

UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA  
PÓS-GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA E URBANISMO  
MESTRADO EM AMBIENTE CONSTRUÍDO

CHRISTIANE MERHY GATTO

**COBERTURAS VERDES:  
A IMPORTÂNCIA DA ESTRUTURA E DA IMPERMEABILIZAÇÃO  
UTILIZADAS**

JUIZ DE FORA

2012

CHRISTIANE MERHY GATTO

**COBERTURAS VERDES: A IMPORTÂNCIA DA ESTRUTURA E  
IMPERMEABILIZAÇÃO UTILIZADAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ambiente Construído, área de concentração: Técnicas do Ambiente Construído, da Universidade Federal de Juiz de Fora, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Ambiente Construído.

Orientador: Prof. Dr. Antonio Ferreira Colchete Filho

JUIZ DE FORA

2012

GATTO, Christiane Merhy

Coberturas Verdes: a importância da estrutura e impermeabilização utilizadas/  
Christiane Merhy Gatto - 2012.  
161 f.:il.

Dissertação (Mestrado em Ambiente Construído)- Universidade Federal de Juiz de Fora.  
Programa de Pós-Graduação – PROAC – Mestrado em Ambiente Construído. Faculdade de  
Engenharia. Juiz de Fora, MG, 2012.

Juiz de Fora: UFJF, 2012.

1. Coberturas verdes. 2. Estrutura. 3. Impermeabilização. 4. Sustentabilidade. 5. Sudeste  
brasileiro

CHRISTIANE MERHY GATTO

**COBERTURAS VERDES:  
A IMPORTÂNCIA DA ESTRUTURA E IMPERMEABILIZAÇÃO  
UTILIZADAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ambiente Construído, da Faculdade de Engenharia da Universidade Federal de Juiz de Fora como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ambiente Construído

Aprovada em 02 de Julho de 2012

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. Antonio Ferreira Colchete Filho (Orientador)  
Universidade Federal de Juiz de Fora

---

Prof. Dr. Marcos Martins Borges  
Universidade Federal de Juiz de Fora

---

Prof. Dr<sup>a</sup> Sylvia Meimaridou Rola  
Universidade Federal do Rio de Janeiro

Aos ideais de conhecimento que me movem na direção do esforço necessário para adquiri-los.

À força e fé que me sustentam na direção do bem e que me permitem sentir a presença de Deus na minha vida e me fazem seguir adiante.

A Todos que compartilham comigo da felicidade de contribuir de alguma forma para o progresso e desenvolvimento a nós imputados em nossa participação na construção do Universo.

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, pelas múltiplas e infinitas oportunidades, sempre nos dando sucessivas chances de seguir em sempre.

Ao meu orientador, por sua inspiradora atitude de nos fazer querer sempre mais e nos ajudar a plantar os pés no chão e manter nossa mente nos céus.

Aos colegas e amigos de turma pela alegria da convivência cotidiana e diversificada e aos demais amigos e colegas que fizemos durante o curso e estada no mestrado.

Aos professores e colaboradores pelo entusiasmo e demonstração de empenho no desenrolar do avanço desta etapa de aprendizado.

Ao Prof. Antônio Eduardo Polisseni, pela colaboração e boa vontade com sua presença amiga e cooperativa, participando ativamente da pesquisa de impermeabilização.

À Prof.<sup>a</sup> Letícia Maria de Araújo Zambrano, coordenadora do curso de Arquitetura e Urbanismo, que gentilmente colaborou com as pesquisas, com referências, sugestões preciosas, cedendo o espaço do laboratório de sustentabilidade da UFJF e pelo seu entusiasmo na disseminação da arquitetura sustentável.

À Prof.<sup>a</sup> Roberta Cavalcanti Pereira Nunes, pela participação na pré-banca com comentários pertinentes, sugestivos e de incentivo à continuação das pesquisas.

Ao Prof. Marcos Martins Borges, pela participação das bancas com senso colaborativo e analítico para delineamento dos focos da pesquisa.

À coordenação do mestrado e a direção do curso de Engenharia pelas oportunidades, dedicação e a busca do bom aprendizado.

Ao Fabiano Venon, secretário dedicado do programa pela cordialidade, presteza e solidariedade que torna nosso caminho mais leve e agradável.

Ao Igor Oliveira pela presença precisa na secretaria em todos os momentos cruciais e pela colaboração na continuidade dos trabalhos.

À UFJF, pela oportunidade a tanto desejada e pelo incentivo que presta à pesquisa pela implantação do curso de mestrado nas áreas de engenharias e arquitetura.

