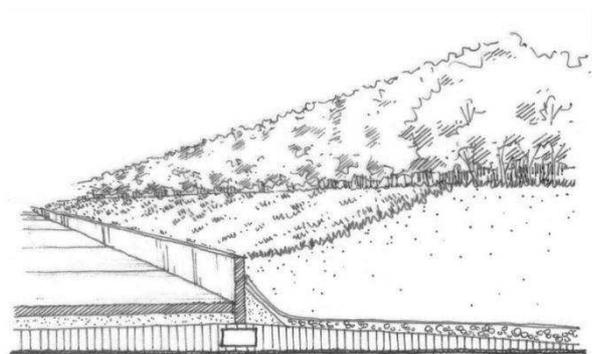


Figura 60 - Exemplo de talude com vegetação
Fonte: Abbud (2006)

No caso de canteiros executados no interior das “caixas” criadas por lajes invertidas, Abbud (2006) recomenda precauções com relação à drenagem e impermeabilização. As caixas devem ser conectadas umas às outras por tubos horizontais para que não inundem caso haja entupimento de algum ralo (Figura 61). Estes tubos, entretanto, se tornam pontos frágeis da impermeabilização e devem receber atenção redobrada.

Estas recomendações devem ser consideradas tanto para o caso de jardins executados em piso quanto em coberturas, quando da presença de vigas invertidas.

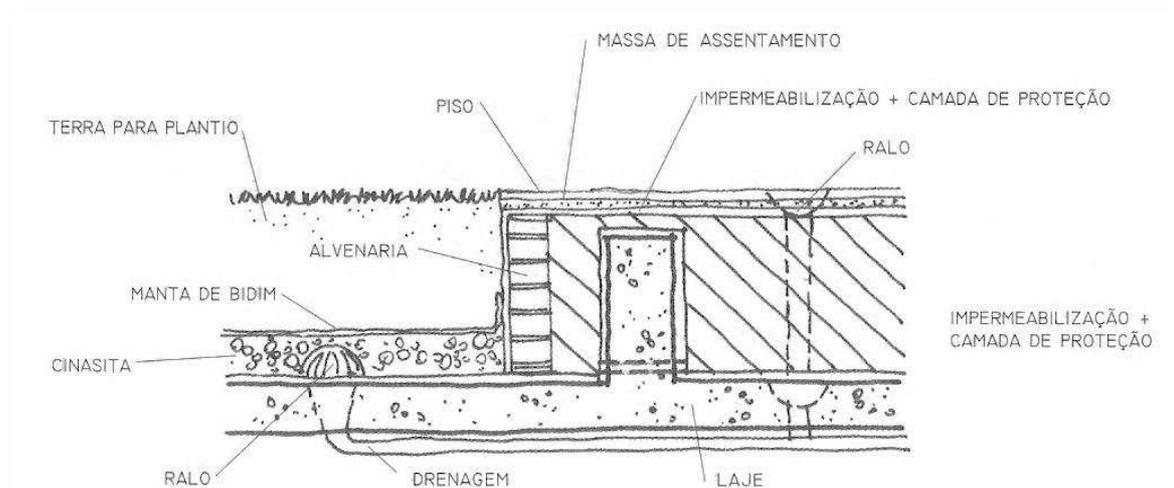


Figura 61 - Exemplo de jardim em laje com viga invertida
Fonte: Abbud (2006)

No piso, os ralos, por serem pontos frágeis da impermeabilização das lajes, podem ser substituídos por canaletas de drenagem, que devem ser preferencialmente metálicas, e este é um ponto ao qual deve ser dada grande atenção.

O mesmo autor observa ainda que caso seja utilizado material leve como substrato para a vegetação – argila expandida, concreto celular, etc. - devem ser previstos ralos tanto na parte superior da caixa, no nível do piso, quanto na parte de baixo, no fundo da laje, para garantir uma melhor drenagem em dias de chuva.

Existe ainda a possibilidade de utilização nos jardins de placas de piso elevado feitas de concreto armado ou pedras reforçadas com telas e resinas dispostas sobre pedestais ajustáveis metálicos ou plásticos, criando um vazio entre as placas e a laje que serve para a passagem de tubulações e para a manutenção da impermeabilização da laje. Normalmente, pisos elevados são utilizados em jardins cujos pisos ficam na mesma altura dos canteiros de vegetação, e para que a terra não invada os vazios sob o piso, são utilizadas muretas de separação. Por serem encaixadas, as placas podem ser retiradas facilmente para a manutenção, sem quebrar o piso, o que favorece a sustentabilidade do sistema. Além disso, qualquer elemento como brinquedos, luminárias, etc., pode ser instalado diretamente sobre as placas, o que evita danos à impermeabilização da laje e prolonga sua vida útil (ABBUD, 2006).

Outra questão a ser observada é o porte da vegetação que será utilizada – o uso de plantas de grande porte implica na execução de canteiros mais profundos – entre 1,20m e 1,50m – que, conseqüentemente, aumentam o peso sobre a estrutura (ABBUD, 2006). Ou seja, a definição do porte das plantas no início do processo de projeto é imprescindível para o calculista avaliar as cargas e dimensionar corretamente a estrutura.

Ainda de acordo com Abbud (2006), a camada de terra deve ter no mínimo 40 cm de profundidade, porém caso sejam usadas árvores e arbustos altos o ideal é que possua no mínimo 70 cm. Já para gramados, podem ser utilizadas camadas de terra menores que 40 cm, desde que seja utilizada irrigação automática com *timers* computadorizados, para que a ação do sol e do vento não resseque o solo e comprometa a vegetação.

5.2.2. Plano de Cobertura

Telhados verdes normalmente são compostos pelas seguintes camadas: impermeabilização, camada de proteção, camada de drenagem, camada de filtração, substrato e vegetação.

A hermeticidade da cobertura (impermeabilização) geralmente se forma junto à camada de proteção contra perfuração por raízes. Para Almeida (2008), para conseguir a hermeticidade de coberturas com vegetação é preciso escolher o tipo de proteção adequado de forma a guiar corretamente as águas, além de proteger a laje contra a perfuração por raízes. Certos tipos de plantas possuem micro-organismos que se proliferam nas pontas das raízes e dissolvem materiais betuminosos, dificultando um selamento perfeitamente hermético.

Se a impermeabilização não for resistente às raízes, como no caso das membranas soldadas de betume, por exemplo, uma solução simples é colocar entre elas uma camada de polietileno, com uma sobreposição horizontal mínima de 15 cm entre as lâminas (MINKE, 2005).

Almeida (2008) relaciona diferentes tipos de membranas resistentes às raízes, dentre as quais estão: Membranas Polímero-elastomero-betuminosas; Membranas de PVC; Membranas de Polietileno; Seladores fluídos com poliuretano e com resinas de poliéster; Lonas de Poliéster revestido de PVC. De acordo com Wollet (2000, *in* ALMEIDA, 2008), as mantas de PVC são muito utilizadas pela sua praticidade, preço e resistência contra as raízes, embora o PVC promova impactos ambientais, como a

liberação de produtos carcinogênicos e irritantes durante a sua fabricação e a baixa capacidade de reciclagem após o descarte.

A hermeticidade é uma das principais preocupações a serem consideradas no clima tropical quente e úmido, devido à pluviosidade intensa. Qualquer ponto de acumulação de água pode se tornar um risco em potencial para a impermeabilização da cobertura, pois nestes pontos a raiz ganha força e cresce rapidamente. Segundo Almeida (2008), para reformas de edificações existentes pode-se aplicar uma lâmina de polietileno sobre a impermeabilização betuminosa, para aumentar a resistência à perfuração das raízes. Além disso, existem no mercado, produtos químicos repelentes que afastam as raízes do material betuminoso, porém estes devem ser evitados por serem altamente tóxicos.

Para proteção contra danos mecânicos, quando a base para a membrana de proteção é rugosa ou desigual, deve ser colocada abaixo da membrana uma camada de areia.

A camada de drenagem tem como função dirigir a água excedente para escoamento, assim como armazenar a água, sendo também muito importante em climas úmidos. Podem ser utilizados materiais porosos e leves, como argila expandida, pedra pomes, ardósia expandida e materiais reciclados. Da quantidade total de material utilizado, de 15 a 25% deve ser poroso e de grande granulometria, como a argila expandida (MINKE, 2005).

De acordo com Minke (2005), nos tetos verdes planos com vegetação de grama deve ser prevista uma camada de drenagem, e uma camada dupla de substrato: a camada superior ou de suporte da vegetação, que deve ser formada por solo nutritivo e fornecer ancoragem para as raízes, e a camada inferior ou de drenagem (Figura 62). O substrato e a camada de drenagem devem ser separados por uma camada filtrante (geotêxtil), que impede que a terra se transforme em barro pela ação da água, obstruindo a camada de drenagem. A necessidade de duas camadas se deve ao fato da grama não resistir ao acúmulo de água.

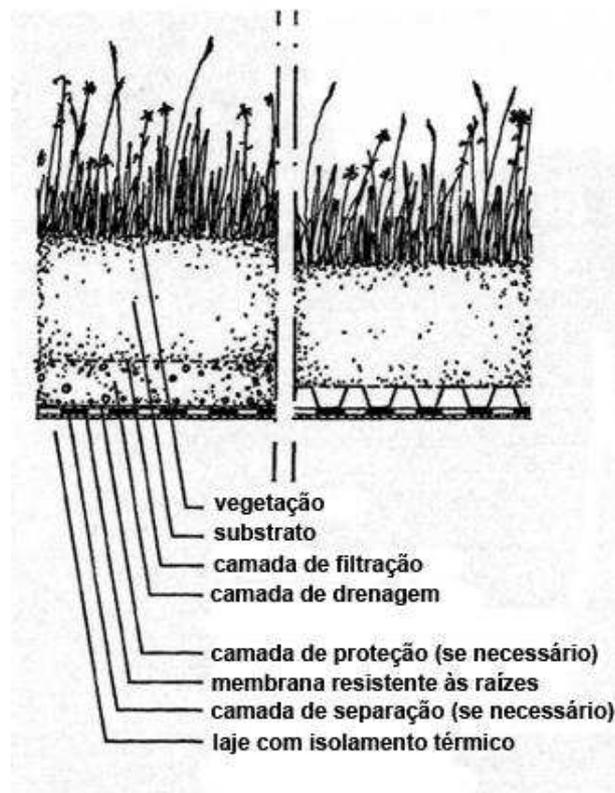


Figura 62 - Esquema de telhado verde plano
 Fonte: Minke (2005), adaptado e traduzido pela autora

Se a espessura do substrato não for suficiente e não houver a camada de drenagem, pode acontecer que a água se acumule em alguns pontos no caso de chuvas fortes, o que para muitas plantas pode ser prejudicial, principalmente para gramados, uma vez que a respiração das raízes fica extremamente prejudicada.

Normalmente, a partir de 5% de inclinação esta separação torna-se desnecessária, sendo substituída por uma camada única, onde são agregadas partículas de minerais porosos na camada de suporte da vegetação, que produzem o mesmo efeito de drenagem (Figura 63). Isto também possibilita uma construção mais econômica. (MINKE, 2005).

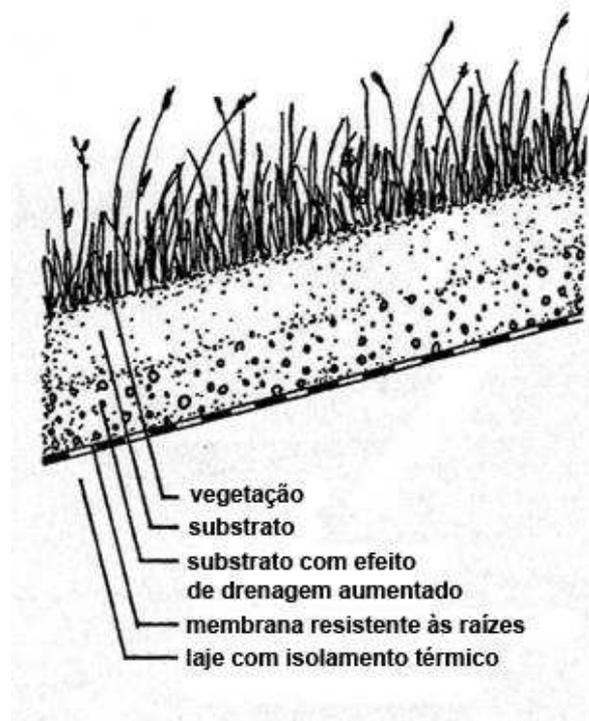


Figura 63 - Esquema de telhado verde inclinado
Fonte: Minke (2005), adaptado e traduzido pela autora

Ainda de acordo com este autor, a partir de 40% de inclinação, as coberturas verdes geralmente necessitam de precauções especiais para que o substrato não deslize, e assim, tornam-se ainda mais caras.

Além disso, para a drenagem, o ideal é que seja utilizado um ralo hemisférico, conhecido popularmente como ralo “abacaxi”, como mostram as Figura 64 e Figura 65, pois este ralo impede a obstrução da drenagem por folhas.



Figura 64 – Ralo abacaxi
Fonte: autora

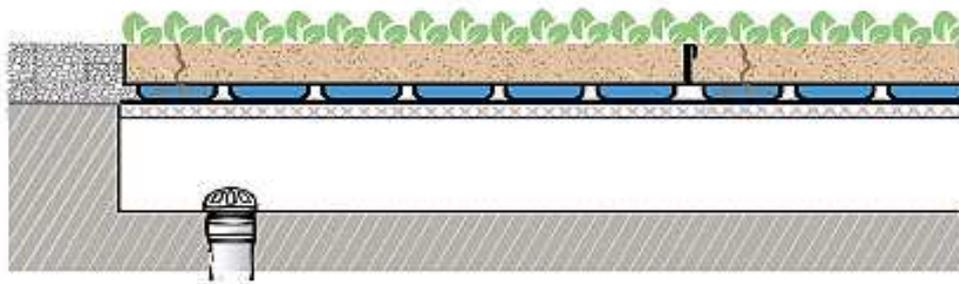


Figura 65 – Ralo abacaxi sob o teto verde modular apoiado em gradil metálico fixado à vigas invertidas
Fonte: Nakamura (2012)

Como as plantas não podem ficar encharcadas por muito tempo, a água sob a vegetação deve ser escoada e drenada, e, além disso, a laje sob o telhado deve ser estanque, o que só pode ser garantido com correta impermeabilização e drenagem do sistema (LEAL, 2009).

A camada de substrato é a camada de suporte da vegetação, e serve como material nutritivo para as plantas, para armazenagem de água e deve possuir um volume de poros suficiente para oferecer às raízes possibilidade de ancoragem (MINKE, 2005).

Machado (2002, *in* ALMEIDA, 2008) nota que alguns parâmetros devem ser utilizados na escolha de um bom substrato, segundo as normas NTJ 11E (Normas Tecnológicas de Jardineria y Paisajismo do Colégio Oficial de Ingenieros Técnicos Agrícolas y Peritos Agrícolas de Cataluña). Dentre eles estão uma boa capacidade de retenção de água; alto conteúdo de fração mineral; alto conteúdo em matéria orgânica natural; homogeneidade na mistura; boa capacidade de reidratação; baixa taxa de contração; isenção de patógenos vegetais; componentes de baixa inflamabilidade; baixa salinidade; baixa alcalinidade; baixo conteúdo de cal ativa; estabilidade na manutenção de suas propriedades, entre outros.

Em geral, são suficientes substratos com 14 a 16 cm de espessura, sendo que em telhados com leve inclinação, podem ser utilizados substratos com 10 a 12 cm. Porém, para telhados com forte inclinação, quando se deseja um denso colchão de vegetação, a altura do substrato deve ser de no mínimo 15 cm, com no máximo 18 cm (MINKE, 2005). Espessuras muito pequenas aumentam o risco da camada de substrato se secar e diminuem os efeitos positivos construtivos e ecológicos. Por outro lado, espessuras muito grandes aumentam desnecessariamente o peso do telhado.

Para tetos verdes extensivos com grama, plantas silvestres ou do gênero *Sedum*, o substrato não deve conter muito húmus. Se for utilizada terra do solo, esta não

deve ser muito argilosa, devendo ser empobrecida com areia. Recomenda-se empobrecer a terra com 25% a 75% do volume total de minerais leves, com granulometria entre 0 e 16 mm, como pedra pomes, argila expandida, ardósia expandida e materiais reciclados (MINKE, 2005). Isto porque se o substrato for muito rico em nutrientes, a vegetação pode crescer além do necessário.

A última camada da cobertura verde é a camada de vegetação, que deve observar uma série de critérios para a especificação das espécies, tais como: a espessura do substrato e a capacidade de armazenamento de água, a inclinação, a exposição ao vento, a orientação solar, a precipitação do local, etc., além das funções que se deseja que a cobertura desempenhe, como: isolamento térmico, isolamento acústico, manutenção reduzida, aspecto estético, entre outros. Para este tema, será destinado um capítulo a parte.

Como o telhado verde necessita de um substrato vegetal ou terra para o plantio, isto pode acarretar em uma cobertura mais pesada do que as convencionais, demandando maiores padrões estruturais. Portanto, algumas construções existentes não poderão abrigar um telhado verde devido à carga do solo e da vegetação. Para novas construções, esta carga deve ser considerada no cálculo estrutural, o que pode aumentar um pouco o dimensionamento da estrutura e, conseqüentemente, seu custo.

Além disso, o custo pode aumentar devido à demanda de uma impermeabilização adequada, pelo fato da água ficar retida na cobertura, e pela possibilidade das raízes penetrarem na membrana impermeabilizante, no caso de incorreta execução ou especificação da vegetação. Por outro lado, a vegetação aumenta a vida útil da laje de cobertura ao protegê-la da exposição às variações climáticas.

Nos tetos verdes planos, a vegetação está mais exposta às variações de umidade do que nos inclinados, de forma que existe o perigo de que em substratos com pequenas espessuras, caso ocorra acúmulo de água, a terra sofra com a falta de oxigênio e o meio se torne ácido. Quanto maiores as variações de umidade da terra, mais pobre em variedade e menos vital é a camada de vegetação. Desta forma, os sistemas de tetos verdes planos podem contar com um sistema de irrigação artificial, além da camada de drenagem para desvio da água sobressalente. Entretanto, esta solução, segundo Minke (2005), nem sempre é a mais vantajosa para as plantas, pois, como as raízes crescem através da camada de filtração (normalmente composta por feltro), algumas vezes, as raízes crescem na água, como na hidroponia, e outras, como raízes aéreas na parte seca.

A cobertura verde deve também atender a critérios para resistência ao fogo, como a utilização de uma faixa de brita no perímetro da cobertura, evitando que, caso ocorra uma combustão, o fogo tenha contato com a edificação, como exemplifica a Figura 66 (MACHADO, 2002). Esta precaução também deve ser tomada para que a vegetação não invada a fachada. Esta faixa pode ser utilizada, como observa Almeida (2008), como local para instalação da tubulação de drenagem da água excedente na cobertura.

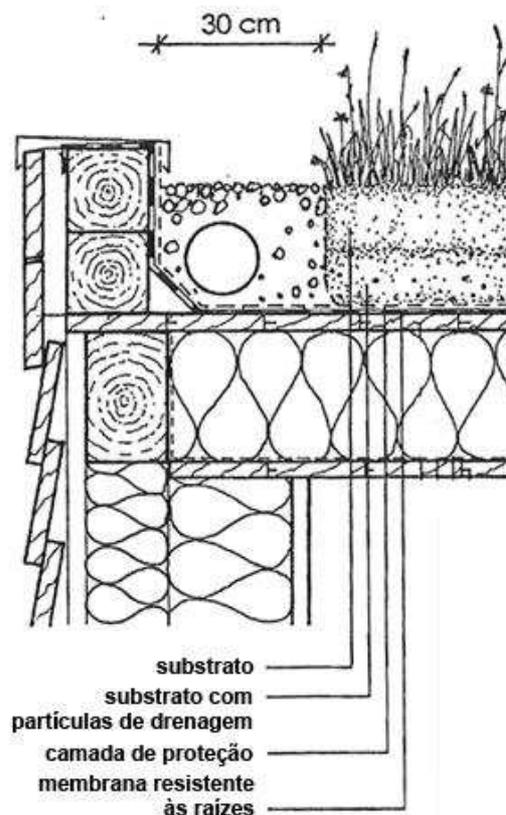


Figura 66 - Exemplo de faixa de brita para resistência ao fogo com tubulação de drenagem
Fonte: Minke (2005), adaptado e traduzido pela autora

Qualquer tubulação que atravesse a cobertura, como tubulações de ventilação, domos, clarabóias, etc, também deve ser separada do substrato por uma faixa de drenagem (Figura 67).

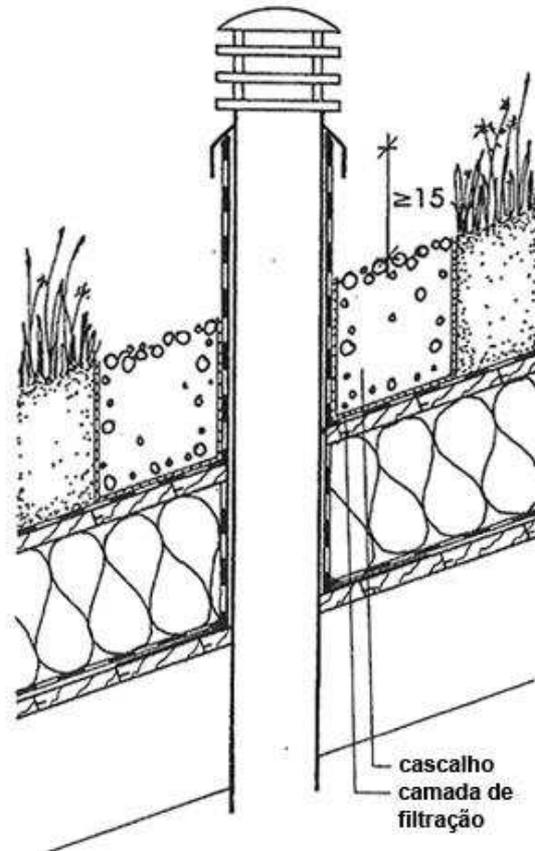


Figura 67 - Exemplo de tubulação atravessando a cobertura
Fonte: Minke (2005), adaptado e traduzido pela autora

A tubulação para drenagem das águas pluviais pode ter o seu dimensionamento minorado no projeto de instalações hidrosanitárias, devido à redução da velocidade de escoamento da água, fora a água que é absorvida pelas plantas. Cada tipo de cobertura existente – cerâmica, metálica, vegetal, etc - influencia diretamente no volume de água captado, de forma que o volume de água coletado em uma cobertura não é igual ao volume de água precipitado. Este quociente entre a água coletada (quando coletada) e a água precipitada é chamado *coeficiente de runoff*, ou *coeficiente de escoamento superficial*. Tomaz (2003, in WERNECK, 2006) recomenda o coeficiente médio de 0,80 para coberturas de telhas cerâmicas. Já para um telhado verde com 10 cm de espessura, de acordo com Kolb (2004, in WERNECK, 2006), este coeficiente diminui para 0,25. E para uma espessura de 30 cm, o coeficiente utilizado é de 0,02. Ainda segundo o mesmo autor, o escoamento pode chegar a 100% se a cobertura estiver saturada hidricamente.

Além disso, para as coberturas verdes do tipo extensivas, que não preveem uso da cobertura, torna-se necessário prever caminhos de acesso para manutenção, prevendo-se no mínimo suportar a carga de pessoas (ALMEIDA, 2008).

Devem ser previstos também, torneiras próximas e de fácil acesso para possibilitar a rega da cobertura quando esta não for do tipo irrigação automática.

Como suporte para a cobertura pode ser utilizada qualquer estrutura capaz de suportar a sua carga. Para o seu dimensionamento, devem ser considerados como cargas permanentes o peso total da cobertura, o peso do substrato no estado de saturação máxima e o peso da vegetação. Minke (2005) afirma que para um teto extensivo com apenas uma camada de substrato com drenagem leve, com espessura de 10 cm, em estado de saturação de água, considera-se o peso de 100 kg/m².

E ainda, de acordo com Almeida (2008), peças de madeira, ou outro material que possa deteriorar se umedecido, não devem encostar no substrato ou na vegetação, e devem ser executados respiros em locais onde possa haver retenção de umidade.

5.2.2.1. Sistemas pré fabricados

Existem alguns tipos diferentes de sistemas pré-fabricados para coberturas verdes, fabricados por diversas empresas, como a Ecotelhado, Instituto Cidade Jardim e Remaster. Dentre eles, podem ser relacionados os seguintes: modular com aparência contínua; composto por módulos de piso elevado; composto por peças pré-fabricadas de concreto; etc. Cada tipo é mais adequado para determinado objetivo ou aparência que se deseja alcançar, e suas principais vantagens são a facilidade e rapidez de execução, além de já serem fornecidos módulos com vegetação crescida.

Por exemplo, o sistema Hexa fabricado pela empresa Ecotelhado (Figura 68 e Figura 69) é um sistema de aparência contínua, sem emendas assim que estabelecido, composto pelo módulo pré-fabricado, grelha de separação água/ substrato, membrana de retenção, substrato (que pode ser, por exemplo, argila expandida), e vegetação. A altura dos módulos é de 7 cm, e o peso saturado com água e com vegetação padrão é de 61 kg/m².



Figura 68 - Sistema Hexa da Ecotelhado

Fonte: <<http://www.ecotelhado.com.br/Por/ecotelhado/sistemahexa/default.aspx>>
Acesso em: 12 set. 2012



Figura 69 - Sistema Hexa da Ecotelhado

Fonte: <<http://www.ecotelhado.com.br/Port/ecotelhado/sistemahexa/default.aspx>>
Acesso em: 12 set. 2012

Já o sistema composto por módulos de piso elevado, caracteriza-se por utilizar uma lamina d'água sob piso elevado, garantindo suprimento de água de até 200L/m², podendo ser utilizado sobre terraços ou lajes planas.

Este sistema destaca os benefícios de retenção de água de chuva e conforto térmico da cobertura verde. Além disso, é ideal para compor telhados verdes intensivos, devido à sua grande capacidade de retenção de água, e também para a purificação de águas cinza com posterior reutilização no prédio. A água dos chuveiros e das pias é filtrada num reservatório e então bombeada até o telhado para a rega da grama, responsável por uma nova filtragem. Então, escoar para o sistema, que a redireciona para as descargas.

O fabricado pela empresa Ecotelhado, denominado Sistema Laminar, possui 250 kg/m² quando saturado, sendo que este peso pode variar de acordo com o tamanho da vegetação, e têm, no total, 24 cm de espessura (Figura 70).

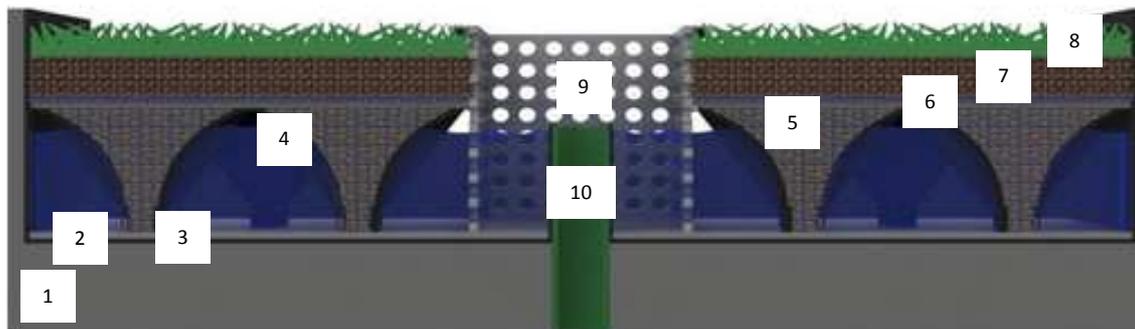


Figura 70 – Sistema Laminar da Ecotelhado

Fonte: <<http://www.ecotelhado.com.br/Por/ecotelhado/SistemaLaminar/default.aspx>>

Acesso em: 12 set. 2012, adaptado pela autora

LEGENDA:

- 1 - Laje de concreto
- 2 - Impermeabilização
- 3 - Manta geotêxtil
- 4 - Módulo hexagonal Ecodreno (20cm de altura)
- 5 - Preenchimento de cinasita
- 6 - Manta geotêxtil
- 7 - Substrato variável (mínimo de 2cm de substrato e máximo variável)
- 8 - Vegetação (conforme desejado)
- 9 - Caixa de visita
- 10 - Tubo de queda de água (no nível desejado de captação de água)

Já o sistema Tecgarden, da Remaster, é instalado sobre a laje impermeabilizada, através de pedestais que suportam placas de piso elevado e criam um vão para o reservatório de água (Figura 71). Sobre esta, uma manta geotêxtil e um produto antiraízes garantem o fluxo de água sem interrupções ou entupimentos. Desta forma, o sistema permite reservar a água da chuva para uso não potável, sem utilização de energia elétrica, bombas ou bicos irrigantes. No caso de chuva intensa, um sistema de ladrões drena o excesso de água (NAKAMURA, 2012).

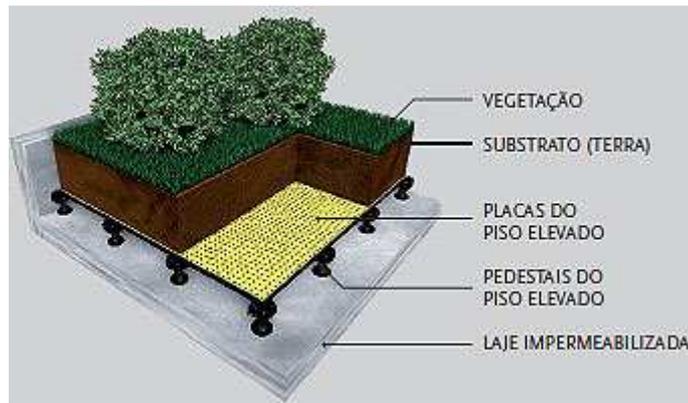


Figura 71 – Sistema Tecgarde, da Remaster
Fonte: Nakamura (2012)

Outra vantagem deste tipo de sistema que armazena a água da chuva no próprio módulo pré-fabricado, é a de poder dispensar no projeto o sistema de irrigação, dependendo do índice de pluviosidade média do local de implantação.

5.2.3. Plano de Parede

As paredes verdes do tipo integradas são compostas pelo material construtivo da parede em si e pela vegetação, que pode ser plantada diretamente sobre o solo ou em vasos ou jardineiras, crescendo no sentido vertical sobre a superfície da edificação, com ou sem suportes de apoio.

Neste tipo de sistema são utilizadas plantas do tipo trepadeira ou forração escandente, como a Hera (*Hedera helix*), Hera-da-argélia (*Hedera canariensis*), Unha de gato (*Ficus Pumila*), ou Amor amarradinho (*Antigonon florífera*), por exemplo.

Para os sistemas integrados, um material que não é indicado para revestimento da parede quando do emprego de vegetação é a madeira, pois as juntas entre as peças se tornam vulneráveis à penetração de raízes aéreas e galhos devido ao fototropismo negativo (elas crescem em sentido contrário à luz) (OTTELÉ, 2011).

Já os sistemas do tipo separado são constituídos por painéis modulares pré fabricados, cada qual contendo seu próprio substrato (solo ou outro meio artificial de crescimento, como espuma, feltro, lã mineral, etc).

Nestes, diversos materiais podem ser utilizados como suporte para as plantas, como, aço (aço revestido, aço inoxidável, aço galvanizado), madeira, plástico ou alumínio. Cada um destes materiais altera as propriedades estéticas e funcionais da fachada, devido as suas diferentes características, como peso, espessura de perfil, durabilidade e custo (PERINI *et. al.*, 2011).

Loh (2008), exemplifica três sistemas do tipo separado (Figura 72):

a) “*Panel System*” (Sistema de painéis): compreende painéis pré-fabricados e pré-vegetados, que são conectados ao sistema estrutural e de irrigação, já previstos na edificação;

b) “*Felt System*” (Sistema de feltros): no qual plantas são instaladas em bolsas de feltro contendo substrato e posteriormente conectadas a um suporte impermeabilizado, que é então ligado ao sistema estrutural;

c) “*Container and/or Trellis System*” (Sistema de recipientes e/ou treliças): no qual as plantas crescem em recipientes subindo através de treliças. Normalmente é utilizada irrigação por gotejamento nos recipientes das plantas.

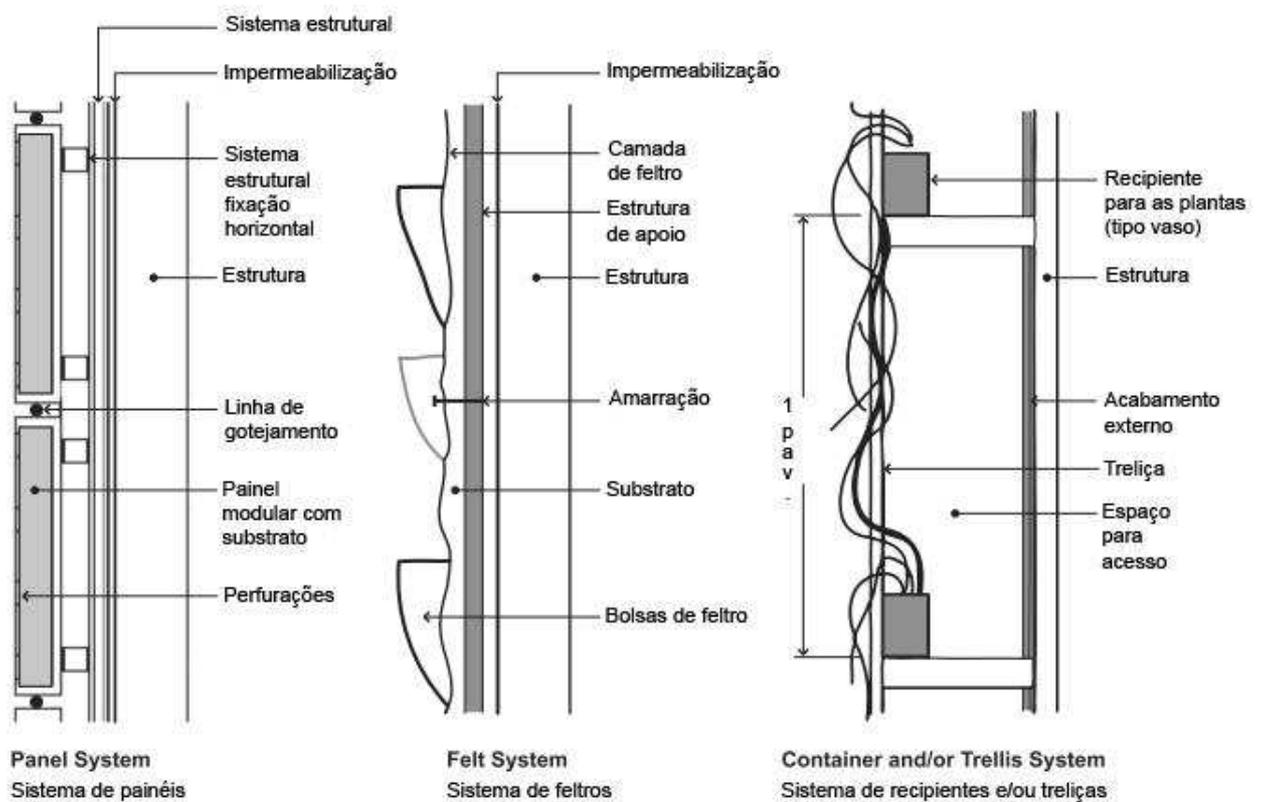


Figura 72 – Três tipos de parede verde – Corte vertical
 Fonte: (LOH, 2008), adaptada e traduzida pela autora

Qualquer dos três tipos de sistemas citados por Loh (2008) podem ser utilizados tanto em paredes externas quanto em paredes internas.

Ottelé (2011) também nota que os sistemas de do tipo separado podem variar de acordo com o fabricante do produto, porém, de um modo geral, podem-se distinguir quatro tipos diferentes (Figura 73):

- a) “*Planter boxes*” (Sistemas com caixas ou vasos para plantas)
- b) “*Foams*” (Sistemas de espumas)
- c) “*Laminar layers of felt sheets*” (Sistemas de camadas laminares ou folhas de feltro)
- d) “*Mineral wool*” (Sistemas com lã mineral)

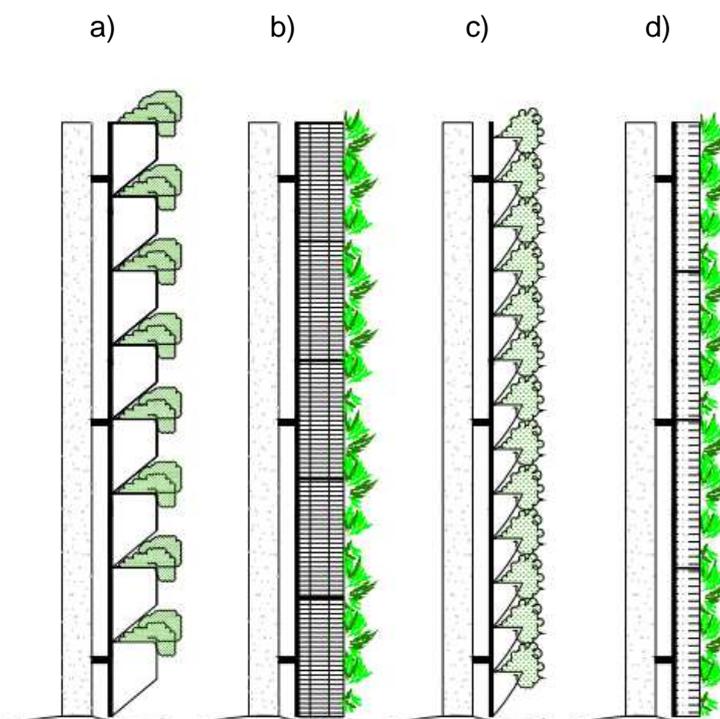


Figura 73 – Quatro tipos de parede verde – Corte vertical
Fonte: Ottelé (2011)

Normalmente, a vegetação utilizada no sistema de recipientes e/ou treliças, ou de caixas para plantas, é do tipo perene, como pequenos arbustos, e que não cresce naturalmente no sentido vertical como é o caso das trepadeiras (PERINI *et. al.*, 2011).

Os mesmo autores observam ainda que os sistemas do tipo separado aumentam a variedade de plantas que podem ser utilizadas em superfícies verticais para além do

uso de plantas trepadeiras, além de oferecer muito mais possibilidades criativas em termos estéticos. Por outro lado, a maioria destes, em comparação com os sistemas do tipo integrado, exigem um projeto mais complexo e a consideração de uma série de variáveis, como as diferentes camadas envolvidas, materiais de suporte, o fornecimento e controle de água e nutrientes, etc, razão pela qual este tipo de sistema é, normalmente, mais caro, difícil de manter e consome mais energia.

Entretanto, os autores ressaltam que muitos sistemas do tipo separado têm sido desenvolvidos nos últimos anos, cada um com diferentes características, como o meio de crescimento das plantas, ou substrato, por exemplo. Como esta é uma tecnologia nova, ainda são necessários mais estudos nos diferentes tipos de clima para otimizar esta solução construtiva.

5.3. Especificação de Espécies

A escolha das espécies a serem utilizadas nas superfícies da edificação dependerá de uma série de fatores: condições climáticas, objetivo a ser alcançado, porte da edificação, superfície a ser vegetada, altura da árvore e o formato da copa (no caso do estrato arbóreo), desempenho paisagístico e ambiental que se deseja, capacidade de manutenção, etc.

Mascaró & Mascaró (2010) observam que devem ser consideradas as condições específicas do local onde a vegetação será plantada. Ou seja, dentro de uma mesma cidade, as espécies utilizadas em uma cobertura - por exemplo - situada em frente ao mar não serão as mesmas utilizadas em uma cobertura localizada na encosta de um morro.

Neste mesmo contexto, Abbud (2006) aconselha procurar as espécies vegetais de acordo com as macrounidades naturais. Por exemplo, vegetação de sub-bosque é adequada para áreas sombreadas e jardins internos, vegetação de restingas para solos que não retém água e onde há ventos, vegetação de campos de altitude para regiões com vento e solos rasos, vegetações de brejo para terrenos encharcados, vegetações de matas ciliares são adequadas para solos com água próxima, e vegetação de terreno rochoso para pouca profundidade de terra.

O autor observa ainda que as espécies da Mata Atlântica estão frequentemente associadas ao jardim tropical brasileiro, sendo Roberto Burle Marx e Fernando Chacel alguns dos grandes nomes brasileiros na recriação destas, e de outras, macrounidades.

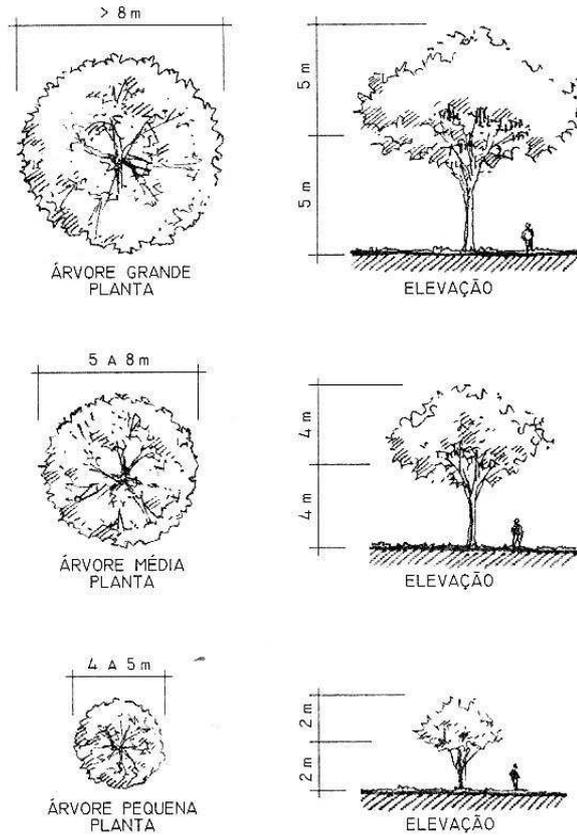
Abbud (2006) aconselha também a consulta à especialistas como agrônomos e botânicos para a especificação de espécies vegetais, principalmente quando se tratar de um projeto de grande porte, pois nem sempre serão encontradas as espécies que satisfaçam todas as características estipuladas pelo projetista, porém quase sempre existirão espécies que atenderão os aspectos fundamentais desejados.

Nesta parte da pesquisa serão relacionadas algumas considerações a serem observadas na especificação das espécies a serem utilizadas no diferentes planos projetuais da edificação, em regiões de clima tropical quente e úmido, em função de diversos aspectos, como clima, necessidade de água, solo em que são plantadas, etc.

5.3.1. Em função do tipo de copa ou raízes

As árvores podem ser classificadas em função do seu tipo de copa: espécies com copa horizontal, que possuem o diâmetro da copa maior que a altura, e espécies com copa vertical, que possuem o diâmetro da copa menor que a altura, conforme mostre a Figura 74 (ABBUD, 2006). As árvores de copa horizontal fornecem mais sombra sob sua copa do que as árvores de copa vertical. Estas, por outro lado, podem funcionar bem como barreira vertical contra a insolação quando agrupadas. Isto porque geralmente a sombra é resultante do formato e densidade da copa da árvore, porém podem-se conseguir diferentes efeitos de sombra ao se plantar árvores agrupadas e implantadas adequadamente à orientação do local e ao horário que se deseja proteger do sol. A sombra proporcionada pode ser manipulada através do plantio de dois ou mais elementos da mesma espécie, ou de espécies diferentes, muito próximas, formando maciços homogêneos ou heterogêneos.

ESTRATO ARBÓREO
 ÁRVORE DE COPA HORIZONTAL



ÁRVORE DE COPA VERTICAL

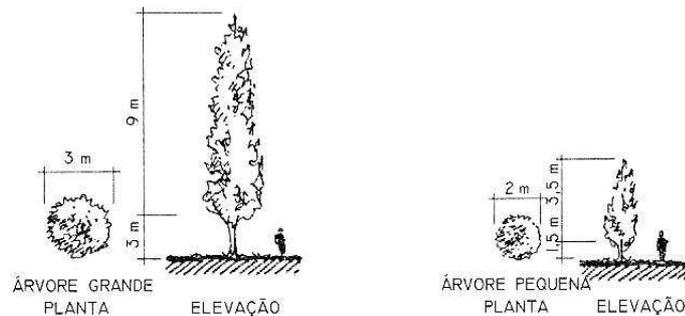


Figura 74 - Tipos de copa - horizontal e vertical
 Fonte: Abbud (2006)

Da mesma forma, deve-se conhecer o tipo de raiz que a árvore possui. Ainda segundo Abbud (2006), as raízes geralmente se desenvolvem ocupando um volume semelhante ao da copa: árvores de copa vertical possuem raízes pivotantes, que são mais profundas, e as raízes de árvores de copa horizontal tendem a se espalhar no solo. Esta característica é de fundamental importância para evitar problemas entre o crescimento das raízes e elementos construídos próximos, como edificações,

principalmente subsolos, fundações, galerias de infraestrutura, etc. Igualmente deve-se atentar para, com estes elementos, não desestabilizar as raízes e provocar a queda da árvore.

Além disso, deve-se atentar ainda para a altura do lençol freático onde as árvores serão implantadas, pois quando a água está próxima a superfície do solo, se forem especificadas espécies não adequadas a este hábitat, as raízes tenderão a subir ao buscar ar para a sua sobrevivência, e podem danificar pisos ou outras construções próximas.

Já em relação à utilização da vegetação em coberturas, segundo Almeida (2008), deve-se evitar a utilização de algumas espécies que, independente do biótipo em que se encontram, podem causar problemas de implantação e/ou gestão devido à algumas características. As plantas com raízes pivotantes ou axiais devem ser evitadas, por estas crescerem em direção ao solo.

5.3.2. Em função da produção de flores e frutos, e aspectos como cores e aromas

A permanência ou periodicidade das flores, a frutificação, as cores e aromas da vegetação são aspectos que também podem ser considerados.

De acordo com Abbud (2006), a floração de árvores aparece mais frequentemente nas espécies do tipo caducas (que perdem as folhas entre o outono e o inverno). Entre estas estão os Ipês (*Tabebuia sp.*), Paineira (*Chorisia Speciosa*), Jacarandá (*Jacaranda mimosifolia*), entre outras. Entretanto, segundo o mesmo autor, em outras espécies, as flores aparecem na parte superior da copa, proporcionando um efeito admirável ao olhar de cima. Entre estas espécies estão a Sibipiruna (*Caesalpinia peltophoroides*), Pau ferro (*Caesalpinia leiostachya*), Guapuruvu (*Schizolobium parahyba*), etc.

Com relação aos arbustos, estes são classificados em anuais e perenes³². Os arbustos anuais vivem por poucos meses e necessitam de replante constante, o que

³² As plantas são classificadas em perenes, bienais e anuais: Perenes são as espécies cujo ciclo de vida é longo, ou seja, vivem por mais de dois anos ou dois ciclos sazonais; Bienais são as espécies que demoram dois anos para completar o seu ciclo biológico: crescem vegetativamente no primeiro ano enquanto que no segundo florescem e dão frutos; e Anuais são as plantas que normalmente germinam, florescem e morrem no período de um ano (Disponível em: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Planta_perene> Acesso em: 16 dez. 2012).

demanda maior manutenção, porém apresentam, em geral, uma floração mais colorida. Já os arbustos perenes, necessitam de replante após um período maior de dois anos em média (ABBUD, 2006).

Ainda segundo este autor, durante o período de floração, existe uma constante renovação das flores, que desabrocham, morrem e caem, formando tapetes coloridos sob as copas, que podem ser intencionalmente aproveitados no projeto. Os estratos arbustivos apresentam maior gama de cores do que os estratos arbóreos, sendo grande a variedade de espécies que apresentam várias cores em uma mesma folha. Nas forrações também é grande a variedade de cores de folhas, principalmente nas que não estão sujeitas a pisoteio (ABBUD, 2006).

Outro fator a ser considerado para a especificação de espécies é a presença ou não de frutos, que podem funcionar para atrair insetos e pássaros, ou inclusive para compor jardins comestíveis. Existem espécies de pequeno porte que podem ser utilizadas em locais com escassez de espaço, como romãzeiras (*Punica granatum*), laranjeiras (*Cirus sp.*), pitangueiras (*Eugenia uniflora*), goiabeiras (*Pisidium guajava*), etc.

Pequenas árvores frutíferas também podem ser plantadas em pequenos espaços, como varandas e terraços de apartamentos, ou em vasos no interior da edificação, em jardins internos, por exemplo, principalmente quando estes recebem sol. Entre estas, Abbud (2006) cita as pitangueiras (*Eugenia uniflora*), romãzeiras (*Punica granatum*) e laranjeiras (*Citrum sp.*).

Os aromas exalados também podem ser considerados na especificação de espécies. Deve-se observar se as plantas serão colocadas próximas à locais de permanência prolongada ou aos quais seu aroma possa causar algum incômodo. Dentre as espécies mais conhecidas por seus aromas estão a Dama da noite (*Cestrum nocturnum*), Gardênia (*Gardenia jasmionides*) e diversos tipos de Jasmins (ABBUD, 2006).

Em geral, o emprego de um grupamento de vegetação heterogêneo é mais indicado do que um conjunto homogêneo, porque a variedade de espécies, flores, frutos, aromas, e em épocas diferentes, atrai uma fauna diversificada de pássaros e pequenos animais, como abelhas, borboletas, etc. Além disso, conjuntos homogêneos ficam mais vulneráveis à pragas ou doenças características àquela espécie, o que pode resultar no comprometimento de todo o grupamento.

Abbud (2006) observa que, por outro lado, um conjunto homogêneo que perde as folhas no inverno, como ipês, jacarandás, e flamboyants, tem forte presença na paisagem, além de gerar um tapete de flores sob o piso.

5.3.3. Em função da superfície de aplicação

Segundo Abbud (2006), as forrações podem ser divididas em dois grupos: as de solo, que revestem o piso, e as trepadeiras, que podem revestir superfícies verticais, inclinadas, ou horizontais elevadas. As forrações de solo podem ainda ser divididas nas que suportam relativamente o pisoteio, como as gramas, e nas que não suportam, como as plantas rasteiras.

De acordo com este autor, não há gramas que resistam ao pisoteio constante e localizado, portanto, se a área a qual for implantada estiver submetida a grande fluxo de pessoas, é melhor não optar pela sua utilização. Em todo caso, as gramas mais indicadas para pisoteio são a esmeralda (*Zoysia japonica*), são carlos (*Axonopus compressus*), batatais (*Paspalum notatum*), e a santo agostinho (*Stenotaphrum secundatum*), cada qual com características e indicações próprias.

Já as forrações mais utilizadas segundo o autor são a grama preta (*Ophiopogon japonicus*), minigrama preta (*Ophiopogon japonicus* variedade anã), clorofito (*Chlorophytum comosum*), entre outras. Geralmente as forrações suportam diferentes graus de insolação direta ou sombra, portanto podem ser implantadas em locais onde a grama não sobreviveria. Algumas espécies necessitam de poda para que não cresçam consideravelmente, atingindo o volume de um arbusto baixo.

Existem ainda forrações escandentes, que possuem caules que pendem, podendo ser utilizadas em canteiros elevados e floreiras, de forma que seus ramos cubram parte da superfície vertical, como as espécies amendoim rasteiro (*Arachis repens*), vedelia (*Sphagneticola trilobata*), e onze horas (*Portulaca oleracea*). No grupo das forrações escandentes incluem-se ainda as plantas que tanto podem cobrir o chão quanto trepar nas paredes, como algumas espécies de hera – *Hedera helix*, *Hedera canariensis*, *Hedera variegata*, singonio (*Syngonium angustatum*) e jibóia (*Epipremnum pinnatum*) (ABBUD, 2006).

Já as espécies do tipo trepadeiras, podem ser divididas nas que se agarram sozinhas a qualquer superfície rugosa, e as que necessitam de algum suporte, como telas, treliças, pérgolas, ou fios, para sua fixação. As primeiras são menos exigentes, dispensam cuidados de manutenção com direcionamento constante, e podem cobrir elementos construídos como muros e paredes, desde que estes não estejam pintados com cal virgem, que agride as gavinhas e elementos de fixação das plantas. Já as trepadeiras que necessitam de suporte são a maioria das espécies, e muitas delas possuem uma floração vistosa.

Segundo Abbud (2006), existem ainda espécies de trepadeiras que não encontrando apoio adequado crescem sobre si mesmas, formando emaranhados que lembram arbustos, como a alamanda (*Allamanda cathartica*) e a costela de adão (*Monstera deliciosa*).

As trepadeiras podem ser divididas também entre as espécies de folhas caducas e as espécies perenes.

As espécies de folha caduca perdem suas folhas no inverno, permitindo que a insolação atinja a superfície em que se encontra, eliminando os insetos e possibilitando o aquecimento do cômodo que ela recobre. Neste período, suas folhas caem e acumulam-se no chão, o que deve ser levado em consideração pelo usuário quando da sua especificação. Das que se agarram sozinhas, a espécie mais comum é a Hera Japonesa (*Partenocissus tricuspidata*). Com relação às espécies que necessitam de suporte para apoio, os exemplos mais conhecidos são a primavera (*Bougainvillea spectabilis*), sapatinho de judeu (*Thunbergia mysorensis*), e jade (*Strongylodon macrobotrys*). Estas espécies florescem mais exuberantemente no inverno ou no início da primavera (ABBUD, 2006).