A todos os amigos que, como uma família conquistada, compartilharam comigo dessa experiência árdua e prazerosa pela compreensão, paciência e incentivo em todos os momentos necessários.

Aos meus filhos pela paciência como exemplo de perseverança, disciplina e luta para atingir as metas desejadas.

“Desejaríamos traduzir a nós mesmos em pedras e plantas, desejariamos passear em nós mesmos quando circulássemos...”

Friederich Whilhelm Nietzsche – “A Gaia Ciência ”

## RESUMO

As coberturas verdes são utilizadas com vantagens sobre as coberturas convencionais em climas frios e temperados há algumas décadas. Seu uso ganhou mais destaque nos últimos vinte anos como uma solução mais ecológica para coberturas. Recentemente, tem despertado mais interesse nos países de clima quente, como o Brasil.

Essas coberturas são uma opção bastante viável nos trópicos, como arrefecimento das temperaturas internas, evidenciando aspectos de conforto e qualidade nos ambientes construídos. Analisando estudos de caso aplicados no Sudeste, pode-se verificar a eficiência desta técnica nos trópicos verificando as características e possibilidades de aplicação em nosso clima, sob o ponto de vista do conforto térmico, estabelecendo parâmetros e correlacionando-os com a literatura disponível, avaliando seu custo-benefício e seu comportamento.

Após revisão da literatura, como os princípios de sustentabilidade aplicados às diretrizes de projeto, os conceitos, definições e evolução das coberturas verdes, as vantagens e desvantagens do sistema e suas fragilidades são apresentados 4 estudos de caso: a Escola Pública na comunidade Babilônia, Rio de Janeiro – RJ, o prédio residencial em Juiz de Fora - MG, Laboratório no Campus da USP em São Carlos – SP e o *retrofit* Ecohouse Urca, no Rio de Janeiro – RJ, com avaliação dos principais fatores e destaque aos pontos críticos de estrutura e impermeabilização que atuam significativamente no sucesso dessas coberturas.

Embora se observe o interesse crescente e grande demanda, ainda não há muitos estudos que possibilitem a implantação de coberturas verdes em larga escala em climas tropicais. A análise comparativa sobre o desempenho de coberturas verdes em contextos concretos já testados contribui para o melhor conhecimento do tema e avaliação do potencial construtivo dessa técnica.

Pretende colaborar no entendimento e aplicação das diretrizes elucidadas, estimulando e facilitando que as construções venham a incorporar esses requisitos e sejam concebidas com esses critérios, ajudando a disseminação dos conceitos sustentáveis na construção civil.

**Palavras-chave:** Coberturas verdes. Estrutura. Impermeabilização. Sustentabilidade. Sudeste brasileiro.



## ABSTRACT

The green roofs are used with advantages over conventional roofs in cold and temperate climates for several decades. Its use has gained more prominence in the last twenty years as an environmentally-friendly solution for roofing. Recently, it has aroused more interest in hot climate countries such as Brazil.

These roofs are a very feasible option the tropics, such as cooling of temperatures, showing aspects of comfort and quality in the built environment. Analyzing case studies applied in the Southeast, checking the features and possibilities of application in our climate, from the point of view of thermal comfort, setting parameters and correlating them with the available literature, evaluating its cost-effectiveness and their behavior, we can see the efficiency of this technique in the tropics.

After reviewing the literature as the principles of sustainability applied to the design guidelines and concepts, definitions and evolution of green roofs, the advantages and disadvantages of the system and its weaknesses are presented 4 case studies: Public School community in Babylon, Rio de Janeiro - RJ, residential building in Juiz de Fora - MG, a Laboratory in USP'Campus at São Carlos – SP and retrofit Ecohouse Urca in Rio de Janeiro – RJ with assessment of the main factors and target at critical points of structure and waterproofing that involved significantly in the success of such coverage.

While there is growing interest and high demand, there are not many studies that will permit the implementation of green roofs on a large scale at tropical climates. The comparative analysis on the performance of green roofs have been tested in real contexts contributes to a better understanding of the topic and constructive assessment of the potential of this technique.

Intends to collaborate in understanding and applying the guidelines elucidated by stimulating and facilitating the building will incorporate these requirements and are designed with these criteria, helping to spread the concepts in sustainable construction.