Já as trepadeiras de folhas perenes possuem praticamente o mesmo aspecto ao longo do ano. Dentre as que se agarram sozinhas estão a *Ficus pumila*, *Hedera helix*, *Hedera canariensis*, *Epipremnum pinnatum*, *Philodendrom hederaceum*, *Raphidophora decursiva* e *Monstera deliciosa*. De acordo com Ottelé (2011), a Hera (*Hedera Helix*), por exemplo, consegue facilmente atingir 30m de altura e cobrir uma superfície de 600m².

A superfície que as espécies ocupam também afeta os aspectos estéticos e funcionais das fachadas verdes. Uma planta perene protege a fachada do vento e da chuva, o que pode ser relevante no clima úmido. Já uma espécie caduca, permite uma variação visual do invólucro do edifício, afetando também as suas performances térmicas, o que, dependendo da orientação solar e dos horários de uso dos ambientes em questão pode ser desejado.

Já para as coberturas com vegetação, o ideal é obter um colchão de vegetação o mais denso possível e de altura uniforme, pois desta forma obtém-se uma maior superfície de folhas, e, conseqüentemente, melhores efeitos de proteção térmica e limpeza do ar. Isto se consegue através da utilização de gramas e plantas silvestres (MINKE, 2005).

5.3.4. Em função do tipo de solo

Para análise do tipo de solo e sua adequação, quando necessário, é importante o trabalho conjunto com outros profissionais, como agrônomos ou botânicos. Em pequenos lotes, quando a terra é de baixa fertilidade ou de textura inadequada, é fácil a sua substituição, já em áreas maiores pode-se ou corrigir o solo, no caso de solos ácidos, por exemplo, ou adaptar o plantio ao solo existente.

Em terreno com afloramentos rochosos, normalmente, a profundidade de solo é pequena, porém existem plantas que se adaptam a estes solos.

Já com relação às jardineiras e floreiras, em coberturas ou fachadas, a terra para preenchimento deve ser de boa qualidade – nem muito arenosa nem muito argilosa – isenta de pragas ou ervas daninhas, e devidamente tratada com adubo. Além disso, a maioria das plantas quando dispõe de pouca terra, como em vasos, floreiras e jardins sobre lajes, necessita de regas mais frequentes, pois como não existem reservas mais profundas de umidade o solo resseca com mais facilidade pela ação do vento e do sol. Este problema pode ser solucionado através de irrigação automática (ABBUD, 2006). Esta consideração deve ser levada em conta, da mesma forma, com relação às coberturas. Deve-se considerar a espessura do substrato, além da sua capacidade de armazenamento de água, a inclinação do telhado, a exposição ao vento e à sombra, a orientação solar, e os índices pluviométricos locais.

5.3.5. Em função do clima

De acordo com Olgyay (1988, *in* MASCARÓ & MASCARÓ, 2010), a morfologia das plantas parece ter analogia com a edificação de acordo com os diferentes climas. Isto porque algumas das tensões que ocorrem em sua forma, como, por exemplo, as variações de temperatura, correspondem de forma similar às necessidades humanas: de acordo com as condições do entorno, as plantas podem abrir ou fechar sua superfície. Segundo o autor, plantas de regiões frias ou áridas e quentes, apresentam seções maciças similares: grande volume em uma superfície relativamente pequena, como uma resposta para se proteger do frio ou calor intenso. As plantas de zonas temperadas se abrem ao contato com seu entorno sazonalmente. Já nas regiões quentes e úmidas, a vegetação cresce livremente, tanto na forma quanto no tamanho (THOMPSON, 1952 *in* MASCARÓ & MASCARÓ, 2010).

Portanto, conhecer a origem climática da vegetação ou sua adaptabilidade é um requisito básico para a especificação das espécies (MASCARÓ & MASCARÓ, 2010).

Ainda com relação à caracterização das espécies em função do clima, a vegetação pode ser dividida em: espécies que necessitam de insolação direta e espécies que necessitam de insolação indireta – considerando-se o período do dia e a presença ou não de luz natural, uma vez que todas as plantas precisam de luz natural para se desenvolver, mesmo que recebida indiretamente. Hoje já existem lâmpadas especiais que estimulam o desenvolvimento das espécies, porém, segundo Mascaró & Mascaró (2010), em locais com ausência de luz natural, mesmo com lâmpadas especiais, a maioria das plantas não se desenvolve completamente, inclusive as que necessitam de pouca luz. Ou seja, a iluminação natural é um fator essencial para o desenvolvimento de qualquer espécie. Além da iluminação, são raras as plantas de porte que não precisam também de insolação direta em algum período do dia para se desenvolver. Já arbustos e forrações, existem espécies que precisam de insolação direta e espécies que precisam de sombra plena, e outras que sobrevivem em qualquer uma das duas situações, dependendo do local onde foram aclimatadas. (ABBUD, 2006).

Já com relação à temperatura, a maior parte das espécies se adapta melhor às temperaturas altas – apenas as plantas de clima temperado sobrevivem às baixas temperaturas. Em locais fechados, com presença de ar condicionado, são necessários cuidados com relação à manutenção das espécies em função de umidade relativa do ar ser mais baixa – deve se ter maior cuidado com a rega para que não haja ressecamento do solo e das folhas (MASCARÓ & MASCARÓ, 2010).

De acordo com Machado (2002), as plantas CAM (abreviação de “Metabolismo Ácido das Crassuláceas”) e as plantas C4³³ são as que melhor se adaptam às coberturas verdes extensivas, em regiões de clima quente. As plantas MAC compreendem mais de 18.000 espécies, distribuídas em 33 grupos. Entre as famílias pertencentes ao grupo de planta MAC existem as *Aizoaceae*, *Agavaceae*, *Asclepiadaceae*, *Bromeliaceae*, *Cactaceae*, *Commelinaceae*, *Crassulaceae*, *Dracaenaceae*, *Lamiaceae*, *Orchidaceae*, *Piperaceae*, *Portulacaceae*, entre outras.

³³ A maioria das plantas fixa o carbono através do mecanismo bioquímico denominado C3. A fixação do carbono pelo mecanismo C4 é uma evolução de algumas espécies, permitindo que estas plantas resistam a ambientes com altas temperaturas e deficiência de dióxido de carbono, nitrogênio e água (ALMEIDA, 2008).

5.3.6. Em função da necessidade de água

As plantas podem ser especificadas também em função de sua necessidade de água.

Os arbustos e forrações, por possuírem, em geral, raízes pequenos, têm maior dificuldade para alcançar a profundidade onde a umidade do solo é maior, e por isso, não resistem à estiagem prolongada. Desta forma, só devem ser utilizados em locais onde a umidade é constante, principalmente quando especificados para espaços públicos, onde a rega é precária ou inexistente.

Igualmente, deve-se ter uma atenção maior no uso da vegetação integrada em paredes como em jardineiras ou floreiras executadas em locais altos ou de difícil acesso e que não possuem irrigação automática, para que, devido à dificuldade de rega, não apresentem plantas mortas e solo ressecado.

Também nas coberturas, pela exposição solar mais prolongada, a evaporação é maior e a drenagem deve ser constante, o que exige que as plantas possam sobreviver com pouca água, principalmente se não houver irrigação constante. Desta forma, Almeida (2008) recomenda a especificação de espécies com folhas pequenas e duras, denominadas xeromorfas, nas quais há a presença de tecidos de sustentação, que garantem à planta uma boa economia de água. Segundo o autor, as plantas da espécie das suculentas atendem a maioria dos requisitos necessários para a implantação em coberturas, principalmente da família *Crassulaceae*, do gênero *Sedum*. Isto se deve às seguintes características relacionadas segundo a norma espanhola NTJ-11E (1999): capacidade de retenção da água em seus tecidos; resistência a altas radiações e temperaturas elevadas; redução da transpiração durante o dia, pelo fechamento dos estômatos; resistência a grandes períodos sem água; resistência a baixas temperaturas de algumas espécies; poucas exigências nutricionais; fácil propagação e não são inflamáveis. Além disto, estas plantas têm como características o fato de necessitarem de um substrato muito poroso, não possuírem resistência ao pisoteio, e algumas espécies terem limitações a determinado pH (ALMEIDA, 2008).

5.3.7. Em função de questões energéticas

A vegetação urbana possui aspectos energéticos pouco conhecidos pela população, mas importantes para a preservação do meio ambiente: ela resfria o meio

urbano diretamente, por sombreamento, e indiretamente, por evapotranspiração. Segundo Mascaró & Mascaró (2010), nos EUA, o efeito anual das árvores corretamente usadas representa uma economia média de cerca de 20% a 25% do consumo energético residencial, comparado ao consumo de uma casa em uma área desprotegida, sem vegetação.

A diminuição no consumo de energia se dá através de vários fatores, como o sombreamento, reduzindo a incidência de radiação solar sobre a edificação e as superfícies do entorno, através da conversão da radiação solar incidente em calor latente, através da diminuição da emissão de onda longa pelos edifícios para a atmosfera, através do aumento do resfriamento do calor latente pelo acréscimo de umidade relativa do ar pela evapotranspiração das folhas, além da amenização do rigor térmico da estação quente, diminuindo a sensação térmica de calor dos seres vivos.

Por outro lado, a manutenção das áreas verdes – poda, aplicação de pesticidas e fertilizantes, rega, remoção de resíduos e seu transporte, mão de obra, maquinaria, etc – também consome energia. A redução da manutenção pode diminuir este consumo, além da necessidade de visitas e inspeções ao sítio e, conseqüentemente, a economia de energia com transporte. Esta redução pode ser feita através da especificação de espécies nativas, adaptadas ou de longa vida, além do uso de materiais produzidos no local para a execução da paisagem.

Outra questão a ser considerada é o consumo direto e indireto de energia dos materiais utilizados nas áreas verdes. De acordo com Mascaró & Mascaró (2010), foram calculados pelo *US National Park* os custos energéticos comparativos para construção e manutenção da grama, áreas cobertas por plantas, tijolo, concreto e pedregulho, sendo excluída a energia que foi usada para a produção destes materiais. Segundo os autores, os resultados mostraram que a grama precisa de 1,6 vezes mais energia do que a área coberta por plantas para execução, e 7,8 mais vezes para manutenção, durante os primeiros 10 anos.

Desta forma, a princípio, um paisagismo que prioriza a conservação de energia deve minimizar as áreas gramadas (MASCARÓ & MASCARÓ, 2010), pois estas consomem combustíveis fósseis nas máquinas de corte, além de grandes quantidades de água para manutenção. Para cidades de clima seco, como Brasília, por exemplo, muitas vezes caminhões pipas têm de ser utilizados, ilustrando a dificuldade enfrentada na manutenção não só dos gramados, mas da vegetação em geral.

Por outro lado, árvores e arbustos podem consumir, indiretamente, mais combustíveis fósseis por m² do que uma área gramada devido à necessidade de

utilização de pesticidas e fertilizantes quando estas são bem tratadas (MASCARÓ & MASCARÓ, 2010).

Para os autores, do ponto de vista energético, outro problema em relação aos gramados é que estes não protegem as fachadas dos edifícios nem os usuários do espaço público, como pode ser feito por outros tipos de vegetação. Desta forma, a grama, quando empregado no plano do piso, não proporciona proteção térmica à edificação, e conseqüentemente, não reduz sua demanda por condicionamento de ar e o consumo de energia gerado.

5.3.8. Algumas espécies utilizadas

A presença de plantas no espaço urbano traz uma série de vantagens relacionadas ao conforto higrotérmico, acústico, visual, à qualidade do ar e consumo de CO₂, como já foi exposto no Capítulo 3. Porém para que a vegetação desempenhe sua função é necessário o conhecimento das principais características de cada espécie para sua correta especificação (VASCONCELLOS, 2006).

A especificação de espécies depende de uma série de fatores específicos do local, e, principalmente, do conhecimento das principais características das plantas que se deseja utilizar. Conhecer estas características é fundamental também na busca por um ambiente construído mais sustentável, no qual as espécies utilizadas se adequem corretamente ao local e possibilitem o menor consumo de insumos (água, energia, adubo, etc.) possível, no sentido de alcançar a Sustentabilidade.

Para isso, pode ser feita consulta bibliográfica ou a bases de dados existentes na internet, de forma a pesquisar as principais espécies mais adequadas ao local e suas principais características, como: superfícies que ocupam, tipo de copa, altura, resistência, consomem de água, necessidade de manutenção, etc.

Desta forma, pode-se criar uma base de dados própria, com informações sobre as principais espécies vegetais utilizadas, incluindo observações relacionadas, como disponibilidade no mercado, por exemplo. O objetivo da criação desta base de dados não é substituir ou dispensar o trabalho integrado com outros especialistas, como agrônomos e botânicos, mas contribuir para uma melhor articulação e troca de informações entre as necessidades do arquiteto e as principais características a serem observadas na correta especificação, permitindo uma seleção da vegetação por critérios adequados e que contribuam para uma efetiva Sustentabilidade na Arquitetura.

Assim, neste capítulo, serão relacionadas algumas espécies utilizadas no paisagismo em clima tropical quente e úmido, algumas inclusive já citadas nos capítulos anteriores.

Além disso, visto a enorme quantidade de espécies existentes no clima tropical quente e úmido, esta catalogação serve apenas como exemplificação dos aspectos a serem considerados quando da especificação de elementos vegetais no projeto de arquitetura. O objetivo não é extinguir as possibilidades de espécies admissíveis de serem utilizadas em projeto, mas apenas trilhar um caminho para que o usuário possa criar sua própria base de dados, de acordo com as espécies mais adequadas para cada contexto.

No plano do piso, os três extratos - arbóreo, arbustivo e forração, podem ser utilizados, considerando-se, entretanto, as principais questões já relacionadas anteriormente para o bom emprego da vegetação no projeto. Ou seja, é muito grande a quantidade de espécies que podem ser especificadas neste plano de projeto.

Cabe observar também que a maioria das espécies especificadas para o plano de piso poderão ser utilizadas também no plano de cobertura, por se tratarem ambos de planos horizontais de construção, considerando-se, entretanto, o peso gerado à estrutura, o tamanho das raízes e a profundidade do substrato, a necessidade de acesso para manutenção, entre outros fatores.

Uma espécie muito utilizada é a *Sansevieria trifasciata*, mais conhecida como Espada de São Jorge (Figura 75), uma herbácea rizomatosa, perene, de grande resistência, indicada para jardins de baixa manutenção (LORENZI & SOUZA, 2001). Outra é a *Portulaca grandiflora*, ou Onze horas, uma das raras plantas suculentas com ciclo de vida anual, embora algumas variedades sejam perenes (Figura 756). Esta é uma das floríferas anuais mais apreciadas no mundo, devido a seu fácil cultivo e abundante floração, que ocorre nos meses mais quentes. A onze horas também se adapta bem ao plantio em vasos, jardineiras e cestas suspensas (JARDINEIRO.NET, 2012). Esta é citada por Abbud (2006) como uma das forrações mais utilizadas em paisagismo.



Figura 75 - Espada de São Jorge / Figura 76 - Onze-horas
Fonte: <jardineiro.net> Acesso em: 02 dez. 2012, adaptada pela autora

Outras espécies muito utilizadas são a *Rhapis excelsa*, conhecida popularmente como Palmeira-rápia ou Ráfis, e a *Strelitzia juncea*, ou Estrelítzia. A Palmeira-rápia pode ser plantada tanto isolada quanto em grupos, neste caso formando cercas vivas de desenho informal (Figura 77). Apesar de apreciar a umidade, esta planta não tolera o encharcamento do solo, por isso são indicadas regas regulares, porém em substratos bem drenados para o seu cultivo em climas quentes (JARDINEIRO.NET, 2012). Já a Estrelítzia, mostrada na Figura 778, é uma planta muito rústica, de sol pleno, que exige pouca manutenção, apenas adubações anuais para estimular sua floração (LORENZI & SOUZA, 2001).



Figura 77 - Palmeira-rápia / Figura 78 - Estrelítzia
Fonte: <jardineiro.net> Acesso em: 02 dez. 2012, adaptada pela autora

Além destas, podemos citar também as espécies *Liriope spicata*, ou Liríope, e a *Hemigraphis alternata*, mais conhecida como Hera-roxa. A Liríope é uma planta herbácea, florífera, com aspecto de grama e popularmente utilizada como forração (Figura 79). É uma espécie notadamente indicada para forrar áreas semisombreadas, como, por exemplo, sob a copa das árvores, onde o gramado não prospera, porém não é indicada para locais de pisoteio. Apesar de ser uma planta originária de clima temperado, tolera bem o calor e umidade tropicais. A Hera-roxa também é uma herbácea, de uso muito popular como forração em jardins, mas que também pode ser utilizada em vasos, jardineiras elevadas e cestas suspensas, onde o efeito cascata de sua folhagem torna-se evidenciado (Figura 7980). Esta é também uma planta muito rústica e de baixa manutenção (JARDINEIRO.NET, 2012).



Figura 79 - Liríope / Figura 80 – Hera-roxa
Fonte: <jardineiro.net> Acesso em: 02 dez. 2012, adaptada pela autora

No plano de cobertura, para a correta especificação da vegetação, devem ser considerados uma série de fatores, tais como: se a cobertura será do tipo extensiva ou intensiva; o peso suportado pela estrutura; a inclinação; a capacidade de armazenamento de água do substrato; a exposição ao vento; a orientação solar; a necessidade de manutenção; etc. (ALMEIDA, 2008).

Segundo este mesmo autor, neste plano projetual, devem ser escolhidas plantas com raízes fasciculadas, ou seja, raízes que se desenvolvem com feixes longos e finos em todas as direções a partir de um mesmo ponto, contornando os obstáculos encontrados.

Além disso, como nas coberturas a evaporação é maior e a drenagem deve ser constante, a presença permanente da água geralmente é escassa, o que exige que as

plantas especificadas possam sobreviver com pouca água, se não houver irrigação constante.

Conforme observa Almeida (2008) as plantas da espécie das suculentas atendem a maioria destes requisitos necessários para a implantação em coberturas, principalmente as da família *Crassulaceae*, do gênero *Sedum*. Outro autor que também recomenda as espécies do gênero *Sedum* é Minke (2005), considerado uma das maiores autoridades do mundo em arquitetura sustentável. Ele recomenda, por exemplo, a espécie *Sedum acre*, conhecida como Carpete-dourado (Figura 81).

Também é muito utilizada a espécie *Sedum nussbaumerianum*, herbácea conhecida popularmente como bálsamo, ilustrada na Figura 812 (JARDINEIRO.NET, 2012). O Bálsamo é uma planta muito rústica, de fácil cultivo e baixa manutenção, que pode ser cultivada isolada ou em grupos - formando maciços ou bordaduras informais - e também pode ser plantada em vasos e jardineiras. É uma espécie interessante para compor a horta doméstica, devido às suas propriedades medicinais cicatrizantes. Apesar de sua rusticidade, é uma planta muito sensível ao encharcamento, que provoca o apodrecimento das raízes (LORENZI & SOUZA, 2001).



Figura 81 – Carpete dourado / Figura 82 - Bálsamo

Fonte: <paisagismodigital.com> Acesso em: 02 dez. 2012, adaptada pela autora

Com relação às gramíneas, a equipe do Tibá³⁴ indica a utilização de espécies nativas do local da edificação. Porém quando se deseja implantar um gramado novo, recomendam a especificação da espécie *Zoysia japonica*, mais conhecida como Grama

³⁴ Tibá - Tecnologia Intuitiva e Bioarquitetura – é um local onde são realizados cursos de bio-arquitetura, agroecologia e no planejamento de ecovilas, localizado em Bom Jardim, RJ.

esmeralda (informação oral)³⁵ (Figura 83). Esta herbácea rizomatosa, perene, forma gramados muito densos e é resistente ao pisoteio, embora não deva ser utilizada em locais com tráfego intenso (LORENZI & SOUZA, 2001). Além desta, outra espécie muito utilizada no Brasil é a *Paspalum notatum*, ou Grama batatais, muito indicada para campos de futebol, jardins públicos e locais com tráfego, devido à sua alta resistência e rusticidade (Figura 834).

No Instituto Inhotim, por exemplo, no plano do piso, os gramados são compostos por um terço de grama batatais e dois terços de grama esmeralda (JARDINEIRO.NET, 2012).

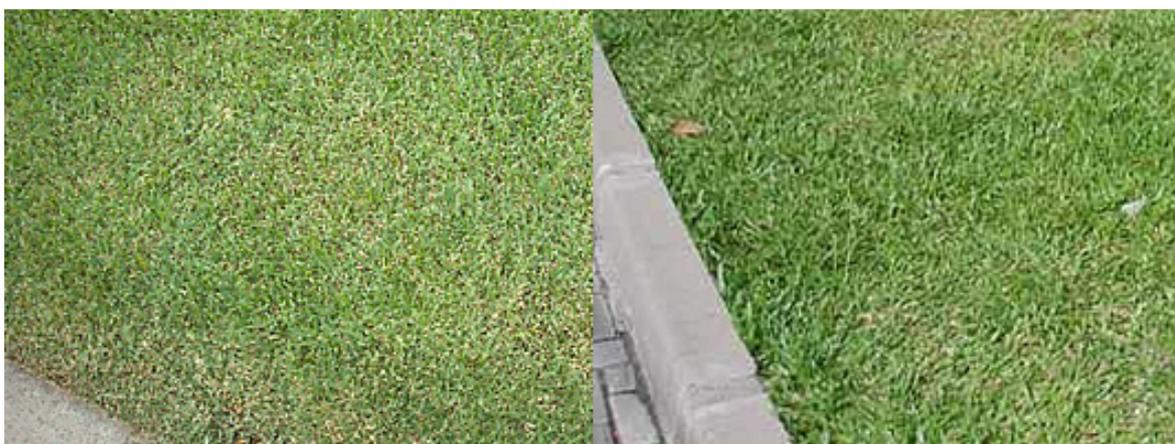


Figura 83 - Grama esmeralda / Figura 84 - Grama batatais
Fonte: <jardineiro.net> Acesso em: 02 dez. 2012, adaptada pela autora

Outras espécies de grama muito usadas são as *Axonopus compressus*, ou Grama São Carlos (Figura 85), herbácea rizomatosa, rasteira, que não tolera sombra total e não resiste bem à seca (JARDINEIRO.NET, 2012), e a *Stenotaphrum secundatum*, ou Grama Santo Agostinho (Figura 856), herbácea rizomatosa, que pode ser cultivada a pleno sol ou meia sombra (LORENZI & SOUZA, 2001). Esta possui boa resistência ao pisoteio e é indicada para regiões litorâneas, por ser resistente à salinidade (JARDINEIRO.NET, 2012).

³⁵ Informação obtida no curso Teto verde, realizado pela autora no Tibá – Tecnologia Intuitiva e Bioarquitetura - em abril de 2011.



Figura 85 - Grama São Carlos / Figura 86 - Grama Santo Agostinho
Fonte: <jardineiro.net> Acesso em: 02 dez. 2012, adaptada pela autora

Estas são as espécies de gramas mais utilizadas no paisagismo, e também as mais indicadas para local de pisoteio, segundo Abbud (2006), conforme foi observado no Capítulo 5.3.3.

Já no plano de parede, as principais espécies recomendadas por Ottelé (2011) são a *Hedera Helix*, popularmente conhecida como Hera, e a *Parthenocissus tricuspidata*, conhecida como Hera japonesa, que, como já foi observado, não precisam de sistema de suporte para crescer em uma fachada. A Hera (Figura 87) é uma trepadeira ou reptante semi lenhosa que, apesar de ser na maioria das vezes utilizada no plano de parede, também pode ser utilizada sob a copa de árvores, em canteiros, ou como revestimento (LORENZI & SOUZA, 2001). É uma planta que também não tolera o solo encharcado (JARDINEIRO.NET, 2012). Já a Hera japonesa, é uma trepadeira com fortes gavinhas, que a tornam capaz de se fixar a muros e paredes, podendo atingir até 30 metros ou mais (Figura 878). Diferente de outras espécies, como a unha-de-gato (*Ficus pumila*), por exemplo, a Hera-japonesa não necessita de podas frequentes para conter seu crescimento. Para removê-la de muros e paredes, basta cortar seu caule principal e aguardar que as gavinhas se degenerem naturalmente, para então arrancá-la sem danificar a estrutura da parede. Da mesma forma que a Hera, também pode ser utilizada como forração. É uma planta tolerante também à salinidade de regiões litorâneas (JARDINEIRO.NET, 2012).



Figura 87 - Hera / Figura 88 – Hera japonesa
Fonte: <jardineiro.net> Acesso em: 02 dez. 2012, adaptada pela autora

As diferentes variedades de Hera também são citadas por Abbud (2006) como as espécies do tipo forrações escandentes (que tanto podem cobrir o chão quanto trepar nas paredes) mais utilizadas no paisagismo. Das espécies que fixam-se através de um movimento helicoidal em torno de fios ou outros sistemas de suporte, Ottelé (2011) indica a *Aristolochia gigantea*, ou Papo de peru, e a *Wisteria sp.*, conhecida como Glicínia. A Papo-de-peru é uma trepadeira tipicamente tropical, de flores não convencionais, que exalam um odor fétido para atrair seus polinizadores, as moscas (Figura 89). É uma planta rústica, resistente a maioria das pragas e doenças, mas que pode ser atacada por lagartas. Devido a facilidade de propagação, pode se tornar invasiva, além de ser considerada planta tóxica (JARDINEIRO.NET, 2012). A Glicínia (Figura 8990) é uma trepadeira lenhosa de florescimento decorativo, e muito longeva, podendo viver até 100 anos, porém necessita de tutoramento, adubação e podas anuais (LORENZI & SOUZA, 2001). Apesar de poder ser cultivada sem problemas em regiões quentes, não apresenta nestas o mesmo desempenho que apresentaria em locais de clima subtropical ou mediterrâneo. Além disso, é uma planta tóxica, devendo-se mantê-la longe do alcance de crianças e animais domésticos (JARDINEIRO.NET, 2012).



Figura 89 – Papo de peru / Figura 90 - Glicínia
Fonte: <jardineiro.net> Acesso em: 02 dez. 2012, adaptada pela autora

Já nas paredes verdes da Ecohouse Urca, apresentada no Capítulo 2.2.1, as espécies utilizadas foram a *Thunbergia grandiflora*, conhecida como Tumbérgia-azul ou Azulzinha, e a *Allamanda violácea*. A azulzinha, que pode ser vista na Figura 91, é uma trepadeira semilenhosa, muito rústica e ornamental, que floresce o ano todo (JARDINEIRO.NET, 2012). Com relação à *Allamanda*, deste Gênero de plantas, a mais conhecida e utilizada no paisagismo no Brasil é a *Allamanda cathartica*, conhecida também como Alamanda-amarela ou simplesmente Alamanda (Figura 912), trepadeira que necessita ser conduzida com amarriço no início, e também apresenta flores quase o ano inteiro (LORENZI & SOUZA, 2001). Porém, devido ao peso de seus ramos, deve-se evitar seu uso em treliças e cercas frágeis. É uma planta tóxica (JARDINEIRO.NET, 2012).



Figura 91 – Azulzinha / Figura 92 - Alamanda
Fonte: <jardineiro.net> Acesso em: 02 dez. 2012, adaptada pela autora

Desta forma, estas espécies analisadas foram relacionadas na Tabela 13, que servirá de subsídio para a elaboração da planilha de auxílio ao processo de projeto que será apresentada com maiores detalhes no Capítulo 6.

Plano principal de implantação	Plano objetivo principal	Nome científico	Nome Popular	Categoria	Origem	Altura	Luminosidade	Ciclo de vida	Observações
Piso	Piso Parede Cobertura	<i>Lagerstroemia indica</i>	Extremosa	Árvore Arbusto	Exótica adaptada	3.6 a 4.7 m 4.7 a 6.0 m 6.0 a 9.0 m	Sol pleno	Perene	<ul style="list-style-type: none"> - Caducifólia - Árvore de pequeno porte, não possui raízes agressivas - Necessita de solo fértil, drenável, enriquecido com matéria orgânica e regada a intervalos regulares
Piso	Piso Cobertura	<i>Sansevieria trifasciata</i>	Espada de são jorge	Herbácea	Exótica adaptada	0.4 a 0.9 m	Meia Sombra Sol Pleno	Perene	<ul style="list-style-type: none"> - Resistência extrema - Baixa manutenção
Piso Cobertura	Piso Cobertura	<i>Portulaca grandiflora</i>	Onze horas	Herbácea	Nativa	0.1 a 0.3 m	Sol pleno	Anual Bianual Perene	<ul style="list-style-type: none"> - Fácil cultivo e abundante floração - Não suporta pisoteio - Atrai abelhas e borboletas - Necessita de solo fértil, bem drenável e enriquecido com matéria orgânica, com regas periódicas - Tolerante a seca e a baixa fertilidade do solo
Piso	Piso Parede	<i>Rhapis excelsa</i>	Palmeira-ráfia Ráfis	Arbusto Palmeira	Exótica adaptada	1.2 a 1.8 m 1.8 a 2.4 m 2.4 a 3.0 m	Sol pleno Meia Sombra Sombra	Perene	<ul style="list-style-type: none"> - Quando plantada em grupo, pode compor cercas vivas de desenho irregular - Necessita de solo fértil e bem drenável, irrigado regularmente - Regas regulares em substratos muito bem drenados são ideais para o seu cultivo em climas quentes
Piso	Piso Parede	<i>Strelitzia juncea</i>	Estrelítzia	Herbácea	Exótica adaptada	0.9 a 1.8 m	Sol pleno	Perene	<ul style="list-style-type: none"> - Necessita de solo fértil, bem drenado, e enriquecido com matéria orgânica - Exige pouca manutenção, apenas adubações anuais para estimular a floração

Piso Cobertura	Piso Cobertura	<i>Liriope spicata</i>	Liriope	Herbácea	Exótica adaptada	0.1 a 0.3 m	Meia Sombra Sol Pleno	Perene	<ul style="list-style-type: none"> - Popularmente utilizada como forração - Necessita de solo fértil, de textura média, bem drenável, enriquecido com matéria orgânica e irrigado regularmente - Indicada para forrar áreas semisombreadas, sob a copa das árvores, onde o gramado não prospera - Não é indicada para áreas de pisoteio.
Piso Cobertura	Piso Cobertura	<i>Hemigraphis alternata</i>	Hera-roxa	Herbácea	Exótica adaptada	0.1 a 0.3 m	Meia Sombra Sol Pleno	Perene	<ul style="list-style-type: none"> - Popularmente utilizada como forração - Também pode ser utilizada em vasos, jardineiras elevadas e cestas suspensas, onde o efeito cascata de sua folhagem é evidenciado - Necessita de solo fértil, drenável, enriquecido com matéria orgânica e irrigado regularmente - Baixa manutenção - Não tolera pisoteio - É umas das plantas mais eficientes em remover poluentes orgânicos de ambientes internos
Piso Cobertura	Piso Cobertura	<i>Sedum acre</i>	Carpete-dourado	Herbácea	Exótica adaptada	0,3 m	Sol pleno	Perene	<ul style="list-style-type: none"> - Florece no verão
Piso Cobertura	Piso Cobertura	<i>Sedum nussbaumerianum</i>	Bálsamo	Herbácea	Exótica adaptada	0,6 m	Sol pleno	Perene	<ul style="list-style-type: none"> - Florece no outono/ inverno
Piso Cobertura	Piso Cobertura	<i>Zoysia japonica</i>	Grama-esmeralda	Herbácea	Exótica adaptada	< 0,15cm	Sol pleno	Perene	<ul style="list-style-type: none"> - Necessita de solo fértil, com adubações semestrais e regas regulares - Não é indicada para locais de tráfego intenso

Piso Cobertura	Piso Cobertura	<i>Paspalum notatum</i>	Grama-batatais	Herbácea	Nativa	< 0,15cm	Sol pleno	Perene	<ul style="list-style-type: none"> - Necessita de solos mais pobres, com adubações semestrais e regas regulares, embora tenha certa resistência à estiagem. - Indicada para locais com tráfego, devido à sua resistência e rusticidade. - Não é indicada para situações de sombra ou meia-sombra
Piso Cobertura	Piso Cobertura	<i>Axonopus compressus</i>	Grama-são-carlos	Herbácea	Nativa	< 0,15cm	Meia Sombra Sol Pleno	Perene	<ul style="list-style-type: none"> - Necessita de solo fértil, com regas frequentes, pois não resiste à seca - Não tolera sombra total.
Piso Cobertura	Piso Cobertura	<i>Stenotaphrum secundatum</i>	Grama-santo-agostinho	Herbácea	Nativa	< 0,15cm	Meia Sombra Sol Pleno	Perene	<ul style="list-style-type: none"> - Necessita de solo fértil, com adubações semestrais e regas regulares. - É tolerante à salinidade - indicada para regiões litorâneas - Boa resistência ao pisoteio
Piso Parede Cobertura	Piso Parede Cobertura	<i>Hedera helix</i>	Hera	Trepadeira	Exótica adaptada	9.0 a 12 m	Meia Sombra Sol Pleno	Perene	<ul style="list-style-type: none"> - Caducifólia - Necessita de solo fértil, bem drenável e enriquecido com matéria orgânica, irrigado periodicamente - É tóxica
Piso Parede Cobertura	Piso Parede Cobertura	<i>Parthenocissus tricuspidata</i>	Hera japonesa	Trepadeira	Exótica adaptada	> 12 m	Meia Sombra Sol Pleno	Perene	<ul style="list-style-type: none"> - Caducifólia - Necessita de solo fértil, drenável, enriquecido com matéria orgânica e irrigado regularmente
Parede Cobertura	Piso Parede Cobertura	<i>Wisteria sp</i>	Glicínia	Trepadeira	Exótica adaptada	4.7 a 6.0 m 6.0 a 9.0 m 9.0 a 12 m	Sol pleno	Perene	<ul style="list-style-type: none"> - Caducifólia - Necessita suporte - Necessita de solo fértil, rico em matéria orgânica e com regas regulares - Necessita adubação e podas anuais - É tóxica

Parede Cobertura	Piso Parede Cobertura	<i>Aristolochia gigantea</i>	Papo-de-peru	Trepadeira	Nativa	2.4 a 3.0 m	Meia Sombra Sol Pleno	Perene	<ul style="list-style-type: none"> - Caducifólia - Necessita suporte - Necessita de solo fértil, drenável, enriquecido com matéria orgânica e irrigado regularmente - É tóxica
Parede Cobertura	Piso Parede Cobertura	<i>Thunbergia grandiflora</i>	Tumbérgia-azul ou Azulzinha	Trepadeira	Exótica adaptada	4.7 a 6.0 m	Meia Sombra Sol Pleno	Perene	<ul style="list-style-type: none"> - Caducifólia - Necessita de solo fértil, enriquecido com matéria orgânica, com regas regulares. - Tem boa velocidade de crescimento
Parede Cobertura	Piso Parede Cobertura	<i>Allamanda cathartica</i>	Alamanda	Trepadeira	Nativa	3.0 a 3.6 m	Sol pleno	Perene	<ul style="list-style-type: none"> - Caducifólia - Necessita de solo fértil e regas regulares. - Devido ao peso da ramagem vigorosa, deve-se evitar seu uso em treliças e cercas mais frágeis. - É tóxica

Tabela 13 - Algumas espécies de plantas utilizadas em clima tropical quente e úmido
Fonte: a autora

5.4. Considerações ambientais

No clima tropical quente e úmido, uma das funções mais importantes da vegetação é o sombreamento, com a finalidade de amenizar o rigor térmico durante o ano, além de diminuir as temperaturas superficiais dos pavimentos e fachadas das edificações, assim como a sensação de calor dos usuários do meio urbano (MASCARÓ & MASCARÓ, 2010).

Porém, o sombreamento gerado pela vegetação tem grande influência sobre a iluminação natural do recinto urbano e, conseqüentemente, das edificações presentes neste. Portanto, para se obter um melhor controle tanto do sombreamento quanto da iluminância natural, deve-se levar em consideração alguns critérios na seleção das espécies arbóreas, como porte, tipo de copa, de folhagem, e sua transmitância luminosa (MASCARÓ & MASCARÓ, 2010).

Conforme observa Hertz (2003), para fornecer sombra às paredes de uma construção mais baixa, as árvores funcionam bem quando implantadas nos lados leste e oeste da edificação, nos quais elementos arquitetônicos de proteção da radiação solar, como beirais, por exemplo, não podem ser satisfatoriamente utilizados em função da baixa altura solar.

Neste sentido, o autor classifica as árvores em três grupos:

- 1) As de forma redonda, nas quais a largura e altura são proporcionais;
- 2) As de formato oval, nas quais a altura tem o dobro da dimensão em relação à largura;
- 3) As de formato predominantemente vertical.

As primeiras são mais indicadas para sombrear telhados e devem ser implantadas nas orientações norte, nordeste e noroeste.

As segundas devem ser implantadas nos lados leste e oeste do edifício, funcionando como uma barreira vertical contra a insolação.

E as terceiras, de formato vertical, funcionam melhor, segundo o autor, como barreira contra o vento e poeira, e devem ser implantadas a certa distância da construção que se deseja proteger.

O interessante destas observações é poder observar que o formato da copa das árvores – ou de um grupamento de árvores - possui influência na sombra gerada, e, de

acordo com o azimute e a altura solar média³⁶ nos períodos de verão e de inverno, para calcular a projeção da sombra e, assim, especificar a espécie correta de acordo com a superfície que se deseja sombrear.

Por este motivo, espécies caducifólias podem ser localizadas junto aos edifícios quando se deseja aquecimento solar passivo no inverno, desde que estas não sejam de grande porte e não possuam raízes superficiais. Além disso, deve-se ter certo cuidado ao localizá-las junto à ralos e canaletas de drenagem para evitar seu entupimento com a queda das folhas.

Outro ponto importante é quando da utilização de coletores solares nos telhados de edificações baixas: neste caso, é adequado plantar espécies de copa baixa, de altura menor que a localização dos coletores, para evitar seu sombreamento.

Ainda de acordo com Hertz (2003), as árvores, arbustos, cercas vivas e barreiras naturais podem formar zonas de baixa a alta pressão, transformando o microclima ao redor do edifício. Desta forma, o autor relaciona regras para o emprego de elementos vegetais em função da necessidade de ventilação, insolação ou sombreamento, das quais destacamos algumas abaixo:

- Próximo a ambientes nos quais o calor do Sol seja necessário no inverno, devem ser utilizadas árvores de folhas caducas;
- O emprego de árvores para bloquear o vento também pode funcionar para neutralizar o ar mais quente no verão;
- Quanto mais densa é a grama e mais numerosas as árvores e arbustos, mais fresco é o ar nas proximidades;
- As trepadeiras podem proteger as paredes da radiação solar e fornecer sombra quando instaladas em coberturas como pérgolas, por exemplo.

Com relação à influência que exerce na circulação do movimento de ar natural, além de formar zonas de alta e baixa pressão, Hertz (2003) lembra ainda da importância da correta localização das árvores e arbustos em relação aos espaços abertos da edificação:

- Quando as plantas estão localizadas muito próximas à edificação, as janelas devem ser mais baixas que a copa das árvores, ou mais altas do que os arbustos, para não impedir a ventilação e a vista (Figura 93);

³⁶ O azimute solar (α) é a medida angular tomada a partir da orientação norte do observador. A altura solar (h) se relaciona com a hora do dia. Ao nascer do sol, sua altura é igual a zero, aumentando esse valor até atingir um máximo ao meio-dia. Após esse horário, a altura solar passará a decrescer de valor até igualar-se a zero, no pôr-do-sol (FROTA & SCHIFFER, 2001).

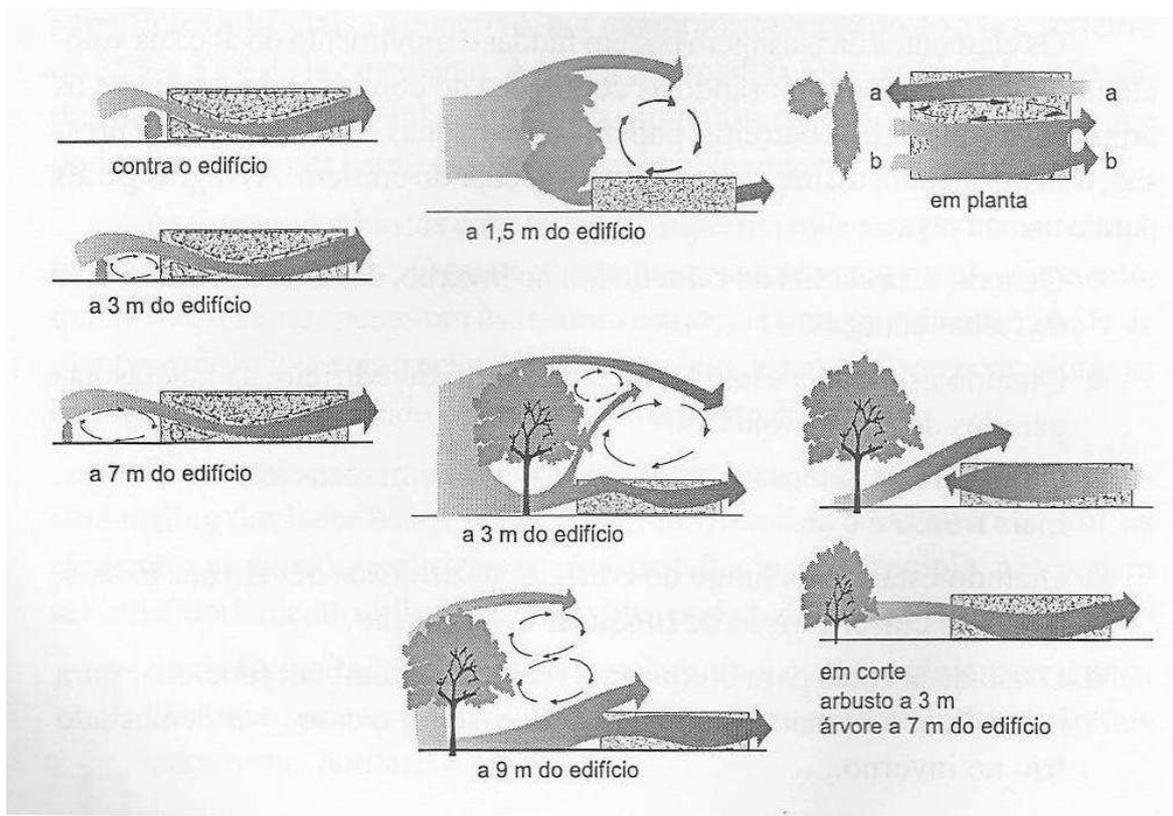


Figura 93 – Modificações da corrente de ar produzidas pela vegetação
 Fonte: Gonzales *et. al.* (1986, p. 69-70 in HERTZ, 2003, pg. 48)

- Da mesma forma, quando são implantados mais longe do edifício, os arbustos devem ser mais baixos para não bloquear a ventilação (Figura 94);

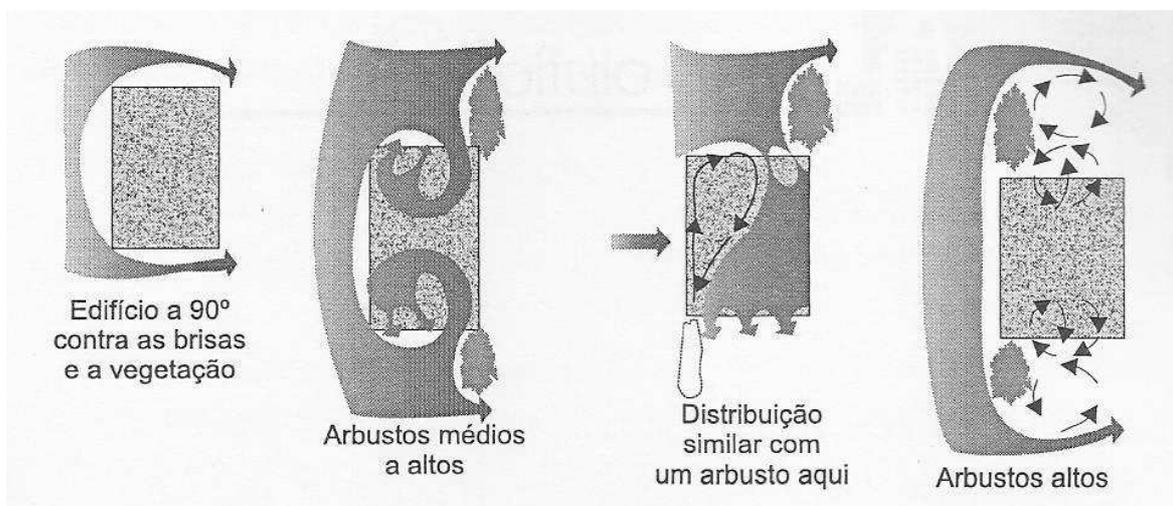


Figura 94 – Efeito dos arbustos sobre o fluxo de ar interno
 Fonte: Gonzales *et. al.* (1986, p. 69-70 in HERTZ, 2003, pg. 49)

Quando estes elementos vegetais estão bem situados, podem, inclusive, acelerar o movimento do ar para o interior do prédio, resultando em uma melhor ventilação.

É importante lembrar ainda que, nas zonas quentes e úmidas, durante o dia, as brisas devem vir do lado sombreado do edifício, e neste sentido a vegetação pode funcionar para criar este sombreamento.

Já com relação a vegetação aplicada ao piso, para Mascaró & Mascaró (2010), “o paisagismo que conserva energia adota o critério de minimizar áreas gramadas.” Isto porque grandes áreas gramadas consomem muita água para rega e combustível fóssil nas máquinas para corte. Os autores acrescentam ainda que os gramados, diferentemente das árvores, coberturas e fachadas verdes, não fornecem nenhum tipo de proteção às superfícies dos edifícios ou aos usuários dos espaços públicos.

Segundo Mascaró e Mascaró (2010), as regas em gramados devem ser realizadas no mínimo uma vez por semana na proporção de 1m³ de água para cada 50m² de grama, o que equivale a uma chuva mensal de 20mm. Ou seja, em locais com pouca chuva, deve-se complementar com rega a porção restante, na medida em que se deseje que o gramado apenas sobreviva, mesmo que mantenha uma coloração amarelada, ou que mantenha coloração sempre verde. Por outro lado, em locais com alta umidade e chuvas intensas, muitas vezes, as regas dos gramados podem ser dispensadas. A falta de água inicialmente deixa a grama amarela, o que em muitos casos, no entanto, vêm sendo considerado como uma nova estética de gramados sustentáveis.

Uma solução mais sustentável para a rega dos gramados é contar com uma rede de irrigação abastecida com água de chuva captada em telhados e armazenada em cisternas, por exemplo, o que diminui o consumo de água potável em sua manutenção.

Ainda, é recomendado que a rega seja realizada sempre no fim do dia para que a perda por evaporação seja mínima (MASCARÓ & MASCARÓ, 2010).

Em relação às superfícies verticais, da mesma forma, estudos tem demonstrado que uma proteção solar composta por vegetação do tipo trepadeira crescendo diretamente sobre a parede, fornece um sombreamento eficaz, além de contribuir para uma menor absorção de calor pela parede e, conseqüentemente, em menores temperaturas internas (HOYANO, 1988, pg. 188 *in* LOH, 2008). Uma diferença de temperatura de 10°C foi registrada em um estudo feito por este autor, entre superfícies expostas de parede com e sem plantas.

Loh (2008) observa ainda que o efeito do movimento do ar, aumentando o ganho ou a perda de calor através da fachada também pode ser atenuado por paredes verdes, colaborando assim na redução do consumo de energia pela edificação.

A autora cita ainda que a evapotranspiração das plantas nas paredes vivas também contribui para a redução das temperaturas na fachada. Em climas quentes, quando o envoltório do edifício é coberto por vegetação, como telhados ou paredes verdes, a temperatura do ar circundante pode ser reduzida, o que leva não só à economias de energia para o condicionamento de ar interior, mas também à redução dos efeitos de ilha de calor urbano (LOH, 2008).

Como já foi exposto, a falta de vegetação em ambientes urbanos densos juntamente com o calor refletido pelas superfícies duras dos prédios, ruas e pavimentações, contribuem para altas temperaturas dentro das cidades. Um estudo realizado por Alexandri (2006 *in* LOH, 2008) sugere que uma redução de temperatura máxima de 8,4° C pode ser alcançada em um cânion urbano (com 5-10m de altura e 5-15m de largura), no clima úmido de Hong Kong, caso as duas paredes e telhados forem cobertas com vegetação, quando esta temperatura for medida em um dia típico do mês mais quente para aquela cidade - neste caso, com uma temperatura do ar diurna mínima de 27° C e máxima de 32° C. O estudo conclui que a redução de temperatura proporcionada por paredes e telhados verdes pode gerar níveis de economia de energia para refrigeração de edifícios de 32 a 100%.

Além disso, assim como em coberturas, a vegetação provoca um efeito de sombreamento que reduz a quantidade de luz UV que incide sobre os materiais de construção. Como a luz UV deteriora o material e as propriedades mecânicas dos revestimentos, tintas, plásticos, etc, as plantas terão também um efeito sobre a durabilidade dos mesmos, o que, por sua vez, gera influências nos custos de manutenção dos edifícios.

As paredes cobertas por vegetação contribuem ainda, da mesma forma que as coberturas, para o atraso do tempo de *runoff* da água da chuva, através de percolação da precipitação, embora Loh (2008) observe que não existem dados ainda sobre a quantidade de água que pode ser gerida desta maneira. Muitas paredes verdes em ambientes internos recolhem a água utilizada para irrigação das plantas para voltar a circular no sistema com nutrientes adicionados. Estas podem ainda ser irrigadas com águas cinzas ou negras recicladas, e esta capacidade de prosperar com água não potável, além da retenção significativa do escoamento pluvial no local, oferece benefícios reais para gestão das águas pluviais urbanas.

A mesma autora lembra também que muitas paredes verdes em ambientes internos são construídas para melhorar a qualidade do ar interior, sendo chamadas de bioparedes. Através de biofiltração, tanto o dióxido de carbono (CO²) quanto outras toxinas nocivas, como os compostos orgânicos voláteis (COV's), são absorvidos tanto pela vegetação quanto pelo substrato (DARLINGTON, 1998 *in* LOH, 2008).

Igualmente, como já foi citado no capítulo 3.4, paredes verdes podem reduzir a reflexão sonora das superfícies duras de ruas, calçadas, e edificações, em cidades cada vez mais densas.

Os benefícios ambientais do emprego da vegetação no envelope do edifício, algumas vezes, só funcionam se uma grande superfície na mesma zona for esverdeada, e as suas vantagens só se tornarão aparentes em escala de bairro ou cidade. Outros podem operar diretamente na escala edifício. Os benefícios relacionados a escala maior consideram principalmente a melhoria da qualidade do ar e da biodiversidade urbana, e a mitigação do efeito de ilha de calor urbano. A melhoria da qualidade do ar devido a vegetação está relacionada principalmente com a absorção de partículas de poeira fina e a absorção de gases poluentes, como o CO², NO² e SO².

Uma questão importante que Perini *et al.* (2011) também abordam é se para além das vantagens ambientais proporcionadas pelo emprego da vegetação em superfícies, estes sistemas são realmente sustentáveis, devido aos materiais utilizados, a manutenção requerida, aos insumos necessários, etc. Para os autores, a análise do ciclo de vida pode ser uma ferramenta eficaz para a avaliação da sustentabilidade de um elemento de construção, relacionando a sua carga ambiental e os possíveis benefícios proporcionados.

Um estudo realizado por Ottelé *et al* (2011, *in* PERINI *et al.*, 2011), relativo à análise do ciclo de vida de quatro sistemas de paredes verdes/ vivas, mostra o perfil da carga ambiental em relação à poupança de energia alcançada com os sistemas de ar condicionado e de aquecimento. Apenas uma estimativa dos benefícios em microescala foi tida em consideração nesta pesquisa, para uma situação de clima mediterrâneo e outra de clima temperado. Foram analisados quatro sistemas nesta pesquisa:

- a. fachadas/paredes verdes do tipo integradas
- b. fachadas/paredes verdes do tipo separadas, com base em suportes de aço inoxidável
- c. fachadas/paredes verdes do tipo separadas, com base em caixas
- d. fachadas/paredes verdes do tipo separadas, com base em camadas de feltro

Mesmo que não se trate do tipo de clima em estudo nessa pesquisa, é importante uma análise dos distintos potenciais ambientais dos diferentes tipos de sistemas, uma vez que os benefícios energéticos tem um impacto notável na análise do ciclo de vida segundo os autores: para o clima mediterrâneo os benefícios calculados são cerca de duas vezes maiores graças às economias relacionadas com o potencial de resfriamento da vegetação.

Nesta pesquisa, os autores concluíram que:

- As fachadas/paredes verdes do tipo integradas têm uma influência muito pequena sobre a carga ambiental total, por esta razão, este tipo de emprego da vegetação em superfícies verticais, sem qualquer material adicional envolvido, é sempre uma escolha sustentável para os casos examinados.

- As fachadas/paredes verdes do tipo separadas, com base em suportes de aço inoxidável tem uma grande influência sobre a carga ambiental total da parede. O aço inoxidável, ou aço inox, é, basicamente, uma liga de ferro e cromo que apresenta propriedades físico-químicas superiores a dos aços comuns, apresentando alta resistência à oxidação atmosférica. É um material que, apesar de possuir alta energia incorporada, se tiver a manutenção é feita de forma adequada, permanece com a mesma aparência durante toda a vida útil da construção. E caso a fachada verde necessite ser removida, o aço inoxidável pode recuperar sua aparência original ou ser reutilizado em outras aplicações.