**Keywords:** Green roofs. Structure. Waterproofing. Sustainability. Brazilian southeast.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

|           |                                                                         |     |
|-----------|-------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figura 1  | Imaginário dos supostos Jardins da Babilônia .....                      | 42  |
| Figura 2  | Ruínas das fundações que teriam sido dos Jardins da Babilônia .....     | 43  |
| Figura 3  | Esquema construtivo de coberturas verde .....                           | 50  |
| Figura 4  | Esquema construtivo do tipo convencional de cobertura verde .....       | 52  |
| Figura 5  | Esquema de uma cobertura verde leve (CVL) .....                         | 53  |
| Figura 6  | Experimento de mantas com espessuras mínimas .....                      | 63  |
| Figura 7  | Temperatura interna gerada pelas coberturas tradicionais .....          | 85  |
| Figura 8  | O comportamento térmico da cobertura verde x cobertura tradicional..... | 86  |
| Figura 9  | Planta baixa da cobertura do Projeto Babilônia .....                    | 116 |
| Figura 10 | Corte Esquemático de cobertura similar .....                            | 116 |
| Figura 11 | Estrutura de madeira para base de suporte .....                         | 117 |
| Figura 12 | Retirada do excesso de geotêxtil .....                                  | 118 |
| Figura 13 | Execução das camadas .....                                              | 118 |
| Figura 14 | Camada de areia, terra e grama .....                                    | 119 |
| Figura 15 | Sistema de drenagem .....                                               | 119 |
| Figura 16 | Cobertura concluída .....                                               | 120 |
| Figura 17 | Bambu mirim, canela, maçaranduba e jacaré .....                         | 121 |
| Figura 18 | Resultado: valorização do espaço da escola .....                        | 125 |
| Figura 19 | Projeto da Edificação do Laboratório com CVL .....                      | 126 |
| Figura 20 | Execução das platibandas .....                                          | 127 |
| Figura 21 | Aplicação da nata de cimento com látex .....                            | 127 |
| Figura 22 | Aplicação do impermeabilizante .....                                    | 128 |
| Figura 23 | Imagem com detalhe das camadas do geocomposto .....                     | 129 |
| Figura 24 | Colocação do substrato .....                                            | 129 |
| Figura 25 | Vista da área de lazer com cobertura verde .....                        | 131 |
| Figura 26 | Planta baixa do Pavimento de Uso Comum (PUC) .....                      | 132 |
| Figura 27 | Detalhes construtivos- impermeabilização mureta.....                    | 133 |
| Figura 28 | Detalhes construtivos - impermeabilização floreiras .....               | 134 |
| Figura 29 | Detalhes construtivos - drenagem e proteção .....                       | 134 |
| Figura 30 | Detalhes construtivos - regularização e proteção mecânica .....         | 135 |
| Figura 31 | Foto aérea da Ecohouse Urca .....                                       | 138 |

|           |                                                    |     |
|-----------|----------------------------------------------------|-----|
| Figura 32 | Vista da Ecohouse do alto do Morro da Urca .....   | 138 |
| Figura 33 | Perspectiva com corte, projeto de reforma .....    | 138 |
| Figura 34 | Perspectiva eletrônica .....                       | 139 |
| Figura 35 | Planta baixa da laje frontal .....                 | 139 |
| Figura 36 | Planta baixa da laje posterior .....               | 139 |
| Figura 37 | Madeiramento sendo retirado .....                  | 140 |
| Figura 38 | Reforço estrutural .....                           | 141 |
| Figura 39 | Aço utilizado para armação dos novos pilares ..... | 141 |
| Figura 40 | Detalhe esquemático da impermeabilização .....     | 142 |
| Figura 41 | Teste de estanqueidade .....                       | 143 |
| Figura 42 | Vista da cobertura do bloco anterior .....         | 144 |
| Figura 43 | Vista da cobertura do bloco posterior .....        | 144 |
| Figura 44 | Vista do Corcovado e da cidade .....               | 145 |

## LISTA DE QUADROS

|           |                                                                          |     |
|-----------|--------------------------------------------------------------------------|-----|
| Quadro 1  | Classificação geral das coberturas verdes .....                          | 57  |
| Quadro 2  | Classificação dos sistemas de coberturas verdes .....                    | 62  |
| Quadro 3  | Superfície de Folhas de diferentes formas de vegetação .....             | 67  |
| Quadro 4  | Inclinações X graus / Classificação das Coberturas pela inclinação ..... | 71  |
| Quadro 5  | Síntese dos carregamentos na cobertura verde dimensionada .....          | 97  |
| Quadro 6  | Cargas Totais de uma cobertura verde dimensionada com variações .....    | 98  |
| Quadro 7  | Pesos Específicos de materiais para coberturas verdes .....              | 100 |
| Quadro 8  | Carregamento de telhados convencionais .....                             | 101 |
| Quadro 9  | Síntese das cargas de coberturas verdes .....                            | 103 |
| Quadro 10 | Síntese dos Estudos de Casos apresentados .....                          | 147 |