- As fachadas/paredes verdes do tipo separadas com base em caixas tipo vasos não tem uma pegada ecológica importante devido aos materiais envolvidos, segundo os autores, desde que os materiais afetem positivamente a resistência térmica do sistema. A pegada ambiental e a energia incorporada deste sistema dependem, porém do material de que for feita a caixa (vaso) para suporte do substrato e vegetação. Se for de plástico, por exemplo, cuja matéria prima é o petróleo, e o tempo de degradação no meio ambiente pode chegar a até 450 anos, sua pegada ecológica pode ser enorme. Uma opção seria substituir este material pelo bioplástico, por exemplo, obtido de matérias primas vegetais que além de dispensar o petróleo, se degrada rapidamente.

- As fachadas/paredes verdes do tipo separadas com base em camadas de feltro tem um elevado peso ambiental devido à baixa durabilidade e materiais utilizados. O feltro é um TNT (tecido não tecido), ou seja, é apenas compactado, constituído por cerca de 85% de resíduos da fabricação da lã e 15% de fibras mistas. É um material pouco durável e que não se relaciona bem com a água, fundamental para a manutenção da vegetação, por isso, este tipo de sistema possui vida útil muito curta.

Porém, como o desenvolvimento deste tipo de sistemas está crescendo rapidamente, muitos materiais estão sendo testados, e podem ter uma influência tanto positiva quanto negativa sobre a pegada ecológica do sistema por inteiro. Por exemplo, para o sistema indireto, outros materiais podem ser utilizados como suporte para plantas trepadeiras, como diferentes tipos de madeira, plástico, alumínio e aço, em vez de uma malha de aço inoxidável, e podem ter uma influência sobre a carga ambiental do sistema cerca de 10 vezes menor do que a malha de aço inoxidável (PERINI *et. al.*, 2011). Ou seja, para saber se o sistema contribui realmente para o desenvolvimento de uma edificação com menor impacto ambiental, deve-se avaliá-lo como um todo, considerando todos os componentes envolvidos em sua fabricação e manutenção.

5.5. Considerações sócioeconômicas

A presença da vegetação no meio urbano pode afetar diretamente o desenvolvimento socioeconômico de uma região. Mascaró & Mascaró (2010) citam alguns dados que corroboram esta afirmativa: estudos mostraram que a qualidade de um espaço verde tem efeito “expansivo, econômico e positivo” nas propriedades próximas - edificações adjacentes a parques ou espaços abertos possuem valor de mercado entre 8 a 20% maior do que propriedades localizadas em outros lugares. Outro estudo, mostra que a taxa de renda de escritórios comerciais em locais com paisagens de qualidade é cerca de 7% mais alta. Outro, diz que consumidores estão dispostos a pagar entre 9 a 12% mais em produtos em locais comerciais que possuem árvores, em comparação à bairros similares que não possuem.

Os mesmo autores afirmam ainda que a presença de árvores e outros elementos vegetais gera numerosos benefícios psicossociais, e muitas vezes, a ausência de espaços verdes nos grandes centros urbanos é relacionada como motivo de altos custos com saúde pública e estresse mental da população, e sua presença é considerada como fonte de recuperação de energias para o ser humano, como já foi citado no Capítulo 1.1.

Desta forma, conclui-se que o emprego da vegetação nas superfícies da edificação, contribuindo para o incremento das áreas verdes no ambiente urbano, possui um efeito positivo no desenvolvimento social e econômico das cidades. Neste capítulo, serão relacionados os principais aspectos socioeconômicos relativos à implantação e manutenção da vegetação integrada às superfícies da edificação.

5.5.1. Implantação

Com relação à implantação da vegetação, deve-se ter em mente qual o aspecto desejado para o jardim e seus elementos vegetais logo após a finalização da construção da edificação. Em projetos onde existe a necessidade do jardim estar finalizado quando se conclui a construção, o estrato arbóreo é o que, provavelmente, representará a maior dificuldade de fornecimento, uma vez que são poucos os viveiros que mantêm árvores de maior porte já preparadas (“sangradas”) para um transplante seguro (MASCARÓ & MASCARÓ, 2010). De acordo com estes autores, o processo de recuperação de uma árvore adulta após o transplante é tão longo que o crescimento normal e sadio de uma árvore jovem pode sobrepujar-lhe o aspecto, valendo mais a pena.

Já os projetos com grandes áreas a serem plantadas podem requerer a instalação de um viveiro de mudas, que produza as espécies desde as sementes (árvores e arbustos) ou compre-as ainda pequenas e cuide de seu desenvolvimento, o que sai mais barato, segundo estes mesmos autores.

Com relação às forrações, o uso da grama em placas, em extensões relativamente pequenas, é justificado pelo aspecto final, que compensa seu alto custo. Porém uma solução mais barata é executar o plantio em sementes ou mudas, apesar de levar um maior tempo para formar o gramado. Mascaró & Mascaró (2010) lembram ainda que outros tipos de forração são vendidos também em caixas rasas, e o seu aproveitamento depende da distância de plantio entre as mudas. Dependendo do espaçamento, o solo ficará a vista até que as plantas se multipliquem e forrem completamente o espaço destinado a elas.

Os mesmos autores observam que o custo das espécies está relacionado à lei da oferta e da procura, sendo mais caras as plantas de maior porte, de difícil reprodução, as espécies de crescimento lento e as que estão na “moda” no momento em questão.

Deve-se atentar também para quais espécies se encontram no mercado no momento da compra/ execução, que nem sempre é o mesmo do projeto.

Já no emprego da vegetação em coberturas, o planejamento deve se iniciar na fase de projeto para proporcionar uma construção econômica, optando por telhados com poucas águas e com inclinação moderada. Segundo Minke (2005), para conseguir um custo de execução razoável, a cobertura deve ter uma inclinação mínima de 5%, para que não seja preciso uma drenagem especial. Os tetos com leve inclinação – entre 5% e 36% - possibilitam uma construção mais econômica, pois podem ser executados com

uma única camada, ou seja, sem a necessidade de uma camada de drenagem separada através de feltro. A adição de partículas de material mineral poroso ao substrato proporciona a redução do peso do substrato, o aumento do isolamento térmico e facilitam a respiração das raízes.

Por outro lado, tetos com forte inclinação – entre 36% e 84% - possuem a estrutura semelhante aos tetos verdes com leve inclinação, porém deve ser assegurado contra o deslizamento do substrato, gerando custos adicionais.

Ainda assim, de acordo com o autor, o custo da implantação de coberturas verdes pode variar em torno de 80% em função da demanda, da distância de transporte, da acessibilidade do terreno e da época do ano. O custo depende também do tipo de telhado utilizado, da estrutura do edifício, dos tipos de plantas que poderão ser utilizadas e da manutenção necessária.

Minke (2005) afirma que se forem consideradas a vida útil, a probabilidade de ter problemas e os custos com manutenção e reparação, tetos verdes extensivos são mais econômicos que os telhados convencionais. Além disso, para uma comparação de custos, deve-se considerar que coberturas verdes proporcionam proteção térmica no verão e conservação do calor no inverno, gerando uma economia de energia que deve ser levada em conta³⁷.

Com relação aos custos das paredes verdes, Loh (2008) observa que os dados existentes até esta data normalmente indicam apenas os custos relativos à implantação e manutenção, de capital e do custo operacional de sua manutenção, sem indicar o potencial de redução de custos no consumo de energia devido ao sombreamento da fachada e às propriedades isolantes, além do aumento da produtividade no local de trabalho. Esta mesma observação pode ser feita, contudo, para o emprego da vegetação às demais superfícies da edificação (piso e cobertura).

A autora observa ainda que ao planejar as paredes verdes durante os estágios iniciais do projeto e projetá-las como parte da fachada, ou utilizá-las como elementos de

³⁷ Quanto ao custo dos sistemas pré-fabricados, a empresa Ecotelhado, por exemplo, no ano de 2012, forneceu por e-mail os seguintes custos por sistema, sem considerar frete ou mão de obra de instalação e as plantas (FEIJÓ, 2012):

- a) Sistema Laminar R\$ 100,00/m²
- b) Sistema Hexa R\$ R\$ 73,00/m²
- c) Sistema Alveolar R\$ 59,00/m²
- d) Sistema Jardim Vertical R\$ 250,00/m²
- e) Ecopavimento R\$ 30,00 /m²

Entretanto, não foi possível adquirir os custos de outros fornecedores e, também, de sistemas fabricados in loco, para efeito de comparação.

proteção da radiação solar, é possível minimizar os seus custos e maximizar os seus benefícios.

Os custos para implantação de uma fachada verde ou parede viva dependem do tipo de sistema escolhidos sistemas do tipo separado são mais caros que os sistemas integrados de fachadas verdes, devido aos materiais adicionais envolvidos para suporte, a complexidade do sistema, etc.

Perini *et. al.* (2011) lembram ainda que deve ser levado em conta a durabilidade dos sistemas. Por exemplo, uma superfície vertical vegetada composta por camadas de feltro tem uma vida útil média de 10 anos, já uma composta por caixas de plástico (tipo vasos) é mais durável, com vida útil de mais de 50 anos. Além disso, um projeto bem detalhado é necessário para evitar danos, causado pelo vazamento de água, por exemplo, em encontros de peças com esquadrias.

Quando a parede possui a vegetação plantada na base do edifício, permite a obtenção de uma fachada verde mais econômica, porém com possíveis implicações para os trabalhos de manutenção que têm de ser realizados, além do fato de algumas plantas trepadeiras crescerem no máximo até 5 ou 6 metros de altura.

Os aspectos sociais envolvidos com a implantação da vegetação nas superfícies da edificação estão mais relacionados à mão de obra utilizada. É muito importante considerar a participação no processo de projeto do responsável pela manutenção das áreas verdes e seus componentes construtivos – funcionários responsáveis pela poda, adubação e irrigação da vegetação, limpeza e conservação predial, retirada/ triagem e reciclagem dos resíduos, etc – para que o projeto alcance também o aspecto social do conhecido tripé da Sustentabilidade (ambiental, econômico e social).

Além disso, Serrador (2008) destaca outros princípios envolvidos com a dimensão social de empreendimentos sustentáveis, como: o apoio e respeito a proteção de direitos humanos reconhecidos internacionalmente, o apoio a eliminação de todas as formas de trabalho forçado ou compulsório, o apoio à igualdade de remuneração e a eliminação da discriminação no emprego, o atendimento às necessidades do usuário no futuro, através da flexibilidade e adaptabilidade, a capacitação e treinamento, entre outros.

O planejamento e a instalação de um telhado verde, por exemplo, requer mão de obra especializada tanto para sua execução, tanto para sua manutenção (dependendo do tipo de telhado), além de projeto e previsão de infraestrutura adequados para não ocorrerem problemas como vazamentos, infiltrações, erosão da terra e das plantas. Para

isso, pode ser prevista a capacitação e treinamento dos envolvidos na execução da cobertura, caso não haja pessoal capacitado no local da obra, por exemplo.

Neste contexto, e para possibilitar o alcance destes princípios, devem estar envolvidos tanto o empregado do setor da construção civil e o funcionário contratado para o correto funcionamento do edifício, quanto o empregador, ambos atores sociais envolvidos no processo.

5.5.2. Gestão/ Manutenção

A dificuldade e a periodicidade de manutenção estão relacionadas ao tamanho da área ajardinada, e também, à especificação de espécies adequadas ao local – espécies que não apresentam condições adequadas para sobrevivência requerem maior manutenção.

A gestão/ manutenção de áreas ajardinadas deve incluir a remoção de galhos secos, a eliminação de ervas daninhas, a irrigação quando necessária, o controle de pragas e doenças e podas programadas e eventuais (MASCARÓ & MASCARÓ, 2010).

Os arbustos perenes, apesar de possuírem floração menos intensa, exigem uma menor manutenção com poda e replante, e conseqüentemente, possuem um menor custo ao longo de seu ciclo de vida. Já os arbustos anuais devem ser plantados em locais onde a manutenção possa ser constante e seu custo não seja limitado.

Já com relação às forrações, as anuais necessitam de replantes, já as perenes, não necessitam de replante, mas exigem poda constante para permanecer rente ao solo e com intensa floração (ABBUD, 2006).

Os resíduos resultantes do corte da grama e da poda de árvores e arbustos podem ser reciclados e reutilizados no próprio sítio, o que reduz a necessidade da existência de locais para depósito destes materiais.

Com relação às coberturas verdes, de acordo com Machado (2002), deve-se ter um cuidado especial com as novas espécies levadas ao telhado por pássaros, insetos, ou pelo vento, pois algumas podem representar risco à vida útil da cobertura devido as suas características. Portanto, deve-se fazer uma manutenção periódica para a retirada das espécies indesejadas, de forma a não oferecer riscos à edificação. Segundo Leal (2009), esta inspeção no telhado para verificar se há alguma planta invasora ou árvore de grande porte deve ser realizada a cada seis meses.

Com relação às paredes, Loh (2008) diz que o planejamento de uma edificação com um prévio entendimento sobre paredes vivas podem reduzir consideravelmente o custo com manutenção, assim como já foi observado para o custo de implantação.

Além disso, projetar a superfície vertical com vegetação integrada como um sistema removível (de forma separada) pode diminuir os custos com manutenção, reduzindo a necessidade de uso de equipamentos de elevação para manter as partes superiores de uma parede verde externa em uma edificação, por exemplo.

A correta especificação de espécies e o estabelecimento de um esquema de manutenção bem planejado com o pessoal de gestão também vão melhorar em muito a probabilidade de sobrevivência das plantas na parede (LOH, 2008).

Ottelé (2011) ressalta ainda que a manutenção está mais relacionada à vegetação do que à construção em si, e consiste principalmente de poda com uma grua (móvel) e, possivelmente, de replantio em locais onde a vegetação estiver deteriorada. No caso das superfícies verticais com vegetação compostas por elementos pré-fabricados, é também possível substituir os painéis por novos pré-vegetados para atingir uma aparência nova instantaneamente.

5.6. O emprego da vegetação na edificação segundo duas Certificações de Qualidade Ambiental

Para complementar a pesquisa na busca de referências sobre os benefícios do uso da vegetação, procurou-se, junto aos atuais processos de certificação ambiental, analisar o papel da vegetação à luz de seus critérios.

Dentre as certificações em voga, optou-se por avaliar os selos AQUA[®] e LEED[®] (Leadership in Energy and Environmental Design), que são as certificações atualmente mais empregadas no Brasil. Segundo informações do Green Building Council Brasil, o número de empreendimentos que receberam o selo LEED[®] e registrados em busca da certificação deverá crescer 145% em relação ao ano de 2011. Da mesma forma, os empreendimentos certificados pelo processo AQUA[®], até setembro de 2011 tiveram aumento de quase 100% em relação ao mesmo período do ano de 2010 (TAMAKI, 2011).

O objetivo deste capítulo é avaliar de que forma estas certificações de qualidade ambiental têm influenciado o processo de concepção arquitetônica e quais dos seus critérios de avaliação estão relacionados, direta ou indiretamente, ao emprego da vegetação nos planos da edificação já citados.

5.6.1. O Processo AQUA®

Este Processo é a primeira iniciativa de adaptação de um sistema de certificação estrangeiro para o contexto específico brasileiro, estruturado em 14 Categorias que permitem avaliar os desempenhos alcançados em cada uma de suas preocupações e exigências, conforme mostra a Figura 95.



Figura 95 - 14 Categorias de preocupação do Processo AQUA®
Fonte: Fundação Vanzolini (2010)

Estas 14 categorias são desmembradas, cada uma, nas principais preocupações associadas a cada desafio ambiental. As 14 categorias de preocupação consideradas pelo Processo AQUA® serão utilizadas nesta pesquisa como guia de orientação para uma reflexão sobre quais critérios estão relacionados à integração da vegetação no projeto arquitetônico, como elemento de regulação do microclima urbano e do desempenho térmico das edificações.

A Categoria 1 do Referencial Técnico de Certificação para Edifícios Habitacionais do Processo AQUA®, trata da relação dos edifícios com seu entorno. A primeira preocupação desta categoria é a consideração das vantagens e desvantagens do entorno, e uma exigência do Referencial é que o empreendedor expresse, “sob a forma de objetivos e soluções”, alguns elementos de análise do terreno e do seu entorno, dentre os quais está presente:

- Ecossistemas e biodiversidade: Preservação do meio; Desenvolvimento da biodiversidade.

Tansley (1935 *in* Yeang, 1999) define ecossistema como unidade espacial que engloba o conjunto de interações entre os componentes biológicos e físicos do meio ambiente. Segundo Yeang (1999), o ecossistema se define como uma unidade que abrange todos os organismos de uma área determinada e as suas relações recíprocas com o meio físico.

Para o mesmo autor, o primeiro aspecto importante de um projeto ecologicamente sensível é que o projetista tenha um conhecimento exato sobre o conceito de ecossistema antes de relacionar um projeto com o seu entorno.

Em primeiro lugar, é preciso estudar e analisar holisticamente o ecossistema no qual se implanta o projeto, a fim de que possamos chegar a compreender detalhadamente todos os seus componentes e processos (por exemplo, as transformações energéticas) e sua suscetibilidade à mudança e à intervenção prevista no projeto. (YEANG, 1999, pg.7, tradução da autora)

Yeang (1999) recomenda ainda a análise do sistema projetado para que este não consista em uma intrusão deliberada no ecossistema do lugar em que se situa o projeto, e para entender e prevenir as mudanças que acompanham a estrutura e o funcionamento deste ecossistema devido ao fato de nele ter sido imposto um sistema artificial.

Isto leva à outra premissa projetual importante citada por Yeang (1999): o fato de que as interações entre ecossistemas atravessam os limites artificiais criados pelo homem. Ou seja, os ecossistemas na biosfera devem ser considerados holisticamente como interdependentes, uma vez que mudanças produzidas em qualquer parte do ecossistema podem afetar o funcionamento de todo o conjunto, ainda quando o grau de dependência mútua pareça ser remoto. Neste contexto, a conclusão tirada por Yeang (1999) é que se deve trabalhar com a natureza e não contra ela, aproveitando as oportunidades naturais oferecidas pelo próprio ecossistema. Como exemplo, ao invés de se limpar o terreno antes da construção do edifício, pode-se aproveitar a camada de vegetação existente como um elemento para contribuir a reduzir as temperaturas extremas, filtrar a poeira, proteger do vento e manter o grau de umidade desejado para o local.

Outro ponto importante relacionado à preservação do meio e desenvolvimento da biodiversidade, destacado por Gauzin-Müller (2011) é que para preservar ou restituir o equilíbrio ecológico no meio urbano é preciso incentivar a diversidade vegetal e privilegiar o uso de espécies tradicionais da região. A autora cita como exemplo cidades europeias como Berlim e Nuremberg onde a destruição de muitas áreas verdes naturais levou à uma diminuição da biodiversidade. Porém a extinção de uma planta ou um animal coloca em risco dez ou vinte espécies que deles dependem de diferentes maneiras – como foi apontado também por Yeang (1999) e Pearson (2005): mudanças produzidas em qualquer parte do ecossistema podem afetar o funcionamento de todo o conjunto. Ou seja, torna-se imprescindível proteger as espécies ameaçadas.

Outro elemento de análise, além do destacado acima, presente na 1ª Categoria do Referencial, pode ser considerado por possuir uma relação com a presença de vegetação no terreno ou na edificação:

- Contexto geográfico: Elementos do clima: Sol (orientação, trajetória solar, sombreamentos possíveis sofridos e provocados pelo empreendimento); Vento (orientação de acordo com os ventos dominantes); Precipitações (chuva); Temperatura; Umidade.

A presença da vegetação tem influência na temperatura e no nível de umidade do local, podendo ainda funcionar como elemento de sombreamento natural e como barreira ou direcionador dos ventos dominantes.

Outra preocupação da Categoria 1 é a do “ordenamento da gleba para criar um ambiente exterior agradável e reduzir os impactos relacionados ao transporte”. A exigência desta preocupação é a “criação de um ambiente exterior agradável”, através da consideração de alguns elementos, dentre os quais, está relacionado o Paisagismo.

A próxima Categoria que pode se relacionar com a integração da vegetação ao projeto arquitetônico é a Categoria 4, que diz respeito à gestão da energia, e tem como preocupação a redução do consumo de energia através da concepção arquitetônica. Uma das exigências desta Categoria é a “melhoria da aptidão da envoltória para limitar desperdícios de energia” através do valor da Transmitância Térmica ponderada da envoltória $U_{edif} < U_{ref} (1) (W/m^2.K)$.

Apesar de a transmitância térmica estar relacionada também às superfícies semitransparentes, a melhoria da aptidão da envoltória pode ser atingida pela utilização da vegetação em coberturas e fachadas - telhado verde e fachada verde -, uma vez que o desempenho térmico do edifício depende ainda da inércia térmica.

Além disso, como já foi exposto no capítulo 3, uma superfície coberta por vegetação possui uma absorvância maior do que uma superfície pavimentada, resultando em a redução da demanda do edifício por condicionamento de ar, e, conseqüentemente, a redução do consumo energético.

Já a Categoria 5 tem como preocupação a redução do consumo de água potável na edificação. As exigências desta categoria que se relacionam com a presença da vegetação no projeto arquitetônico, são as seguintes:

- Na existência de um sistema de irrigação destinado às áreas verdes que necessitem de irrigação regular, deve-se prever uma programação para seu uso;
- Na existência de áreas verdes contendo espécies que necessitem de irrigação diferenciada, deve-se adotar um sistema de irrigação localizado por gotejamento ou aspersão;
- Deve-se adotar um sistema de irrigação com programação, setorizando as áreas verdes em zonas de irrigação distintas, de acordo com as necessidades de cada tipo de vegetação (irrigação multizona) ou um sistema de irrigação com programação e mini estação meteorológica prevendo a ocorrência de chuva ou de detectores de umidade, ou um sistema de gestão centralizado de irrigação de uma ou várias operações;
- Seleção de espécies vegetais de baixo consumo para irrigação (Fundação Vanzolini, 2010)

Segundo Mascaró & Mascaró (2010), a irrigação é um dos aspectos mais importantes relacionados à manutenção de áreas verdes. Os autores lembram ainda que, em espaços particulares, normalmente existem pessoas responsáveis pela manutenção do jardim, que podem providenciar a irrigação necessária às plantas, porém em espaços públicos esta manutenção muitas vezes é precária, ou inexistente.

No caso da grama, por exemplo, em locais com alto índice de pluviosidade e alta umidade atmosférica a irrigação pode ser dispensada. Caso contrário, a grama ficará amarelada, porém a maioria das espécies de gramíneas não chega a morrer – quando recebem água suficiente novamente, voltam a germinar. Portanto,

(...) o ideal para a rega de gramados é contar com uma rede de irrigação abastecida com água sem tratamento potabilizador, ou seja, de algum corpo de água próximo, mas livre de contaminantes nocivos; pode ser, por exemplo, água de chuva represada num lago ou captada por telhados e guardada em cisternas. (MASCARÓ & MASCARÓ, 2010)

Este exemplo da captação da água de chuva para irrigação da vegetação remete a principal preocupação desta quinta Categoria do Referencial: a redução do consumo de água potável na edificação.

Outros aspectos devem ainda ser levados em consideração para uma melhor gestão e economia no uso da água nas edificações, como o horário ideal para a irrigação. Por exemplo, o melhor momento para irrigação de gramados é no fim do dia, pois a perda por evaporação da água é menor.

Neste ponto, cabe fazer um parêntese que não diz respeito à gestão da água na edificação em si, mas a gestão do ciclo da água na escala urbana. Gauzin-Müller (2011) observa que a gestão do ciclo da água demanda um equilíbrio entre o mineral e vegetal, entre as áreas cinzas e as áreas verdes. Para isso recomenda medidas com eficiência já comprovada, como subsidiar o plantio de vegetação nas coberturas; especificar revestimentos que permitam a infiltração da água no solo para estacionamentos ou locais com grande área de pavimentação, como, por exemplo, grama entre pré-moldados de concreto vazados; e estimular a criação de áreas verdes nos pátios e nas áreas livres internas de edifícios.

Estas medidas estão diretamente relacionadas às preocupações já citadas nas Categorias 1, 4 e 5, acima, e às Categorias 6, 7, 8 e 9 abaixo.

Gauzin-Müller (2011) fala também sobre a gestão das águas pluviais, que é indispensável principalmente nas cidades com grandes áreas impermeabilizadas. A importância da gestão das águas pluviais diretamente no lote se deve à diminuição do volume de água a ser tratado nas estações de tratamento, à evitar a saturação das redes de drenagem existentes e à regular a vazão dos cursos d'água. A autora cita como exemplo o empreendimento Heinrich-Böll, em Berlim, no qual foi previsto um conceito que integra as águas pluviais captadas nas coberturas às áreas verdes: em cada um dos pátios ajardinados, as águas pluviais são conduzidas por canaletas e valas de infiltração cobertas com vegetação, o que resulta, tanto na economia no uso de água potável para irrigação dos jardins, tanto na gestão das águas pluviais no próprio lote.

A autora cita ainda o exemplo do plantio de vegetação na cobertura como forma de enfrentar o problema que vem sendo enfrentado por grandes cidades com relação a impermeabilização das áreas urbanas e suas consequências como alagamentos e enchentes. A ideia de reproduzir na cobertura a superfície plantada que se ocupou no solo ajuda a reter a água da chuva no caso de fortes precipitações – a vegetação pode

reter de 70% a 90% da água da chuva – retardando seu escoamento para o sistema de drenagem.

A Categoria 6 do Referencial diz respeito à Gestão dos resíduos de uso e operação do edifício, e uma das preocupações relacionadas nesta Categoria é a seguinte:

- Otimização do sistema de coleta interna considerando os locais de produção, armazenamento, coleta e retirada (Fundação Vanzolini, 2010)

Apesar desta preocupação não se referir diretamente aos resíduos provenientes da manutenção de áreas verdes – poda, adubagem, jardinagem – estes também devem ser considerados, principalmente em empreendimentos com grandes áreas destinadas à jardins.

O Referencial prevê ainda que - exceto para residências unifamiliares - novas edificações com mais de 750m² devem “ser dotada de abrigo, compartimentado e suficientemente dimensionado para a guarda dos diversos tipos de lixo”, incluindo-se resíduos orgânicos, caso da maior parte dos resíduos gerados pela manutenção das áreas verdes, mas também para os resíduos recicláveis como papeis, plásticos, vidros, etc, que compõe as embalagens dos produtos utilizados nesta manutenção.

A Categoria 7, referente à Gestão da Manutenção, tem como uma das preocupações a “Facilidade de acesso para a execução da manutenção e simplicidade das operações”. Neste item, as exigências relacionadas se referem à gestão da água, gestão dos resíduos e gestão de outros equipamentos técnicos.