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

|                 |                                                                        |
|-----------------|------------------------------------------------------------------------|
| a.a.            | ao ano                                                                 |
| ABNT            | Associação Nacional de Normas Técnicas                                 |
| CIB             | Conseil International du Bâtiment (International Council for Building) |
| CVL             | Cobertura Verde Leve                                                   |
| DIN             | Instituto de Normas Alemão (Deutsches Institut für Normung)            |
| EPDM            | Elastômero de etilenopropilenodieno monômero                           |
| EPS             | Poliestireno expandido ou extrudado                                    |
| IBGE            | Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística                        |
| IDH             | Índice de Desenvolvimento Humano                                       |
| IGRA            | International Green Roofs Association                                  |
| ISO             | International Organization for Standardization                         |
| IRR             | Elastômero de poliisobutileno-isopropeno                               |
| FJP             | Fundação João Pinheiro                                                 |
| KN              | Kilo Newton                                                            |
| LEED            | Leadership in Energy and Environmental Design                          |
| MDF             | Fibra de média densidade (Medium density-fiberboard)                   |
| ML              | metro linear                                                           |
| PEAD            | Polietileno de alta densidade                                          |
| PVC             | Policloreto de vinila                                                  |
| PUC             | Pavimento de Uso Comum                                                 |
| NBR             | Norma Brasileira Reguladora                                            |
| NOx             | Nome genérico para os mono-óxidos de azoto                             |
| SO <sup>2</sup> | Dióxido de enxofre                                                     |
| UNICAMP         | Universidade Federal de Campinas – SP                                  |
| USP             | Universidade de São Paulo                                              |

## SUMÁRIO

|                                                                    |            |
|--------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>1 INTRODUÇÃO .....</b>                                          | <b>15</b>  |
| 1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS .....                                   | 15         |
| 1.2 JUSTIFICATIVA .....                                            | 20         |
| 1.3 OBJETIVO .....                                                 | 22         |
| 1.4 ESTRUTURAÇÃO DA DISSERTAÇÃO .....                              | 22         |
| 1.5 METODOLOGIA.....                                               | 23         |
| <b>2 PRINCÍPIOS DE SUSTENTABILIDADE, CONFORTO E ECONOMIA .....</b> | <b>24</b>  |
| 2.1 INTRODUÇÃO.....                                                | 24         |
| 2.2 DIRETRIZES DE PROJETO .....                                    | 31         |
| <b>3 COBERTURAS VERDES .....</b>                                   | <b>38</b>  |
| 3.1 INTRODUÇÃO.....                                                | 38         |
| 3.2 HISTÓRICO .....                                                | 41         |
| 3.3 DEFINIÇÕES .....                                               | 48         |
| 3.4 TIPOS .....                                                    | 53         |
| 3.5 CONSIDERAÇÕES INICIAIS PARA UMA COBERTURA VERDE .....          | 64         |
| 3.6 VANTAGENS E DESVANTAGENS DO SISTEMA .....                      | 74         |
| <b>4 FRAGILIDADES E PONTOS CRÍTICOS.....</b>                       | <b>89</b>  |
| 4.1 ESTRUTURA.....                                                 | 89         |
| 4.2 IMPERMEABILIZAÇÃO .....                                        | 104        |
| <b>5 ESTUDO DE CASOS .....</b>                                     | <b>111</b> |
| 5.1 CONSIDERAÇÕES COMPLEMENTARES .....                             | 113        |
| 5.2 MORRO DA BABILÔNIA, ZONA SUL, RJ .....                         | 115        |
| 5.3 A CONSTRUÇÃO EXPERIMENTAL EM SÃO CARLOS - SP .....             | 126        |
| 5.4 RESIDENCIAL BOM PASTOR JUIZ DEFORA MG.....                     | 131        |
| 5.5 ECOHOUSE URCA - RJ .....                                       | 137        |
| <b>6 CUIDADOS PARA UMA COBERTURA VERDE BEM SUCEDIDA .....</b>      | <b>148</b> |
| 6.1 ESTRUTURA.....                                                 | 148        |
| 6.2 IMPERMEABILIZAÇÃO .....                                        | 150        |
| <b>7 CONCLUSÃO .....</b>                                           | <b>152</b> |
| <b>REFERÊNCIAS .....</b>                                           | <b>156</b> |

## 1 INTRODUÇÃO

### 1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O impacto ambiental está diretamente relacionado com as atividades do homem na natureza e a construção civil é a atividade humana que mais impacta o meio ambiente, sendo em grande parte responsável pelos danos que vêm ocorrendo, inclusive de gerar 30% dos gases do efeito estufa lançados na atmosfera (PEREIRA, 2009).

Atualmente, a construção civil consome quase 3/4 dos recursos naturais e gera a quantidade absurda de 500 kg por hab./ano de resíduos, o que torna a situação ainda mais danosa e seu efeito mais devastador (DIAS & DORNELAS, 2007). Deve-se ainda considerar que, as atividades na construção civil devem crescer vertiginosamente sua produção de construções habitacionais e consequentemente seus resíduos, para minimizar o déficit habitacional ainda registrado no Brasil.

De acordo com o IBGE<sup>1</sup>, o déficit envolve uma soma alarmante de falta de moradias. No Censo de 2009 foram contabilizados em 5,88 milhões e mesmo em 2010, registrando um decréscimo para 5,65 milhões (FJP, 2012),<sup>2</sup> incluindo a modalidade submoradia<sup>3</sup>, esses números ainda são consideráveis e com números muito significativos de moradias consideradas inadequadas.

A moradia é condição primordial para o desenvolvimento de qualquer grupamento humano. É um aspecto de relevância fundamental e nesse panorama carece de um novo modelo norteador, por envolver mais diretamente o desenvolvimento social e econômico em um país em desenvolvimento como o nosso, com acréscimo de qualidade.

Segundo Silva (2011), a construção civil com a inovação tecnológica vem buscando novas possibilidades para seu desenvolvimento em todo país, para compensar e minimizar esses efeitos no meio ambiente. As coberturas verdes têm sido adotadas em muitas partes do mundo como soluções eficientes, principalmente na Europa, pela crescente

---

<sup>1</sup> Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <www.ibge.gov.br>. Acesso em: 05/05/2011.

<sup>2</sup> Fundação João Pinheiro. Déficit Habitacional. Disponível em: <http://www.fjp.gov.br/index.php/indicadores-sociais/déficit-habitacional-no-brasil>. Acesso em: 01/06/2012.

<sup>3</sup> Submoradia ou déficit qualitativo: Moradia sem as condições mínimas desejadas. Disponível em: <http://www.santoandre.sp.gov.br/bnews3/images/multimedia/programas/pmh0.pdf>. Acesso em: 05/05/2011.

impermeabilização das grandes cidades e como sistema construtivo eficaz no controle de temperaturas nos ambientes construídos (D'ELIA, 2009; ROLA, 2008; HENEINE, 2008).

Face aos atuais desafios globais, toda a cadeia produtiva tem que se engajar numa transformação que envolve diminuir o consumo de materiais, o desperdício e buscar novas tecnologias para tornar as edificações sustentáveis. Na indústria da construção civil, a cobertura verde foi resgatada da Antiguidade, tendo despertado interesse da comunidade científica alemã desde a década de 1950. Mais foi a partir dos anos 1960, com muitos investimentos e incentivos governamentais, que ela ganhou menores espessuras e passou a ser mais amplamente empregada, sobretudo nos *retrofits* (HENEINE, 2008).

Considerando que desde a década de 1970, vêm sendo incorporados nesse sistema construtivo, novos materiais drenantes, membranas impermeabilizantes e os agentes antirraízes, entre outros, pode-se dizer que atualmente atende com eficiência às questões de impasse do desenvolvimento urbano industrial X sustentabilidade.

Incorpora-se, aqui no Brasil, mais um aspecto relevante ao considerarmos as necessidades da população e seus baixos recursos financeiros. Também neste âmbito, as coberturas verdes vêm proporcionando vantagens efetivas sejam sustentáveis ou econômicas. Aponta-nos o engenheiro Feijó, da Empresa Ecotelhado (FEIJÓ, 2011), que esta pode ser uma técnica muito apropriada de sustentabilidade, relatando que, é possível instalar hoje uma cobertura verde com praticamente o mesmo custo de um telhado convencional.

Silva (2011) também faz referência ao custo da cobertura verde, no Brasil, variando entre R\$ 80,00 (oitenta reais) e R\$120,00 (cento e vinte reais) por m<sup>2</sup>, de acordo com o sistema escolhido<sup>4</sup>. Inclusive, pode ser considerada uma tecnologia simples de baixo custo, o que a habilita ao emprego nas habitações sociais, como veremos nos exemplos praticados no Instituto de Tecnologia Intuitiva e Bioarquitetura (TIBÁ), com materiais disponíveis no próprio sítio.