Como a Gestão da Manutenção da vegetação, principalmente quando utilizada nas superfícies da edificação, é um fator de vital importância na manutenção, esta poderia ser considerada dentro do item “gestão de outros equipamentos técnicos”, onde:

- “• O conjunto dos equipamentos técnicos deve ser acessível e informações sobre sua manutenção devem constar do Manual do proprietário e de áreas comuns (anexo A.5 do SGE)

- O conjunto dos equipamentos técnicos deve ser acessível a partir das áreas comuns” (Fundação Vanzolini, 2010)

Ou seja, o acesso às áreas verdes para manutenção deve ser possível a partir das áreas comuns da edificação – principalmente quando em relação à coberturas e fachadas verdes – e informações sobre sua manutenção devem constar no Manual do Proprietário para possibilitar uma manutenção adequada e sustentável das soluções adotadas.

Esta Categoria tem como preocupação ainda a consideração de “Equipamento para a permanência do desempenho na fase de uso”, através da “Implementação de sistema de automação predial que controle todos ou parte dos seguintes sistemas:”

- Condomínio vertical: consumo de água
- Casa: iluminação, consumo de água, proteção contra a incidência direta do sol

Neste item pode ser incluída a implementação de sistema de automação predial para irrigação de áreas verdes de difícil acesso, ou nos casos já relacionados na Categoria 5.

A última preocupação da Categoria 7 é a “Informação destinada aos futuros ocupantes e gestores”. A exigência deste item é a Implementação de forma de comunicação que permita informar aos habitantes e aos gestores/administradores as práticas ambientais propostas para o uso, operação e manutenção do empreendimento, conforme o Manual do proprietário e de áreas comuns.

Portanto, trazendo para o contexto da pesquisa, é importante que esteja presente no Manual do proprietário todas as informações detalhadas referentes ao uso, operação e manutenção das áreas verdes presentes na edificação, mesmo que a fase de uso e operação não esteja incluída no Referencial Técnico do Processo AQUA[®]. Isto porque o comprometimento com a sustentabilidade proposto pelos projetos arquitetônicos que desejam certificar uma alta qualidade ambiental deve ser inerente à toda vida útil da edificação, e não apenas às fases de programa, concepção e realização previstas pelo Referencial.

A Categoria 8 também pode se relacionar à presença da vegetação na edificação, uma vez que diz respeito ao Conforto higrotérmico, com a preocupação de “Implementação de medidas arquitetônicas para otimização do conforto higrotérmico de verão e inverno”, levando em consideração as características do local do empreendimento (principalmente para o conforto no verão).

Para isso, devem ser adotadas medidas para proteção contra o sol e calor, e neste sentido, a vegetação pode funcionar como barreira de proteção, tanto vertical quanto horizontal, e sombreamento.

Da mesma forma, para Corbella & Yannas (2009) os caminhos de pedestres e áreas de recreação não devem ficar expostos ao sol nos trópicos, devendo ser protegidos por vegetação sempre que possível. Os autores observam que a vegetação densa proporciona uma boa proteção solar ao mesmo tempo em que contribui para a diminuição da temperatura por evapotranspiração. Porém, ao ser utilizada como barreira de proteção

contra as radiações solares, fornecendo sombra, deve-se pensar também na preocupação de não criar com a presença da vegetação uma barreira para a passagem dos ventos dominantes no local.

Na Categoria 9, referente ao Conforto Acústico, a presença da vegetação pode ser também considerada, como discorrido no Capítulo 3.3, pois no meio urbano a quantidade de superfícies “duras” é consideravelmente maior do que a de superfícies “macias”. Os materiais mais utilizados como revestimento e pavimentação possuem um baixo coeficiente de absorção sonora, e neste contexto, a vegetação possui um efeito considerável na atenuação do ruído, através da absorção, difusão e mascaramento. Quando utilizada como arborização de ruas e como revestimento de superfícies é indicada também por diminuir o tempo de reverberação no meio urbano. Além disso, a vegetação é um dos poucos materiais possíveis de serem utilizados em ambientes externos com capacidade de absorção sonora.

Quando utilizada como componente de barreiras acústicas naturais, porém, a atenuação do ruído se dá mais pelos efeitos da camada de terra do que pela presença da vegetação em si. O efeito da vegetação é mais significativo nas altas frequências, porém torna-se difícil avaliar de forma independente as árvores e o solo onde crescem.

Além destas, ainda as categorias 10 e 11 também possuem relação direta com o emprego da vegetação nas superfícies da edificação. A Categoria 10 diz respeito ao Conforto Visual, e nesse aspecto a vegetação pode influenciar negativamente através do sombreamento excessivo, ou impedindo a entrada da iluminação natural nos ambientes internos da edificação, por exemplo. Já a Categoria 11: Conforto Olfativo se relaciona às espécies que possuem odor agradável ou desagradável, devendo esta característica ser prevista quando da sua especificação em projeto.

Desta forma, percebe-se que das 14 Categorias de preocupação presentes no Referencial Técnico de Certificação para Edificações Habitacionais do Processo AQUA[®], nove (Categorias 1, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 e 11) estão relacionadas à possibilidade de integração da vegetação no projeto arquitetônico, seja como elemento de regulação do microclima urbano e de melhoria do desempenho térmico das edificações, seja como contribuinte ao aumento da qualidade de vida nas cidades através da concepção de edifícios mais sustentáveis.

A partir daí, buscou-se então relacionar estas Categorias com as três superfícies projetuais estudadas nesta pesquisa, conforme mostra a Tabela 14. O que se percebe, é que das nove Categorias do Processo AQUA[®] consideradas, a vegetação pode ser empregada em qualquer um dos planos da edificação para a contemplação do objetivo

de cada uma das Categorias, exceto pelo plano de piso, que não foi considerado na Categoria 4, porque, como foi mencionado no capítulo 5.3.7, segundo afirmam Mascaró & Mascaró (2010), do ponto de vista energético, o problema em relação aos gramados, ou seja, da vegetação no plano do piso, é que esta não protege as fachadas dos edifícios nem os usuários do espaço público, como pode ser feito pelos outros planos projetuais.

A Tabela 14 resultante será útil para a elaboração da planilha de auxílio a tomada de decisões projetuais, decorrência desta pesquisa.

Processo AQUA®	Superfícies de aplicação		
	PISO	PAREDE	COBERTURA
1) Relação do edifício com seu entorno	1	1	1
4) Gestão da energia	0	1	1
5) Gestão da água	1	1	1
6) Gestão dos resíduos de uso e operação do edifício	1	1	1
7) Gestão da manutenção	1	1	1
8) Conforto higrotérmico	1	1	1
9) Conforto Acústico	1	1	1
10) Conforto Visual	1	1	1
11) Conforto olfativo	1	1	1

Tabela 14 – Categorias do Processo AQUA® relacionadas ao emprego da vegetação no projeto X Superfícies de aplicação
Fonte: a autora

Legenda

1	Consta
0	Não consta

Procurou-se relacionar também as nove Categorias do Processo AQUA® relacionadas à integração da vegetação no projeto arquitetônico com as principais vantagens proporcionadas pelo emprego da vegetação catalogadas nesta pesquisa, conforme mostra a Tabela 15, com o objetivo de avaliar se esta Certificação abrange a maior parte do conteúdo relacionado às vantagens estudadas no Capítulo 3.

A conclusão que se teve é que o Processo AQUA®, no que diz respeito à consideração do uso da vegetação em projeto, engloba a maior parte das vantagens catalogadas nesta pesquisa em suas Categorias de certificação, exceto pelas Categorias 6- Gestão dos resíduos de uso e operação do edifício e 7- Gestão da manutenção, que não foram consideradas como vantagens no Capítulo 3 desta pesquisa, mas como questões à parte no Capítulo 5.5 – Questões socioeconômicas.

Certificação	Processo AQUA®								
	1) Relação do edifício com seu entorno	4) Gestão da energia	5) Gestão da água	6) Gestão dos resíduos de uso e operação do edifício	7) Gestão da manutenção	8) Conforto higrotérmico	9) Conforto Acústico	10) Conforto Visual	11) Conforto olfativo
Vantagens potenciais									
Aumento do índice de absorção da radiação solar	I	D	N	N	N	D	N	N	N
Redução da reflexão da radiação solar sobre as superfícies adjacentes	I	D	N	N	N	D	N	D	N
Isolamento térmico	N	D	N	N	N	D	N	N	N
Sombreamento	I	I	N	N	N	D	N	D	N
Redução das variações de umidade do entorno	I	N	N	N	N	D	N	N	N
Redução do efeito de ilha de calor urbano	I	I	N	N	N	D	N	N	N
Criação de barreira acústica natural	N	N	N	N	N	N	D	N	N
Criação de barreira acústica mista	N	N	N	N	N	N	D	N	N
Redução do ruído urbano através da redução do tempo de reverberação	I	I	N	N	N	N	D	N	N
Isolamento acústico do ambiente inferior	N	N	N	N	N	N	D	N	N
Aumento da qualidade do ar interior	I	N	N	N	N	D	N	N	D
Diminuição da contaminação atmosférica (poluição)	I	N	N	N	N	D	N	N	N

Sequestro de CO2	I	N	N	N	N	D	N	N	N
Controle dos ventos	I	N	N	N	N	D	N	N	N
Conforto visual/ Efeito sobre a iluminância natural	D	I	N	N	N	N	N	D	N
Conforto olfativo	D	N	N	N	N	N	N	N	D
Ambiente urbano mais agradável / Efeito estético	D	N	N	N	N	N	N	D	D
Cultivo de alimentos	N	N	I	I	I	N	N	N	I
Economia de insumos (energia, água)	N	D	D	D	I	N	N	N	N
Incremento do habitat natural (ecossistema)	D	N	N	N	N	N	N	N	N
Retenção de água de chuva	N	N	D	N	N	N	N	N	N
Outros (Aspectos construtivos/ gestão/ manutenção)	N	I	I	I	D	N	N	N	N

Tabela 15 – Relação das principais vantagens catalogadas na pesquisa com os critérios do Processo AQUA® relacionados ao emprego da vegetação no projeto

Fonte: a autora

Legenda:

N	Nenhuma relação/ Irrelevante
I	Indiretamente relacionado
D	Diretamente relacionado

5.6.2. O Sistema LEED®

A segunda certificação analisada, o Sistema LEED® – Leadership in Energy and Environmental Design – engloba uma grande variedade de tipologias construtivas, que incluem edifícios novos, edifícios existentes, residências, edifícios de escritórios, escolas, desenvolvimento de condomínios e loteamentos, lojas de varejo, estabelecimentos de saúde e projetos de interiores comerciais (USGBC, 2008). Para esta pesquisa será considerado apenas o LEED-NC (*New Construction*), pertinente às novas construções, que é o que melhor se compara ao Processo AQUA®, no sentido de ser o mais versátil dentre as diversas tipologias, podendo ser aplicado quando nenhum dos outros se enquadra no perfil do projeto, segundo Hernandez (2006).

O Sistema LEED® é formatado em itens de avaliação da qualidade ambiental do empreendimento, sendo estes itens divididos em pré-requisitos obrigatórios para a certificação e créditos opcionais. Estes itens estão divididos em 7 temas:

1. *Sustainable Sites* (SS)
2. *Water Efficiency* (WE)
3. *Energy & Atmosphere* (EA)
4. *Materials & Resources* (MR)
5. *Indoor Environmental Quality* (IEQ)
6. *Innovation & Design Process* (ID)
7. *Regional Priority* (RP)

Podem ser alcançados os seguintes níveis de categoria: *certified*, *silver*, *gold* e *platinum*, conforme a classificação abaixo:

- a. Certified: 40 – 49 pontos
- b. Silver: 50 – 59 pontos
- c. Gold: 60 – 79 pontos
- d. Platinum: acima de 80 pontos

Da mesma forma que foi feito para o sistema AQUA®, o objetivo neste capítulo é analisar quais temas e itens de avaliação do Sistema LEED-NC estão – direta ou indiretamente - relacionados à integração da vegetação no projeto arquitetônico, como elemento de regulação do microclima urbano e do desempenho térmico das edificações.

O primeiro item do Sistema LEED-NC que possui relação com o emprego da vegetação no projeto arquitetônico é o crédito 5.1 do tema *Sustainable Sites (SS): Site Development - Protect or Restore Habitat* (Desenvolvimento do local – Proteção ou Restauração do Habitat). Neste crédito, que vale 01 ponto na certificação, a intenção é conservar áreas naturais existentes e restaurar áreas degradadas para fornecer habitat natural e promover a biodiversidade. Este crédito prevê dois casos de projetos cujos requisitos para atingir a pontuação são diferentes. O primeiro caso trata de áreas ainda não desenvolvidas ou que permaneçam em seu estado natural, os chamados *Greenfield sites*. Nestes, a área a ser intervinda deve ser limitada a parâmetros determinados, especificados no manual do LEED-NC, de forma a preservar o ecossistema natural do terreno. Já o segundo caso trata de áreas previamente desenvolvidas, e o requisito para se atingir a pontuação é restaurar ou proteger com vegetação nativa ou adaptada³⁸ um mínimo de 50% do terreno excluindo a área da construção, ou 20% da área total do terreno incluindo-se a área ocupada pelo edifício, o que for maior. Os projetos pontuados com o crédito 2: *Development Density and Community Connectivity* (Densidade de Desenvolvimento e Conectividade Comunitária), do tema *Sustainable Sites (SS)*, podem incluir as áreas de coberturas verdes neste cálculo, caso estas sejam compostas por vegetação nativa ou adaptada.

Este crédito prevê, além disso, estratégias importantes, como a implantação cuidadosa da edificação no terreno para minimizar a interferência nos ecossistemas existentes, projetar o edifício de forma a minimizar a sua pegada no local, a verticalização da construção para diminuir a projeção de sua área de ocupação, além da correta especificação de plantas nativas ou adaptadas apropriadas, já que estas requerem mínima ou nenhuma irrigação, não requerem manutenção constante, como corte ou adição de insumos químicos como fertilizantes, pesticidas ou herbicidas, e valorizam o habitat natural e promovem a biodiversidade.

O segundo item, também relacionado ao tema *Sustainable Sites (SS)*, é o crédito 5.2: *Site Development - Maximize Open Space* (Desenvolvimento do local – Maximizar os espaços abertos), que tem como intenção promover a biodiversidade, através de uma alta porcentagem de espaços abertos para melhor desenvolver a Pegada Ecológica³⁹ do local. Este crédito, que também vale 01 ponto na certificação, prevê três situações diferentes de acordo com os requisitos previstos na Lei de Zoneamento do local com

³⁸ Neste ponto o Manual LEED-NC explica que plantas nativas ou adaptadas são plantas nativas a uma localidade ou adaptadas ao clima local, e não são consideradas espécies invasoras ou ervas daninhas (USGBC, 2008).

³⁹ Pegada ecológica: De acordo com o WWF Brasil, a Pegada Ecológica “nos mostra até que ponto a nossa forma de viver está de acordo com a capacidade do planeta de oferecer, renovar seus recursos naturais e absorver os resíduos que geramos...” (Disponível em: <http://www.wwf.org.br/natureza_brasileira/especiais/pegada_ecologica/o_que_e_pegada_ecologica/> Acesso em: 02 set. 2012).

relação aos espaços abertos, lembrando que o Sistema LEED é baseado em parâmetros e legislação referente aos Estados Unidos, país de sua origem, e até o momento, não foi adaptado para o Brasil. De qualquer forma, as três situações previstas tem como requisito a ampliação das áreas abertas ajardinadas. Além disso, para projetos em áreas urbanas pontuados com crédito 2: *Development Density and Community Connectivity* (Densidade de Desenvolvimento e Conectividade Comunitária), as áreas de telhado cobertos por vegetação podem contribuir para o cumprimento deste crédito. Da mesma forma as circulações de pedestres em espaços abertos, desde que um mínimo de 25% de sua área seja ajardinada.

O próximo item relacionado ao emprego da vegetação é o crédito 6.1 do tema *Sustainable Sites (SS): Stormwater Design - Quantity Control* (Projeto de água pluviais – Controle de quantidade), que, da mesma forma que os créditos anteriores, também vale 01 ponto. A intenção deste crédito é diminuir o inter-rompimento da hidrologia natural, reduzindo a porcentagem de superfícies impermeáveis, aumentando a infiltração no terreno, reduzindo ou eliminando a poluição proveniente do escoamento das águas pluviais e eliminando contaminantes. A ideia é manter os fluxos de águas pluviais naturais, promovendo a infiltração no solo através da redução das superfícies impermeáveis, que devem ser substituídas por pavimentação permeável e coberturas verdes, por exemplo. Ainda de acordo com o Sistema LEED-NC, as águas pluviais devem, sempre que possível, ser reutilizadas para fins não potáveis, como a irrigação das áreas verdes.

Outros itens são os créditos 7.1: *Heat Island Effect – Nonroof* (Efeito ilha de calor – Áreas descobertas), também do tema *Sustainable Sites (SS)*, e o crédito 7.2: *Heat Island Effect – Roof* (Efeito ilha de calor – Áreas cobertas), cuja intenção, como os próprios nomes dizem, é a redução dos efeitos da ilha de calor. Cada um destes créditos fornece 01 ponto na certificação.

Neste sentido, uma das possibilidades listadas pelo Sistema LEED-NC, para as áreas descobertas, é o emprego de materiais e técnicas de paisagismo que reduzam a absorção de calor dos materiais em pelo menos 50% da área pavimentada, como ruas, calçadas, pátios e estacionamentos, através de, por exemplo, sombreamento fornecido por árvores nativas ou adaptadas, ou por treliças e outras estruturas cobertas por vegetação. No caso de sombra fornecida por árvores, estas devem ser existentes ou plantadas há pelo menos 5 anos no local.

Outra possibilidade é a utilização, para estas áreas pavimentadas descobertas, de pisos com grade aberta com permeabilidade de pelo menos 50%, como, por exemplo,

pisos pré-moldados de concreto vazados preenchidos com grama, tipo concregrama ou pisograma.

Já para as áreas cobertas, uma sugestão para o cumprimento do crédito 7.2, é a instalação de cobertura verde em, pelo menos, 50% da área do telhado, ou a instalação de uma cobertura com alto albedo e vegetação que, em combinação, satisfaça os seguintes critérios (Figura 96)⁴⁰:

$$\frac{\text{Area Roof Meeting Minimum SRI}}{0.75} + \frac{\text{Area of Vegetated Roof}}{0.5} \geq \text{Total Roof Area}$$

Figura 96 - Cobertura combinando material com alto albedo e vegetação
Fonte: USGBC (2008)

Além destes, o crédito 1: *Water Efficient Landscaping* (Irrigação eficiente do paisagismo), referente ao tema *Water Efficiency* (WE), também está relacionado ao emprego da vegetação no projeto. Este crédito vale de 02 a 04 pontos de acordo com a quantidade de água economizada, e a intenção é limitar ou eliminar o uso de água potável ou de outras fontes de água natural – de superfície ou subterrânea - disponíveis em ou perto do local do projeto, para irrigação da vegetação.

No caso da redução de 50% do consumo de água potável para irrigação da vegetação em comparação à uma média simulada para uma situação de verão, são alcançados 02 pontos na certificação. No caso da não utilização de água potável ou da ausência de necessidade de irrigação da vegetação, são concebidos 04 pontos.

Esta redução no consumo de água potável pode se dar, por exemplo, através de uma irrigação eficiente, do uso de água da chuva capturada, do uso de águas cinzas e/ou negras recicladas ou através da especificação de espécies adequadas, que não necessitem de sistemas de irrigação permanente, por exemplo (USGBC, 2008).

Da mesma forma que foi feito para o Processo AQUA[®], no Sistema LEED[®] também foram relacionados os créditos relativos à integração da vegetação no projeto com as três superfícies da edificação estudadas nesta pesquisa, conforme a Tabela 16.

Nesta, apenas não foi considerado o plano de parede no Crédito 6.1- Projeto de águas pluviais - Controle de quantidade, porque até este momento não foram

⁴⁰ Vale lembrar que este dimensionamento foi feito considerando e a aplicação do Sistema LEED[®] nos climas existentes no EUA, país de origem da certificação.

encontrados dados relativos à retenção de água de chuva por superfícies verticais. Quanto aos demais créditos, qualquer um dos planos projetuais poderia ser considerado, apesar do Sistema LEED® sempre fazer referência ao plano de cobertura – tetos verdes – em seu referencial.

Sistema LEED®	Superfícies de aplicação		
	PISO	PAREDE	COBERTURA
SS - Sustainable Sites			
5.1) Desenvolvimento do local – Proteção ou Restauração do Habitat	1	1	1
5.2) Desenvolvimento do local – Maximizar os espaços abertos	1	1	1
6.1) Projeto de águas pluviais – Controle de quantidade	1	0	1
7.1) Efeito ilha de calor – Áreas descobertas	1	1	1
7.2) Efeito ilha de calor – Áreas cobertas	1	1	1
WE - Water Efficiency			
1) Irrigação eficiente do paisagismo	1	1	1

Tabela 16 – Relação critérios do Sistema LEED® relacionados ao emprego da vegetação no projeto X Superfícies de aplicação
Fonte: a autora

Legenda

1	Consta
0	Não consta

Finalmente, também da mesma forma que foi feito para o Processo AQUA[®], procurou-se relacionar também os Créditos do Sistema LEED[®] relativos à integração da vegetação no projeto arquitetônico com as principais vantagens proporcionadas pelo emprego da vegetação catalogadas na pesquisa, conforme mostra a Tabela 17, com o objetivo de avaliar se esta Certificação abrange a maior parte do conteúdo relacionado às vantagens estudadas no Capítulo 3.

A conclusão nesta etapa, é que em comparação com o Processo AQUA[®], no que diz respeito aos aspectos relacionados ao uso da vegetação em projeto, o Sistema LEED[®] possui menos Créditos em comum com as vantagens catalogadas nesta pesquisa.

O Crédito “5.1) Desenvolvimento do local – Proteção ou Restauração do Habitat” foi considerado como as vantagens “Incremento do habitat natural (ecossistema)” e “Ambiente urbano mais agradável/ Efeito estético”. Já o Crédito “5.2) Desenvolvimento do local – Maximizar os espaços abertos” não possui uma vantagem catalogada equivalente, porém foi considerado, da mesma forma que o Crédito anterior, como as vantagens “Incremento do habitat natural (ecossistema)” e “Ambiente urbano mais agradável/ Efeito estético”, por se tratar de promover a biodiversidade, através de uma alta porcentagem de espaços abertos e a ampliação das áreas abertas ajardinadas.

O Crédito “6.1) Projeto de águas pluviais – Controle de quantidade” foi considerado tanto como Economia de insumos (energia, água) como retenção de água de chuva., e os Créditos “7.1) Efeito ilha de calor – Áreas descobertas” e “7.2) Efeito ilha de calor – Áreas cobertas” foram considerados na maioria das vantagens relacionadas ao Conforto higrotérmico do usuário no espaço construído, além do próprio aspecto de “Redução do efeito de ilha de calor urbano”.

Por último, o Crédito “1) Irrigação eficiente do paisagismo” foi considerado paralelo à vantagem “Economia de insumos (energia, água)”, além de estar também relacionado a outros aspectos listados nos capítulos de componentes construtivos e gestão/ manutenção.

Certificação	Sistema LEED®					
	SS - Sustainable Sites					WE - Water Efficiency
	5.1) Desenvolvimento do local – Proteção ou Restauração do Habitat	5.2) Desenvolvimento do local – Maximizar os espaços abertos	6.1) Projeto de águas pluviais – Controle de quantidade	7.1) Efeito ilha de calor – Áreas descobertas	7.2) Efeito ilha de calor – Áreas cobertas	1) Irrigação eficiente do paisagismo
Aumento do índice de absorção da radiação solar	N	N	N	D	D	N
Redução da reflexão da radiação solar sobre as superfícies adjacentes	N	N	N	D	D	N
Isolamento térmico	N	N	N	N	D	N
Sombreamento	N	N	N	D	D	N
Redução das variações de umidade do entorno	I	I	N	I	I	N
Redução do efeito de ilha de calor urbano	N	N	N	D	D	N
Criação de barreira acústica natural	N	N	N	N	N	N
Criação de barreira acústica mista	N	N	N	N	N	N
Redução do ruído urbano através da redução do tempo de reverberação	N	N	N	N	N	N
Isolamento acústico do ambiente inferior	N	N	N	N	N	N
Aumento da qualidade do ar interior	N	N	N	N	N	N
Diminuição da contaminação atmosférica (poluição)	N	N	N	N	N	N

Sequestro de CO2	N	N	N	N	N	N
Controle dos ventos	N	N	N	N	N	N
Conforto visual/ Efeito sobre a iluminância natural	N	N	N	N	N	N
Conforto olfativo	N	N	N	N	N	N
Ambiente urbano mais agradável / Efeito estético	D	D	N	I	I	N
Cultivo de alimentos	N	N	N	N	N	N
Economia de insumos (energia, água)	I	N	D	I	I	D
Incremento do habitat natural (ecossistema)	D	D	I	N	N	N
Retenção de água de chuva	N	N	D	N	N	D
Outros (Aspectos construtivos/ gestão/ manutenção)	N	N	N	N	N	D

Tabela 17 – Relação das principais vantagens catalogadas na pesquisa com os critérios do Sistema LEED® relacionados ao emprego da vegetação no projeto

Fonte: a autora

Legenda:

N	Nenhuma relação/ Irrelevante
I	Indiretamente relacionado
D	Diretamente relacionado

A importância destas análises se deve ao fato de, como as Certificações de Qualidade Ambiental vêm influenciando fortemente os projetos arquitetônicos contemporâneos e a indústria da Construção Civil, de que forma as Categorias/ Créditos existentes nas mesmas influem na utilização da vegetação integrada ao projeto de arquitetura, e quais são as reais vantagens proporcionadas por esta integração para o projeto em termos de eficiência energética e Sustentabilidade.

Ou seja, na Tabela 15, percebe-se que todas as linhas (que representam as vantagens catalogadas no Capítulo 3 da pesquisa), estão sendo preenchidas por, no mínimo, uma das Categorias de avaliação do Processo AQUA[®] relacionadas ao emprego da vegetação na edificação. Isso mostra que, com estas Categorias relacionadas, todas as vantagens potenciais podem ser atendidas no projeto arquitetônico, e que o emprego da vegetação integrada às superfícies não é apenas uma mera forma de atingir a pontuação desejada para a Certificação do projeto ou edifício.

Paralelamente, fazendo esta análise para o Sistema LEED[®], percebe-se que nem todas as linhas foram preenchidas na Tabela 17, o que significa que, com relação ao emprego da vegetação no projeto, e para os Créditos existentes no referencial que consideram esta aplicação, nem todas as vantagens seriam atingidas. O LEED[®] falha em relação à consideração de diversos benefícios que poderiam ser proporcionados pelo emprego da vegetação no projeto arquitetônico, e que não são considerados em seus Créditos para Certificação, tais como: criação de barreiras acústicas, redução do ruído urbano através da redução do tempo de reverberação, isolamento acústico do ambiente inferior, aumento da qualidade do ar interior, diminuição da contaminação atmosférica (poluição), sequestro de CO₂, controle dos ventos, conforto visual/ efeito sobre a iluminância natural, conforto olfativo e cultivo de alimentos.

É importante observar que, em diversos momentos, o Referencial Técnico do LEED-NC faz referência direta às coberturas verdes, como nos Créditos 5.1 e 5.2, onde as áreas de telhado cobertos por vegetação podem contribuir para o cumprimento destes créditos, e no próprio Crédito 7.2, que sugere a instalação de cobertura verde em, pelo menos, 50% da área de cobertura.

Além desta observação, nota-se também que dos seis Créditos relacionados ao emprego da vegetação no projeto, três deles não poderiam ser aplicados à superfícies verticais: o Crédito “6.1) Projeto de águas pluviais – Controle de quantidade”, devido a falta de dados sobre coleta de água de chuva em superfícies verticais, e os Créditos “7.1) Efeito ilha de calor – Áreas descobertas” e “7.2) Efeito ilha de calor – Áreas cobertas”, por se tratarem especificamente de superfícies horizontais – plano do piso e de cobertura.

Talvez este seja um dos motivos pelo qual é muito maior a influência das coberturas verdes nos edifícios certificados pelo Sistema LEED[®], em comparação as demais superfícies projetuais das edificações.

6. Protótipo de planilha de auxílio à tomada de decisões projetuais

O emprego da vegetação na edificação é, como visto nos capítulos anteriores, parte de um universo vasto e composto por partes interdependentes. O que propor? Onde propor? O que considerar? São algumas das questões que surgem quando da decisão de seu emprego. Uma decisão inadequada pode representar prejuízo - tanto na qualidade e desempenho ambiental do edifício, quanto um prejuízo econômico - ou, no mínimo, não resultar corretamente nos benefícios que poderiam ser proporcionados.

Assim, a partir dos dados explorados na pesquisa, neste capítulo foram agrupados os elementos mais significativos ao projeto arquitetônico em uma planilha de forma a facilitar o exercício do processo de projeto pelo arquiteto quando da utilização da vegetação.

Será apresentado então um protótipo de planilha de auxílio à tomada de decisões projetuais com o objetivo de auxiliar na triagem de informações com relação às principais vantagens, critérios e/ou problemas a serem observados, assim como na especificação de espécies, quando da utilização da vegetação em um dos planos apresentados anteriormente ao longo da pesquisa: piso, cobertura e parede.

Este protótipo foi desenvolvido tendo como dados de entrada o plano de implantação e o plano objetivo, conforme elucidado no Capítulo 4. A partir deste, poderiam ser desenvolvidas outras planilhas de auxílio fundamentadas em dados de entrada distintos, como, por exemplo, as vantagens potenciais: um usuário poderia saber qual vantagem deseja proporcionar com seu projeto apesar de não ter definido o plano projetual que deseja trabalhar.

Outro exemplo seria a partir da espécie a ser utilizada: o usuário possui facilidade de especificação de uma determinada espécie nativa do local de projeto, porém não sabe qual o efeito proporcionado ou em qual plano projetual esta deve ser implantada. Ou, ainda, no caso de uma árvore existente no lote que esteja causando problemas como o afloramento de raízes, danificando o piso em seu entorno – neste caso, o usuário poderia informar como dado de entrada a espécie vegetal e obter informações relativas aos critérios a serem observados no projeto e verificar se o local em questão atende ou não a estes critérios, ou quais parâmetros construtivos poderiam ser adaptados para a resolução da questão.

Ou seja, a planilha apresentada a seguir é um protótipo que pode servir (inclusive) como premissa e base de dados para a elaboração posterior de um programa

computacional que permita a inclusão de vários dados de entrada simultaneamente, por exemplo.

A utilização desta planilha é dividida em seis etapas, relacionáveis ao processo de concepção projetual. Na primeira, ilustrada pela Figura 97, o usuário deve seleccionar um dos dois campos disponível: ou o plano da edificação sobre a qual pretende implantar a vegetação ou o plano objetivo, ou seja, ou plano ao qual se procura proporcionar algum efeito ou vantagem.



Figura 97 - Planilha de auxílio ao processo de projeto - 1ª Etapa
Fonte: a autora

A partir da escolha do plano de trabalho, o usuário poderá visualizar as principais vantagens potenciais e as possíveis desvantagens ou problemas, relacionados ao emprego da vegetação no plano projetual em questão (Figura 98).

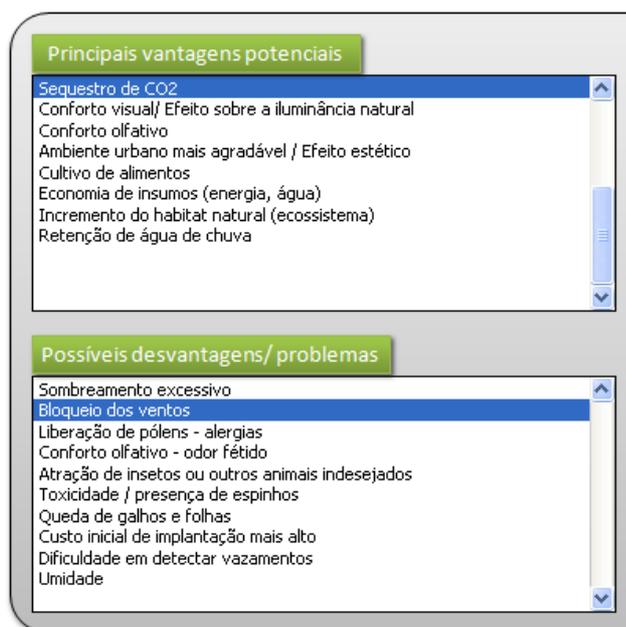


Figura 98 - Planilha de auxílio ao processo de projeto - 2ª etapa
Fonte: a autora

O usuário deve então selecionar, em cada janela, uma possível vantagem que desejada em seu projeto/ usuário, e, caso necessário, uma possível desvantagem ou problema imaginável ocasionado pelo emprego da vegetação na superfície selecionada na 1ª etapa. Desta forma, será possível visualizar os principais critérios a serem observados no projeto, tanto para proporcionar a vantagem desejada, tanto para evitar a desvantagem ou problema em questão, nas janelas mostradas na Figura 99.

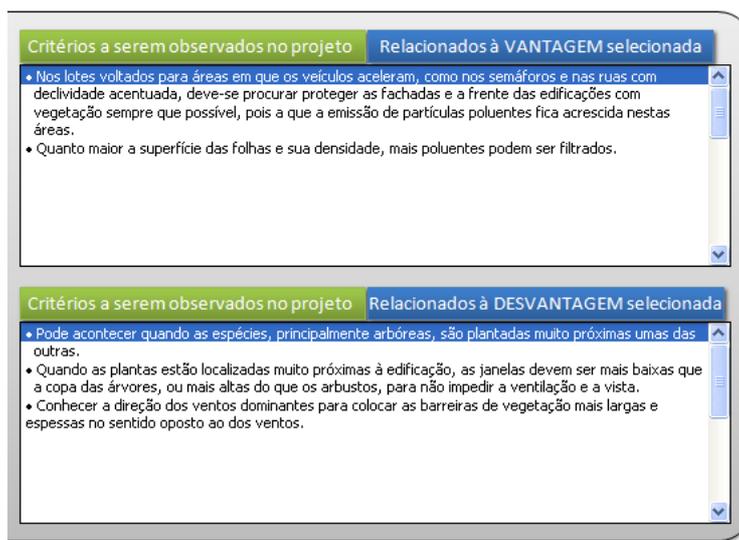


Figura 99 - Planilha de auxílio ao processo de projeto - 3ª etapa
Fonte: a autora

No caso deste protótipo, caso o usuário deseje considerar mais de uma vantagem, ou ache possível ocorrer mais de uma desvantagem ou problema devido ao contexto de seu projeto, deverá selecionar cada item de uma vez e observar os critérios relativos separadamente. Este é um ponto que deve ser mais trabalhado em uma possível continuidade desta pesquisa, de forma que os todos os critérios possam ser visualizados ao serem selecionadas simultaneamente diversas vantagens ou desvantagens na 2ª etapa.

A 4ª etapa não possui relação dependente com a 2ª e a 3ª etapas, somente com a seleção do plano de trabalho (1ª etapa). A partir da escolha deste, são listados uma série de critérios de projeto relacionados a aspectos construtivos e de gestão e manutenção do prédio, visando a contribuir para a construção de uma edificação dentro dos preceitos da Sustentabilidade (Figura 100).

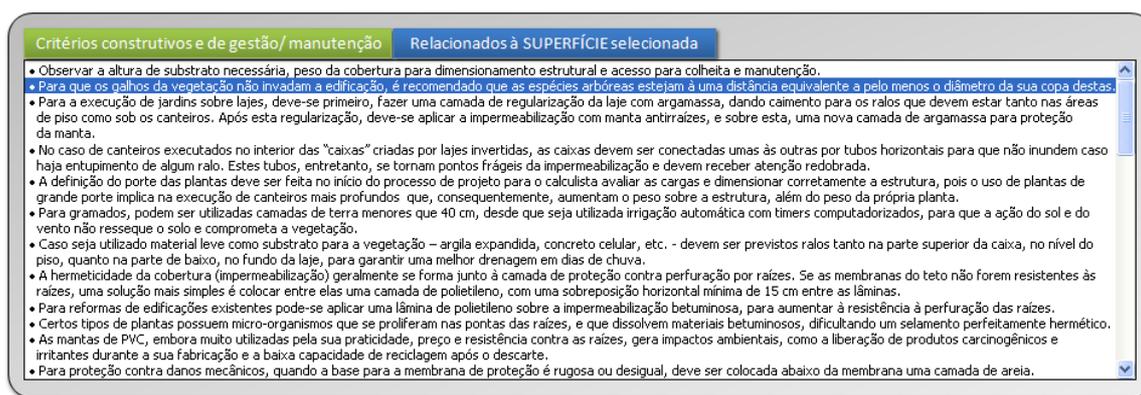


Figura 100 - Planilha de auxílio ao processo de projeto - 4ª etapa
Fonte: a autora

Da mesma forma que a etapa anterior, a 5ª etapa também possui relação somente com a escolha do plano projetual. Exibe, como reforço qualitativo, os itens de duas Certificações de Qualidade Ambiental relacionados ao emprego da vegetação na superfície selecionada (Figura 101). O objetivo desta etapa é que o usuário possa saber quais itens da Certificação LEED® e do Processo AQUA® estão relacionados, direta ou indiretamente, ao plano de trabalho em questão, caso opte por certificar o edifício.

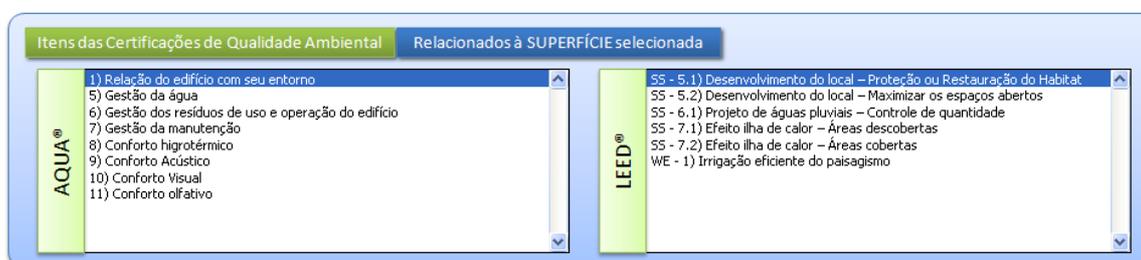


Figura 101 - Planilha de auxílio ao processo de projeto - 5ª etapa
Fonte: a autora

Por fim, na 6ª e última etapa, serão listadas as principais espécies indicadas para utilização por plano de trabalho, além de suas características fundamentais, compondo um banco de dados de espécies. Optou-se por fazer uma filtragem nos campos “plano principal de implantação”, “plano objetivo”, “nome científico” e “nome popular”, de forma que o usuário possa pesquisar espécies por estes campos, reduzindo a lista completa quando da aplicação dos filtros (Figura 102).

A ideia é que nesta etapa o usuário possa também acrescentar dados à planilha, criando o seu próprio banco de dados de espécies, em função dos elementos vegetais

mais utilizados em seus projetos. Para isso foram deixados campos em branco, e novas linhas podem ser adicionadas caso necessário.

Banco de dados de espécies									
Plano principal de implantação	Plano objetivo principal	Nome científico	Nome Popular	Categoria	Origem	Altura	Luminosidade	Ciclo de vida	Observações
Piso	Piso Parede Cobertura	<i>Lagerstroemia indica</i>	Extremosa	Árvore Arbusto	Exótica adaptada	3.6 a 4.7 m 4.7 a 6.0 m 6.0 a 9.0 m	Sol pleno	Perene	- Caducifólia - Árvore de pequeno porte, não possui raízes agressivas - Necessita de solo fértil, drenável, enriquecido com matéria orgânica e regada a intervalos regulares
Piso Cobertura	Piso Cobertura	<i>Sansevieria trifasciata</i>	Espada de são jorge	Herbácea	Exótica adaptada	0.4 a 0.9 m	Meia Sombra Sol Pleno	Perene	- Resistência extrema - Baixa manutenção
Piso Cobertura	Piso Cobertura	<i>Portulaca grandiflora</i>	Onze horas	Herbácea	Nativa	0.1 a 0.3 m	Sol pleno	Anual Bianual Perene	- Fácil cultivo e abundante floração - Não suporta pisoteio - Atrai abelhas e borboletas - Necessita de solo fértil, bem drenável e enriquecido com matéria orgânica, com regas periódicas - Tolerante a seca e a baixa fertilidade do solo
Piso	Piso Parede	<i>Rhapis excelsa</i>	Palmeira-ráfia	Arbusto Palmeira	Exótica adaptada	1.2 a 1.8 m 1.8 a 2.4 m 2.4 a 3.0 m	Sol pleno Meia Sombra Sombra	Perene	- Quando plantada em grupo, pode compor cercas vivas de desenho irregular - Necessita de solo fértil e bem drenável, irrigado regularmente - Regas regulares em substratos muito bem drenados são ideais para o seu cultivo em climas quentes

Figura 102 - Planilha de auxílio ao processo de projeto - 6ª etapa
Fonte: a autora

Desta forma, pretende-se organizar e fornecer as principais premissas a serem consideradas quando da utilização da vegetação na edificação, seja no plano de piso, cobertura ou de parede, auxiliando o processo de projeto.

É importante atentar que o programa utilizado para concepção deste protótipo mostrou algumas dificuldades para trabalhar com o cruzamento simultâneo de diversos dados ao longo de seu desenvolvimento. Optou-se, assim, utilizar como dados de entrada os planos de implantação e objetivo, relacionando-os às possíveis vantagens e desvantagens, e, a partir daí, obtendo-se os critérios de projeto. Assim, foi possível fazer o cruzamento destes três dados. O caminho contrário, na mesma planilha, não foi possível por uma questão de erro por redundância entre informações no programa. Desta forma, sugere-se como pesquisa futura um aprofundamento deste protótipo de planilha, inclusive com a criação de um programa computacional específico para este tema que não gere tais limitações.

Sendo assim, neste caso, quando o usuário ainda não souber qual será o plano de trabalho utilizado no momento da pesquisa, poderá fazer uma análise das abas “BD” (Bancos de dados) criadas para consulta da inter-relação entre as vantagens e desvantagens e as superfícies projetuais, como mostram as Figura 103 e Figura 104.

Vantagens potenciais	Observações	Aspecto	Superfícies de aplicação		
			PISO	PAREDE	COBERTURA
Aumento do índice de absorção da radiação solar	- Redução da reflexão sobre as superfícies adjacentes - Proteção e prolongamento da vida útil do material construtivo da superfície em questão -> Influência nos custos de manutenção da edificação - Redução da demanda do edifício por condicionamento de ar, através da redução da emissão de calor aos ambientes adjacentes	Higrotérmico	1	1	1
Redução da reflexão da radiação solar sobre as superfícies adjacentes	- Redução da emissão de calor ao meio e edifícios vizinhos - Redução do efeito de ilha de calor urbana	Higrotérmico	1	1	1
Isolamento térmico	- Através da proteção solar e sombreamento da superfície - Proteção e prolongamento da vida útil do material construtivo da superfície em questão	Higrotérmico	1	1	1
Sombreamento	- Ameniza o calor, diminui as temperaturas superficiais dos pavimentos e fachadas, assim como a sensação de calor das pessoas	Higrotérmico	1	1	1
Redução das variações de umidade do entorno	- Quando o ar está seco, as plantas evaporam uma quantidade considerável de água e elevam a umidade relativa do ar. Quando o ar está muito úmido, podem diminuir a umidade através da formação de orvalho	Higrotérmico	1	1	1

Figura 103 – Aba “Banco de Dados – Vantagens”

Fonte: a autora

Desvantagens/ Problemas potenciais	Aspecto	Superfícies de aplicação		
		PISO	PAREDE	COBERTURA
Sombreamento excessivo	Higrotérmico	1	1	1
Bloqueio dos ventos	Ventilação	1	1	1
Liberação de pólen - alergias	Qualidade do ar	1	1	1
Conforto olfativo - odor fétido	Qualidade do ar	1	1	1
Atração de insetos ou outros animais indesejados	Múltiplos*	1	1	1

Figura 104 – Aba “Banco de Dados – Desvantagens”

Fonte: a autora

6.1. Cenários de uso da planilha de auxílio à tomada de decisões projetuais apresentada

6.1.1. Cenário 1

Como mencionado, o enfoque escolhido para a planilha de auxílio à tomada de decisões projetuais foi o da concepção arquitetônica, e, para tal, neste Capítulo serão apresentados cenários de sua utilização em função de questões pressupostas.

O primeiro caso ilustra um usuário que deseja utilizar a vegetação no entorno do lote com o objetivo de sombrear um edifício de um pavimento. Para isto, deverão ser utilizados elementos do estrato arbóreo implantados no piso.

O primeiro passo, como já foi observado, é escolher o plano de trabalho a ser utilizado: plano implantação – plano sobre o qual será empregada a vegetação – ou plano objetivo - plano ao qual se procura proporcionar algum efeito ou vantagem – conforme os critérios explicados anteriormente no Capítulo 4. Neste caso, foi selecionado o plano de piso no campo “Plano implantação”, conforme mostra a Figura 105.



Figura 105 – Cenário 1 – 1ª etapa
Fonte: a autora

O segundo passo é a escolha da vantagem que deseja proporcionar e, se for o caso, de uma possível desvantagem ou problema que o usuário possa imaginar ocasionado pelo uso da vegetação no projeto (Figura 106). Neste caso, foi selecionada a vantagem “sombreamento” e, a desvantagem “sombreamento excessivo” que é um problema que o usuário da planilha deseja evitar.

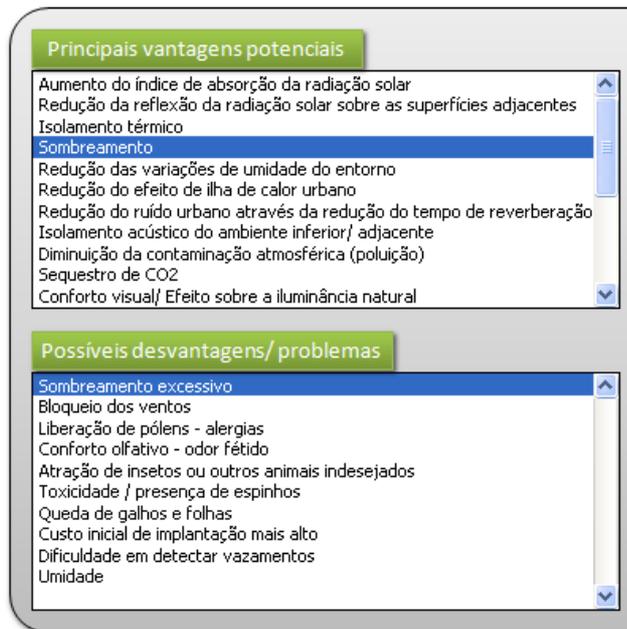


Figura 106 – Cenário 1 – 2ª etapa
Fonte: a autora

A partir daí, são listados critérios a serem observados no projeto relacionados à vantagem e à desvantagem selecionadas, separadamente. Ou seja, na primeira caixa são listados os critérios a serem considerados com o objetivo de proporcionar sombreamento à construção, e na segunda, os que devem ser observados para evitar o sombreamento excessivo, conforme mostra a Figura 107.

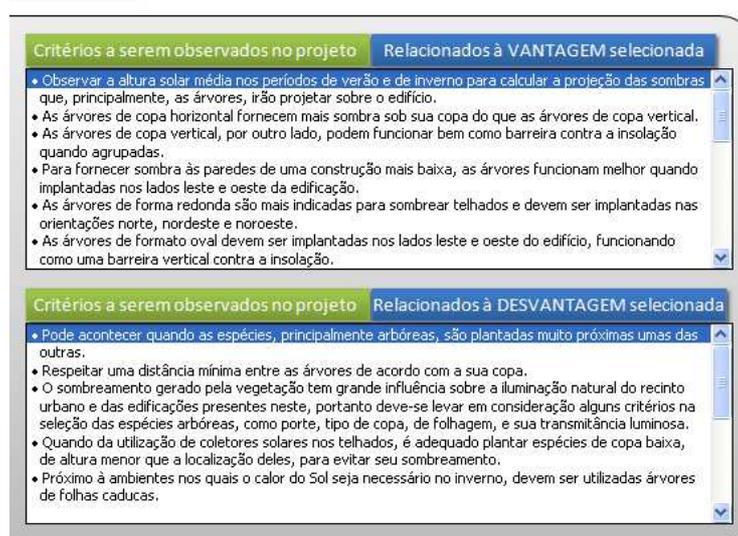


Figura 107 – Cenário 1 – 3ª etapa
Fonte: a autora

No campo “Critérios construtivos e de gestão/ manutenção”, são automaticamente listados também, alguns critérios a serem observados no projeto quando do emprego da vegetação no plano de implantação em questão - neste caso, o plano de piso (Figura 108). Estes critérios visam auxiliar ao planejamento dos aspectos construtivos e de gestão e manutenção, e, principalmente, ao detalhamento do projeto.

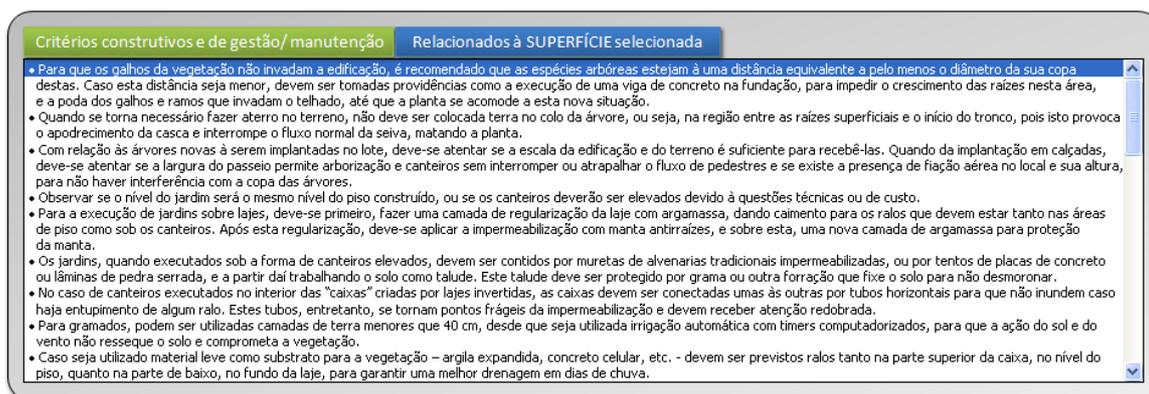


Figura 108 – Cenário 1 – 4ª etapa
Fonte: a autora

A quinta etapa apresenta os itens das Certificações de Qualidade Ambiental AQUA® e LEED® relacionados ao emprego da vegetação no plano de trabalho selecionado na etapa 1 – no caso o piso, conforme mostram as Figura 109 e Figura 110.

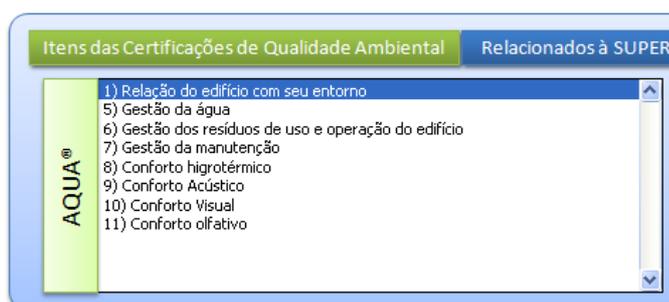


Figura 109 – Cenário 1 – 5ª etapa
Fonte: a autora

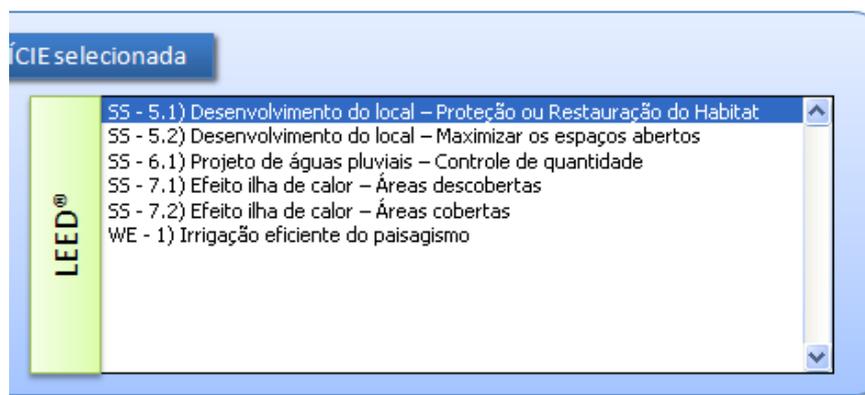


Figura 110 – Cenário 1 – 5ª etapa
Fonte: a autora

Por último, é apresentado um banco de dados de espécies, mostrado na Figura 111. Neste, basta o usuário selecionar os campos em que aparecem o plano “piso” na coluna “Plano principal de implantação” e serão apresentadas apenas as espécies mais indicadas para emprego neste plano projetual. Caso a espécie que o usuário deseje utilizar não esteja incluída nesta lista, basta acrescentá-la em um dos espaços em branco no fim da lista para que seja criado um banco de dados específico para o projeto.