Segundo o Catálogo Revestimentos Vivos (2011), citado por Silva (2011), há muita versatilidade para sua instalação, já que pode ser aplicada em telhados e lajes, tendo somente como pré-requisito a impermeabilização da superfície, uma drenagem dimensionada, inclinação mínima de 2% e máxima de 35% e uma estrutura que suporte a sobrecarga. De acordo com Rola (2008), normalmente nossas lajes estão dimensionada para suportar 400 kg/m<sup>2</sup>, o que já seria o suficiente para instalação de uma cobertura verde extensiva.

---

<sup>4</sup> Entre US\$ 40.00 (quarenta dólares) e US\$ 60.00 (sessenta dólares) por m<sup>2</sup>, aproximadamente.



Para atendermos a essa enorme demanda de modo sustentável, há a premência e urgência da incorporação destes novos métodos e técnicas para a execução de construções, de modo a reduzir o impacto ambiental provocado pela indústria da construção. As coberturas verdes são um componente altamente favorável para o desenvolvimento urbano sustentável, por isso, têm ganhado tanta notoriedade nos últimos 30 anos.

Estudos desenvolvidos por Wong (2005), mencionados por Rola (2008), constataam que, as coberturas das edificações têm uma área que pode ter a representatividade de 26% da área total de uma cidade, o que nos atende nos dois sentidos supra mencionados . Somente no Rio de Janeiro essa área seria de 27,51%, segundo Rola, citada em Vilela, (2005). Em Chicago, uma simulação de aplicação de coberturas verdes em 30% da área de coberturas, resultaria numa economia de U\$ 4.000.00 em custo de energia, com redução da demanda por ar condicionado e aquecimento. A modelagem apontou ainda que, se utilizada em toda cidade reduziria a demanda em até 720 MW, economizando U\$ 100.000.000.00 (LICHTENBERG, 2006), sendo importante fator de economia e formando um tripé sustentável, econômico e social.

Essa questão se torna de suma importância nos países em desenvolvimento que apresentam uma urbanização acelerada coexistente com a pobreza, segundo Lichtenberg (2006), principalmente, porque não têm acesso a outros recursos de tecnologia limpa e se apresenta no território nacional, um panorama que em muitos aspectos, ainda se assemelha ao citado.

Porque as coberturas verdes podem ser uma ferramenta importante para serem implantadas?

A cobertura verde é um dos parâmetros previstos e dispostos na Agenda 21<sup>5</sup> e na Agenda 21 Brasileira, as quais tratam das questões ambientais urbanas , assim como na Agenda Habitat<sup>6</sup>, para o tratamento dos assentamentos humanos sustentáveis. Esses documentos dão suporte aos municípios brasileiros de assegurar o direito de todo cidadão ao acesso progressivo à moradia adequada e à vida em cidades socialmente inclusivas,

---

<sup>5</sup> Agenda 21 é o documento elaborado em consenso entre governos e instituições da sociedade civil de 179 países e aprovado em 1992, durante o ECO -92 – ele traduz em propostas de ações, o conceito de desenvolvimento sustentável e trata das questões ambientais urbanas no tratamento dos assentamentos humanos. Disponível em:< [www.ecolnews.com.br](http://www.ecolnews.com.br)>. Acesso em: 15/09/2012.

<sup>6</sup> Agenda Habitat: os compromissos internacionais assumidos pelos países participantes durante a Segunda Conferência das Nações Unidas para os Assentamentos Humanos - Agenda Habitat II, realizada na cidade de Istambul, Turquia, em 1996.

economicamente produtivas e ambientalmente sustentáveis, constituindo-se um dos requisitos enumerados.

Destarte, estaremos ainda colaborando para diminuição gradativa da carência de qualidade habitacional existente no país, propiciando assim, o desenvolvimento social desejável em nosso território com a aplicação do sistema de coberturas verdes. Aqui acordamos com Silva (2011), de que a busca por soluções não precisam estar exclusivamente nas mãos só das grandes incorporadoras e grandes construtoras, podendo ter seus benefícios ampliados, mais rapidamente na escala ambiental, se aplicado em larga escala também em unidades autônomas e programas habitacionais.

Estamos enfrentando um dilema entre grande demanda por novas edificações e recursos naturais cada vez mais escassos para construí-las e mantê-las funcionando. A alarmante condição do planeta como fornecedor de recursos necessários, está nos obrigando a trilhar outros caminhos, e que seja urgente, onde a natureza recupere o seu protagonismo através do enverdecimento das cidades, melhorando as condições de vida ambiental, social e economicamente, equilibrando o ecossistema pouco a pouco.

Esse retorno a Natureza é fundamental para que não se rompa o ritmo natural, o qual promoveria desequilíbrio e alteraria a marcha evolutiva do planeta e seus habitantes, como um todo e poderia acelerar a próxima revolução industrial como o Capitalismo Natural de Hawken & Lovins (HAWKEN, *et al.*, 2000).

Numa visão holística que avalia e considera amplamente todos os aspectos na visão sistêmica (desde o planejamento do empreendimento até a manutenção e demolição das edificações), as coberturas verdes, se incluídas nessa consideração, atendem bem a todos esses quesitos fundamentais.

Sattler (2002) considera que na visão sistêmica sustentável, que é saída vislumbrada para reequilibrar e reordenar a implantação de novos empreendimentos considerando as condições ambientais e o desenvolvimento urbano, elas se consideradas são um dos pontos marcantes.

As coberturas verdes são parte harmoniosa do conceito de equilíbrio ecológico do tipo lábil <sup>7</sup>, que resulta da interação entre os seres vivos e o meio, têm uma aplicação bem apropriada que traduz perfeitamente as nossas necessidades atuais. Aqui no Brasil, o conforto térmico passivo das habitações é perfeitamente viável, com nossas temperaturas médias em

---

<sup>7</sup> Lábil, qualidade do que é frágil, débil, variável, instável- FERREIRA, Aurélio B.H. **Novo Dicionário Eletrônico Aurélio v 5.0**. 3 ed. Rev. e atual.[S.l.]: Positivo, 2004.Acesso em: 29/04/2012.

torno de 23 graus consideradas como temperatura de conforto (COSTA, 1982), com outras muitas vantagens sobre o sistema convencional.

O processo contínuo de destruição e renovação natural, também se abre para as possibilidades de aprimoramento e para evolução e se torna um novo nicho econômico. Já adentrando nessa lacuna, empresas alemãs, inglesas e canadenses estão desenvolvendo mantas pré-vegetativas de apenas 5 cm já prontas para a aplicação, simplificando a aplicação da técnica nos grandes centros e que incrementam o mercado (LICHTENBERG, 2006).

Nesse ínterim, surgem entidades não governamentais como o IGRA<sup>8</sup> – International Green Roof Association, que é uma rede internacional com objetivo de promover e divulgar informações sobre as coberturas verdes, colaborando e apoiando a disseminação da tecnologia sobre a temática, para que esta se espalhe e se aplique mais rapidamente. Sem fins lucrativos, seu estatuto multinacional oferece a plataforma e infraestrutura em prol dessas coberturas para o conhecimento dos investidores e agentes de planejamento políticos. Apoiam especialistas e é constituído por organizações internacionais de coberturas verdes, institutos de pesquisa e empresas de coberturas verdes (IGRA, 2012).

A técnica vem sendo aplicada no mundo e no Brasil, mesmo que incipientemente há algumas décadas. Le Corbusier fez dos terraços-jardins um dos pilares do modernismo na arquitetura já em 1928, e com a Villa Savoye em Poissy, na França, os aplicou com sucesso. Em muitas de suas obras, inclusive aqui, onde participou do primeiro projeto de terraço jardim construído em 1936: o Palácio Gustavo Capanema, Edifício do Ministério da Educação, Cultura e Saúde (MEC) no Rio de Janeiro- RJ, com Oscar Niemeyer e Lúcio Costa, sendo o paisagismo executado por Roberto Burle Marx (ROLA, 2008), utilizou e colaborou com a disseminação, iniciando a técnica no Brasil.

Seguindo os passos de Le Corbusier, outros modernistas, inclusive brasileiros como Francisco Bolonha, no auge do modernismo em 1958, aqui em Juiz de Fora - MG, projetou o Edifício Clube Juiz de Fora como apontado na pesquisa de Rola (2008). O notório edifício comercial adornado com painéis de Cândido Portinari situa-se na esquina de duas das principais vias da cidade, a Av. Rio Branco e a Rua Halfeld e também teve seu terraço-jardim como um dos elementos de projeto e provavelmente figura entre os primeiros do país.

---

<sup>8</sup> IGRA – International Green Roof Association. Disponível em: <<http://www.igra-world.com>>. Acesso em: 29/04/2012.

No ano de 1988, no Banco Safra em São Paulo temos mais um exemplo, também executado por Burle Marx e em 1992, a arquiteta Rosa Grená Kliass e Jamil Kfoury projetaram jardins em coberturas verdes no Vale do Anhangabaú-SP, como mais um exemplo conhecido, citados por Tomaz (2009) (apud SILVA, 2011).

A combinação destas técnicas antigas de construção e novas tecnologias podem eliminar quase todo estrago feito, tanto por novas edificações, assim como nos *retrofits*, reduzindo drasticamente as contas de água e eletricidade, ao mesmo tempo em que mantém o nível de conforto e segurança esperado pelos usuários individualmente.