Plano principal de implantação	Plano objetivo principal	Nome científico	Nome Popular	Categoria	Origem	Altura	Luminosidade	Ciclo de vida	Observações
			Extremosa	Árvore Arbusto	Exótica adaptada	3,6 a 4,7 m 4,7 a 6,0 m 6,0 a 9,0 m	Sol pleno	Perene	- Caducifólia - Árvore de pequeno porte, não possui raízes agressivas - Necessita de solo fértil, drenável, enriquecido com matéria orgânica e regada a intervalos regulares
			Espada de são jorge	Herbácea	Exótica adaptada	0,4 a 0,9 m	Meia Sombra Sol Pleno	Perene	- Resistência extrema - Baixa manutenção
			Onze horas	Herbácea	Nativa	0,1 a 0,3 m	Sol pleno	Anual Bianual Perene	- Fácil cultivo e abundante floração - Não suporta pisoteio - Atrai abelhas e borboletas - Necessita de solo fértil, bem drenável e enriquecido com matéria orgânica, com regas periódicas - Tolerante a seca e a baixa fertilidade do solo
			Palmeira-ráfia	Arbusto Palmeira	Exótica adaptada	1,2 a 1,8 m 1,8 a 2,4 m 2,4 a 3,0 m	Sol pleno Meia Sombra Sombra	Perene	- Quando plantada em grupo, pode compor cercas vivas de desenho irregular - Necessita de solo fértil e bem drenável, irrigado regularmente - Regas regulares em substratos muito bem drenados são ideais para o seu cultivo em climas quentes

Figura 111 – Cenário 1 – 6ª etapa
Fonte: a autora

6.1.2. Cenário 2

O segundo cenário demonstra o caminho possível para um usuário que deseja utilizar a vegetação para melhorar a qualidade do ar interior, porém ainda não sabe qual plano de trabalho será utilizado. Neste caso, podem ser consultadas as abas de banco de dados (BD) antes de selecionar o plano de trabalho.

Como já se sabe qual a vantagem desejada, optou-se por iniciar a consulta pela aba “BD- Vantagens”, selecionando a célula com a vantagem “aumento da qualidade do ar interior”. Com isto, é fornecida uma breve observação sobre a vantagem em questão, além de à qual aspecto de conforto ambiental este item está relacionado (Qualidade do ar). Ao lado, são informadas quais planos podem proporcionar esta vantagem, representados pelo número “1”, e quais planos não fornecem esta vantagem ao projeto, representados pelo número “0”.

No caso do “aumento da qualidade do ar interior”, somente o plano projetual cobertura não pode proporcionar esta vantagem, pois é considerada uma superfície externa à edificação (Figura 112). Desta forma, o usuário deverá escolher entre os planos de piso e parede o que melhor se adequa ao escopo de seu projeto.

Vantagens potenciais	Observações	Aspecto	Planos de trabalho		
			PISO	PAREDE	COBERTURA
Criação de barreira acústica mista	- Alia as vantagens da barreira acústica artificial com a absorção sonora propiciada pela vegetação	Acústico	0	1	0
Redução do ruído urbano através da redução do tempo de reverberação	- Atenuação gerada pelo solo (substrato) macio	Acústico	1	1	1
Isolamento acústico do ambiente inferior	- Isolamento proporcionado pela massa da cobertura/ superfície em si	Acústico	0	1	1
Aumento da qualidade do ar interior	- Através de biofiltração, tanto o dióxido de carbono (CO ₂) quanto outras toxinas nocivas, como os compostos orgânicos voláteis (COV's), são absorvidos tanto pela vegetação quanto pelo substrato	Qualidade do ar	1	1	0
Diminuição da contaminação atmosférica (poluição)	- As partículas de poluição ficam aderidas às superfícies das folhas e são levadas pela chuva para o solo	Qualidade do ar	1	1	1
Sequestro de CO ₂	- Através do processo de fotossíntese	Qualidade do ar	1	1	1
Conforto olfativo - aromas agradáveis	- Pode também ser considerado uma desvantagem no caso de espécies que exalam odor fétido para atrair seus polinizadores	Qualidade do ar	1	1	1

Figura 112 – Cenário 2 – Utilizando o Banco de Dados de Vantagens
Fonte: a autora

Neste cenário, optou-se pelo plano de parede, devido ao projeto pressuposto não ter espaço hábil para a criação de um jardim interno, dificultando, desta forma, a utilização da vegetação no piso no interior da edificação. Neste caso, o campo “plano objetivo” não é aplicável, pois o objetivo é proporcionar o aumento da qualidade do ar ao ambiente interior por completo, e não à somente um dos planos da edificação.

Assim o usuário pode voltar para a planilha principal e selecionar a superfície “parede” no campo “plano implantação, como mostra a Figura 113, e iniciar o processo de pesquisa da mesma forma como o exemplificado no Cenário 1.



Figura 113 – Cenário 2 – 1ª etapa
Fonte: a autora

Considerações finais

A consciência sobre os impactos causados pela construção civil no meio ambiente vem influenciando a produção arquitetônica e transformando a relação entre a Arquitetura e o Meio Ambiente em escala global. Um dos requisitos para a concepção de um ambiente urbano mais sustentável citado por diversos autores é o resgate de uma maior integração da vegetação com o espaço construído, como foi apresentado nesta pesquisa.

Embora esta não seja uma técnica nova, tendo sido utilizada por populações em diferentes países ao longo dos séculos, atualmente, alguns arquitetos vêm resgatando e revalorizando este tema através de sua forte integração no Projeto, possibilitado o surgimento de novas expressões na arquitetura, com a integração da vegetação como umas das diretrizes de Sustentabilidade. Além da transição gradual do Ambiente Natural para o Ambiente Construído, esta integração proporciona vantagens relacionadas à melhoria do conforto higrotérmico, acústico, qualidade do ar, da biodiversidade, mitigação das crescentes alterações climáticas, entre outras. Desta forma, já é possível visualizar, em alguns países, o nascimento de uma nova linguagem arquitetônica “verde” e, neste sentido, a integração da vegetação no ambiente urbano já se constitui em realidade.

No Brasil, todavia, ainda são encontrados menos exemplos do que em países pioneiros no uso desta técnica. Motivos para isto podem variar desde a insuficiência de conhecimentos específicos, o que pode resultar em problemas técnicos e econômicos à construção e gestão (a sobrecarga gerada à estrutura, custo de manutenção, entre outros) à falta de normatização e de incentivos governamentais.

Em geral, as referências bibliográficas encontradas sobre este tema são relativas a países cujas condições geoclimáticas diferem das encontradas no Brasil. Logo, para que o uso da vegetação integrada ao projeto de arquitetura seja uma prática mais comum, devem-se disseminar informações sobre a sua correta escolha, especificação, execução e manutenção no contexto construtivo brasileiro e sua integração como um elemento projetual.

A apropriação sem critério de técnicas e espécies utilizadas em locais de características muito distintas do contexto do projeto pode ser danosa. E há ainda pouco retorno acadêmico das experiências nacionais. Além disso, a falta de normatização e a pequena quantidade de produtos industrializados fazem com que a maioria dos profissionais e usuários sem experiência pregressa no tema ainda considere a integração

da vegetação às superfícies uma técnica rústica e artesanal, resultando em preocupações relativas à manutenção, infiltrações, etc.

A criação de leis urbanas e ambientais relativas ao tema – conforme citado no Capítulo 2.2.1 - também é outro fator que pode contribuir diretamente para o aumento do uso e do desenvolvimento tecnológico dos sistemas de integração da vegetação no projeto.

Além disso, os benefícios adquiridos pela utilização de tecnologias sustentáveis, como a apresentada nesta pesquisa, podem ser ampliados quando estas passarem a ser utilizadas coletivamente, em grande escala, pela maioria da população. Isso trará como consequência o desenvolvimento tecnológico e a queda nos custos de implantação, resultado de uma maior demanda de consumo. O incentivo à melhoria das tecnologias existentes, de forma a baratear os equipamentos, tornará sua utilização cada vez mais vantajosa. Porém é importante lembrar que para determinar a viabilidade de investimentos em tecnologias sustentáveis, devem ser considerados benefícios indiretos ou que só possam ser analisados em longo prazo, como a diminuição dos impactos sobre o meio ambiente. E ainda, a utilização destas tecnologias não deve por em segundo plano, nem torna menos importante, o consumo consciente e sem desperdícios dos recursos disponíveis, tanto hídricos quanto energéticos, quanto quaisquer outros.

Os benefícios econômicos, relacionados à economia de custos devido à uma possível redução do consumo energético para refrigeração da edificação, também devem ser observados e considerados para o maior emprego da vegetação nas superfícies construídas.

Neste contexto, entende-se que o resultado obtido com esta pesquisa atingiu o objetivo principal, traçar as bases de apoio para o correto emprego da Vegetação nos espaços a serem edificados, além da proposta de um instrumento de auxílio à tomada de decisões projetuais quando da utilização da vegetação no projeto de arquitetura.

Sua principal finalidade foi apresentar ao projetista, quando do lançamento de seu anteprojeto, suas principais vantagens, desvantagens, critérios projetuais, construtivos e de gestão e manutenção, e algumas espécies utilizadas, além de um primeiro encaminhamento com relação aos requisitos das duas principais certificações de Qualidade Ambiental utilizadas no Brasil, que de certa forma terminaram por ser um motor de promoção das técnicas de Ecoeficiência.

O resultado final, um protótipo de planilha de auxílio a tomada de decisões projetuais, mostrou-se importante agregador dos elementos mais significativos ao projeto arquitetônico de forma a facilitar o exercício do processo de projeto quando da utilização

da vegetação. O instrumento atingiu seu objetivo inicial de auxiliar na triagem de informações com relação às principais vantagens, critérios e/ou problemas a serem observados, assim como na especificação de espécies, quando da utilização da vegetação em um dos principais da edificação: piso, cobertura e parede.

Porém, como foi observado, o programa utilizado possui algumas limitações para trabalhar com o cruzamento simultâneo de diversos dados, o que restringiu à utilização de apenas um dado de entrada: o plano de trabalho (plano implantação ou plano objetivo). A partir deste protótipo, entretanto, poderiam ser desenvolvidas outras planilhas de auxílio fundamentadas em dados de entrada distintos, como, por exemplo, as vantagens potenciais, possíveis desvantagens, espécies utilizadas, entre outros.

O instrumento apresentado pode servir também como ideia inicial e base de dados para a elaboração posterior de um programa computacional que permita a inclusão de vários dados de entrada simultaneamente.

Assim, alguns pontos que foram observados durante a dissertação e não puderam ser aprofundados ficam como sugestão para futuras pesquisas acadêmicas relacionadas ao tema:

- Estudos e análises das experiências nacionais, ou ao menos climaticamente assemelháveis: importante subsídio de retorno dos procedimentos utilizados para a correta construção das recomendações para projeto.

- Atualmente, existem mais informações e conhecimentos organizados a respeito do sua utilização no plano de piso, quando comparado às superfícies de cobertura e, principalmente, de parede, por ser este emprego mais recorrente e lugar natural de crescimento das plantas. Com relação às superfícies verticais, a maioria dos estudos observados se refere aos sistemas do tipo integrado, com base em plantas do tipo trepadeiras, e somente mais recentemente os sistemas do tipo separado vêm sendo objeto de pesquisas, porém seus benefícios ambientais ainda carecem de estudos, especialmente em macro escala. Além disso, muitas soluções técnicas ainda estão em desenvolvimento, o que gera indefinições sobre aspectos como durabilidade e manutenção dos sistemas.

- Análises da quantificação da influência da radiação solar sobre superfícies vegetadas em edificações, para o clima tropical quente e úmido. Estas medições poderiam comprovar quando e como o emprego da vegetação se justificaria socioeconomicamente em determinado contexto, uma vez que os requisitos para a concepção de uma edificação sustentável variam de acordo com as características do local.

Por fim, sugere-se a continuidade do desenvolvimento deste instrumento de auxílio ao processo de projeto, atualizável pelo projetista, de forma a facilitar a triagem de informações e constituir um banco dinâmico de dados, com a atualização de informações conforme o surgimento de novas soluções e tecnologias, e com a criação de um programa computacional específico para este tema, inclusive.

Referências bibliográficas

ABBUD, B. **Criando paisagens: guia de trabalho em arquitetura paisagística**. São Paulo: Senac, 2006.

ABEL, C. The Vertical Garden City: Towards a New Urban Topology. **CTBUH Journal**, n. II, pg. 20-30, 2010.

ABREU, L. V.; LABAKI, L. C. As árvores e a mitigação da temperatura do ar: qual a extensão de sua influência? In: ENCAC 2011, Búzios. **Anais...** Búzios: ENCAC, 2011.

ALMEIDA, M. A. M. **Coberturas naturadas e qualidade ambiental: uma contribuição em clima tropical úmido**. Dissertação (Mestrado) - PROARQ, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008. 151p.

ARCHDAILY. **Selected works**. Site. Disponível em: < <http://www.archdaily.com/6810/california-academy-of-sciences-renzo-piano/>> Acesso em: 23 fev. 2013.

ARKTOS Arquitetura Sustentável. **Projetos**. Site. Disponível em: <<http://www.arktos.arq.br/projetos/ceewh/index.html>> Acesso em: 24 jul. 2012.

ARQUITETOS ASSOCIADOS. **Projetos**. Disponível em: <<http://www.arquitetosassociados.arq.br/?projeto=galeria-cosmococas-inhotim>> Acesso em: 28 jul. 2012

BARROSO-KRAUSE, C. M. L. **Coberturas, conforto higrotérmico, edificações: ponderações e propostas para clima tropical úmido em situação de verão**. Dissertação (Mestrado) - FAU, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 1990. 206 p.

BELLEN, H. M. V. **Indicadores de sustentabilidade: uma análise comparativa**. Rio de Janeiro: Editora FGV, 2007.

BISTAFA, S. R. **Acústica aplicada ao controle do ruído**. São Paulo: Edgard Blücher, 2006.

BRAGA, B. et al. **Introdução à Engenharia Ambiental: O desafio do desenvolvimento sustentável**. 2ª ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005.

BRUAND, Y. **Arquitetura contemporânea no Brasil**. São Paulo: Perspectiva, 2008.

CARMO, M. **Prédios argentinos pagarão menos imposto por ter jardins no telhado**. In: BBC Brasil. Buenos Aires, 2013. Disponível em: <http://www.bbc.co.uk/portuguese/noticias/2013/02/130206_predios_verdes_argentina_jp_mc.shtml> Acesso em: 19 fev. 2013.

CARVALHO, R. P. **Acústica Arquitetônica**. Brasília: Thesaurus, 2010.

CAVALCANTI, L. (org.) **Quando o Brasil era moderno: guia de Arquitetura 1928 - 1960**. Rio de Janeiro: Aeroplano, 2001.

CORBELLA, O.; YANNAS, S. **Em busca de uma arquitetura sustentável para os trópicos**. 2ª ed. Rio de Janeiro: Ed. Revan, 2009.

DE LA TORRE, J. M. **La vegetación como elemento para el control microclimático.** Departament de Construccions Arquitectòniques I / Programa de Doctorado Àmbits de Recerca de la Construcció i l'Energia a l'Arquitectura. Escola Tècnica Superior d'Arquitectura de Barcelona. Barcelona, 1999.

DI TRAPANO, P. **Forma e Qualidade Ambiental na Arquitetura Contemporânea Brasileira.** Tese (Doutorado) - PROARQ, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008.

ECOTELHADO. **Blog.** Site. Disponível em: < <http://ecotelhado.blog.br/index.php/primeira-escola-verde-do-brasil-ja-%E2%80%9Cda-frutos%E2%80%9D-no-rio-de-janeiro/>> Acesso em: 24 jul. 2012

EMILIO AMBASZ & Associates, Inc. **Portfolio.** Site. Disponível em: <<http://www.emilioambaszandassociates.com/>> Acesso em: 26 fev. 2012.

FARAH, I.; SCHLEE, M. B.; TARDIN, R. (orgs.) **Arquitetura Paisagística Contemporânea no Brasil.** São Paulo: Editora Senac São Paulo, 2010.

FEIJÓ, J. M. L. **Pesquisa acadêmica** - Mestrado PROARQ/ UFRJ - A utilização da vegetação no projeto de arquitetura [mensagem pessoal]. Mensagem recebida por <juliaemmerick@gmail.com> em 03 out. 2012.

FLORIANO, C. Roberto Burle Marx: Jardins do Brasil, a sua mais pura tradução. **Revista Esboços**, UFSC, nº 15, p. 11-24. Florianópolis, 2007.

FRASER, V. Cannibalizing Le Corbusier: The MES Gardens of Roberto Burle Marx. **Journal of the Society of Architectural Historians.** v. 59, nº 2, p. 180-193, 2000.

FROTA, A. B.; SCHIFFER, S. R. **Manual de conforto térmico:** arquitetura, urbanismo. 5ª ed. São Paulo: Studio Nobel, 2001.

FUNDAÇÃO VANZOLINI. **Referencial Técnico de Certificação:** Edifícios Habitacionais - Versão 1. São Paulo, 2010

GAUZIN-MÜLLER, D. **Arquitetura Ecológica.** São Paulo: Senac, 2011.

HENEINE, M. C. **Cobertura verde.** Monografia. Curso de Especialização em Construção Civil, Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2008.

HERTZ, J.B. **Ecotécnicas em arquitetura:** Como projetar nos trópicos úmidos do Brasil. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2003.

INHOTIM. **Sobre nós.** Disponível em: <<http://www.inhotim.org.br/index.php/p/v/199>> Acesso em: 05 maio 2012.

INSTITUTO C&A. **Portal dos voluntários.** Disponível em: <<http://voluntarios.institutocea.org.br/posts/424>> Acesso em: 24 jul. 2012).

KONYA, A. **Diseño en climas cálidos:** manual práctico. Madrid: H. Blume, 1981.

KOTTEK, M., GRIESER, J., BECK, C., RUDOLF, B. e RUBEL, F. 2006: **World Map of the Köppen-Geiger climate classification updated.** Meteorologische Zeitschrift, 2006. vl. 15. pg. 259-263. Disponível em: <<http://koeppen-geiger.vu-wien.ac.at/present.htm>> Acesso em: 28 jul. 2012.

LEAL, L. V. **Verde sobe dos jardins para as coberturas**. In: Projeto Design, ed. 59. São Paulo, 2009. Disponível em: <<http://www.arcoweb.com.br/tecnologia/ecoeficiencia-telhados-e-21-12-2009.html>> Acesso em: 26 jan. 2013.

LICHTENBERG, R. A. **Alta qualidade ambiental aplicada a projeto de re-habilitação residencial urbana em clima tropical úmido: a Ecohouse Urca**. Dissertação (Mestrado) - PROARQ, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2006. 238p.

JARDINEIRO.NET. **Lista por nome científico**. Site. Disponível em: <<http://www.jardineiro.net/listao-de-plantas/nome-cientifico>> Acesso em: 02 dez. 2012.

LOH, S. Living walls: A way to green the built environment. In: **BEPD Environment Design Guide**. Melbourne: Royal Australian Institute of Architects, 2008.

LORENZI, H.; SOUZA, H. M. D. **Plantas ornamentais no Brasil: arbustivas, herbáceas e trepadeiras**. 3ª ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2001.

MACEDO, S. S. O paisagismo moderno brasileiro: Além de Burle Marx. **Paisagens em debate**. Revista eletrônica da área Paisagem e Ambiente, FAU, USP, v. 1. São Paulo, 2003. Disponível em: <<http://www.fau.usp.br/deprojeto/gdpa/paisagens/artigos/2003SilvioM-Burle.pdf>> Acesso em: 06 dez. 2012.

MACEDO, S. S.; BAROZZI, Y. Quapá – Quadro do paisagismo no Brasil – Paisagismo contemporâneo brasileiro. **Revista do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da FAU, USP**, v. 18, ed. 19, p. 232-240. São Paulo, 2010.

MACHADO, L. F. **A cobertura naturada e a possibilidade de reutilização da água de chuva**. Dissertação (Mestrado) - PROARQ, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2002. 134p.

MAPA BRASIL CLIMAS. Escala 1:5.000.000 – IBGE, 1978, com adaptações. Disponível em: <ftp://geoftp.ibge.gov.br/mapas_tematicos/mapas_murais/clima.pdf> Acesso em 19 jan. 2012.

MASCARÓ, L.; MASCARÓ, J. J. **Ambiência urbana**. 3ª ed. Porto Alegre: Masquatro Editora, 2009.

_____. **Vegetação Urbana**. 3ª ed. Porto Alegre: Masquatro, 2010.

MCKINSEY & COMPANY. **Caminhos para uma economia de baixa emissão de carbono no Brasil**. São Paulo: McKinsey & Company, 2009. 44p.

MINKE, G. **Techos verdes: sencillo y eficaz**. Planificación, ejecución, consejos prácticos. España: EcoHabitar, 2005.

NAKAMURA, J. Coberturas verdes: conheça os critérios de especificação e os sistemas construtivos disponíveis no Brasil. **Revista AU**, ed. 212. São Paulo: Editora PINI, nov. 2011. Disponível em: <<http://www.revistaau.com.br/arquitetura-urbanismo/212/artigo240828-1.asp>> Acesso em: 14 dez. 2012.

NESBITT, K. **Uma nova agenda para a arquitetura** - Antologia teórica 1965-1995. São Paulo: Cosacnaify, 2006.

NIEMEYER, M. L. **Ruído urbano e arquitetura em clima tropical úmido**. Dissertação (Mestrado) - PROARQ, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 1998. 136p.

NIEMEYER, M. L.; MOREIRA, A.; MORGADO, C. Integração paisagística de barreiras acústicas. In: Ângela Maria Martins; Mirian de Carvalho. (Org.). **Novas visões: Fundamentando o espaço arquitetônico e urbano**. 1ª ed. Rio de Janeiro: Book Link e PROARQ, 2001, v. 1, p. 155-164.

OBSERVATÓRIO ECO Direito Ambiental. **Notícias**. Disponível em: <<http://www.observatorioeco.com.br/telhado-verde-pode-ser-obrigatorio-por-lei-em-sp/>> Acesso em: 26 jan. 2013.

OLIVEIRA, A. R. Bourle Marx ou Burle Marx? **Arquitextos**. Vitruvius. 013.01. São Paulo, 2001. Disponível em: <<http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/02.013/876>> Acesso em 03 abr. 2013.

ONE DEGREE LESS. **Quem somos**. Disponível em: < <http://www.onedegreeless.org/pt/index.php?pagina=quemSomos-o>> Acesso em: 26 jan. 2013.

OTTELÉ, M. **The Green Building Envelope: Vertical Greening**. Tese (Doutorado) - Delft University of Technology. Delft, 2011. 261p.

PEARSON, D. **In search of natural architecture**. London: Gaia Books, 2005.

PERINI, K.; OTTELÉ, M.; HAAS, E. M.; RAITERI, R. Greening the building envelope, façade greening and living wall systems. **Open Journal of Ecology**, v. 1, n. 1, p. 1-8. Irvine: Scientific Research Publishing, 2011. Disponível em: <<http://www.scirp.org/journal/OJE/>> Acesso em: 02 out. 2012.

PFEIFFER, B. B. **Frank Lloyd Wright 1867 – 1959**. Contruir para a democracia. Hohenzollernring: Taschen, 2006.

POSADA, M. I.; ARROYAVE, M. D.; FÉRNANDEZ, C. Influencia de la vegetación en los niveles de ruido urbano. **Revista EIA**, n. 12, p. 79-89. Medellin: Escuela de Ingeniería de Antioquia, 2009.

RIBEIRO, M. E. **Infraestrutura verde - uma estratégia de conexão entre pessoas e lugares**: por um planejamento urbano ecológico para Goiânia. Tese (Doutorado) - FAU USP. São Paulo, 2010. 196p.

ROAF, S. **Ecohouse - A casa ambientalmente sustentável**. 2º ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.

ROMERO, M. A. **Princípios bioclimáticos para o desenho urbano**. São Paulo: Projeto, 1988.

_____ **Reabilita: Reabilitação Ambiental Sustentável Arquitetônica e Urbanística**. Brasília: Fau/UNB, 2009.

ROSCOE, R. Rediscutindo o papel dos ecossistemas terrestres no sequestro de carbono. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, v. 20, n. 2, p. 209-223. Brasília: Embrapa, 2003.

SECRETARIA DE OBRAS. **Obras e Serviços**. Disponível em: < http://obras.rio.rj.gov.br/index.cfm?sqncl_publicacao=414> Acesso em: 30 abr. 2013

SERRADOR, M. E. **Sustentabilidade em arquitetura: referências para projeto.** Dissertação (Mestrado) - Departamento de Arquitetura e Urbanismo da Escola de Engenharia de São Carlos. São Carlos, 2008. 267 p.

SILVA, E. L.; MENEZES, E. M. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação.** 3ª ed. Florianópolis: Laboratório de Ensino a Distância da UFSC, 2001. 121 p.

TAMAKI, L. **Certificações ambientais dobram em 2011.** Disponível em: <<http://www.piniweb.com.br/construcao/sustentabilidade/certificacoes-ambientais-dobram-em-2011-244296-1.asp>> Acesso em: 12/05/2012.

TARDIN, R.; COSTA, L. M. System of open spaces and territorial planning: Toward a sustainable development. In: 46th ISOCARP Congress, Nairobi. **Anais...** Nairobi: ISOCARP, 2010.

US GREEN BUILDING COUNCIL. **LEED 2009 for New Constructions and Major Renovations.** Washington: USGBC, 2008.

VALESAN, M.; FEDRIZZI, B.; SATTler, M. A. Vantagens e desvantagens da utilização de peles-verdes em edificações residenciais em Porto Alegre segundo seus moradores. **Ambiente Construído**, v. 10, n. 3, p. 55-67. Porto Alegre: Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 2010.

VASCONCELLOS, V. M. **O entorno construído e o microclima de praças em cidades de clima tropical quente e úmido: uma contribuição metodológica para o projeto bioclimático.** Tese (Doutorado) - PROARQ, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2006.

VEJA RIO. **Perfil.** Disponível em: <<http://veja.abril.com.br/vejarj/190406/perfil.html>> Acesso em: 30 abr. 2013.

WERNECK, G. A. M. **Sistemas de utilização da água da chuva nas edificações: O estudo de caso da aplicação em escola de Barra do Piraí, RJ.** Dissertação (Mestrado) - PROARQ, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2006. 283 p.

WINES, J. **Green Architecture.** Köln: Tachen, 2000.

YEANG, K. **Proyectar con la naturaleza - bases ecológicas para el proyecto arquitectónico.** Barcelona: Gustavo Gili, 1999.

_____. **El rascacielos ecológico.** Barcelona: Gustavo Gili, 2001.

YEANG, K.; POWELL, R. Designing the Eco Skyscraper: Premises for Tall Building Design. **Journal of the Structural Design of Tall and Special Buildings**, v. 16, n. 4, p. 411-427. Inglaterra: John Wiley & Sons Ltd., 2007.