Têm-se registros bastante antigos dessas construções como proteção das coberturas (HENEINE, 2008). E embora essas combinações criem ambientes mais confortáveis e saudáveis, ampliem inclusive a produtividade nos ambientes de trabalho e deem utilização mais prazerosa aos ambientes de lazer, ainda são pouco utilizadas pelo potencial que apresentam e vemos na literatura que não se propagaram muito no Brasil (ROLA, 2008).

Observamos que a propagação da técnica vem se avolumando e tomando corpo, se situando em patamares cada vez mais destacados entre as opções de elementos arquitetônicos mais almejados em muitas partes do mundo. No Brasil, mesmo que mais lentamente, já começa despertar maior interesse do setor da construção, faltam, porém mais estudos sobre sua aplicação no nosso território.

## 1.2 JUSTIFICATIVA

Diante dos atuais desafios globais de sustentabilidade do planeta, como mudanças climáticas, escassez de água, escassez de recursos naturais e ainda somados à situação de pobreza, principalmente no Hemisfério Sul, é imperativo, adequado e oportuno incentivar projetos relacionadas à resolução imediata desses desafios, que se baseiem em essência nesta estratégia global, mas que possam, também, ser implantados localmente (LICHTENBERG, 2006).

Como atesta Gomes *et al* (2011), podemos acrescentar que as aplicações de alternativas sustentáveis para minimizar os problemas ambientais devem começar pelas nossas próprias moradias.

Assim sendo, procurar um entendimento quanto às soluções existentes, já encontradas, planificar um processo de atingir as metas ambicionadas, incorporar as inovações e resgatar antigos equacionamentos ainda não resolvidos de forma efetiva e satisfatória, é um caminho o qual devemos trilhar rapidamente.

A sistematização de estudos e pesquisas de processos e/ou técnicas mais sustentáveis, é fundamental e se torna primordial para a viabilidade de sua aplicação, seja em qualquer escala, tornando sua utilização mais democrática e popular, promovendo sua prática corriqueira (FÉLIX, 2008).

Apesar das coberturas verdes terem data remota de seu aparecimento, ainda não é uma prática cotidiana em muitas regiões, principalmente aqui no Brasil, onde ainda ela é tímida. Nossa climatologia é muito favorável à sua aplicação e poderá ser aplicada com sucesso tanto para o arrefecimento quanto para a calefação naturais, como aponta Costa (1982). Embora sua aplicação ainda seja incipiente, já existem empresas especializadas na aplicação e construção de coberturas verdes no Rio Grande do Sul e em São Paulo e a indústria nacional já disponibiliza materiais de boa qualidade no mercado, para sua aplicação.

Isto posto, cabe-nos promover a redução do longo caminho e das lacunas existentes entre os conhecimentos já disponíveis sobre sustentabilidade e o que se tem praticado mais comumente nas edificações (MASCARÓ, 1985), além de procurar avançar nos quesitos de qualidade. Entre eles podemos destacar o conforto visual, acústico, estético e térmico com vivência de sensações e emoções saudáveis ao Homem e a outras questões da subjetividade humana, de modo a buscar uma adequação e principalmente atendimento de melhor qualidade (LICHTENBERG, 2005), o que torna as coberturas verdes uma solução desejável.

Buscar reunir esses conhecimentos multidisciplinares sabidamente eficientes e comprovados que possam servir a esse propósito racionalmente e com sensibilidade às questões físicas, psíquicas e emocionais do ser humano (RYBCZYNSKI, 1986) e considerar as questões que deverão ser legadas às próximas gerações deve ser preocupação de todos os envolvidos na criação e execução de ambientes construídos. As coberturas verdes reúnem esses quesitos de forma simples e completa, o que a torna o objeto principal dessa pesquisa.

Todos os ambientes construídos quanto melhor inseridos nesses propósitos, mais contribuirão para a harmonia entre habitar, trabalhar e usufruir de todas as condições de atividades desenvolvidas pelo Homem, propiciando a coexistência saudável entre o natural e o artificial. Esse retorno a Natureza é fundamental para que não se rompa o ritmo natural, o qual promoverá desequilíbrio e alterará a marcha evolutiva do planeta e seus habitantes, como um todo (HAWKEN, et al., 2000).

Este enfoque nos quesitos de sustentabilidade quanto às coberturas verdes foi escolhido por se constituírem elementos primordiais existentes em todas as edificações, como soluções ecológicas que podem alcançar alta escala de aplicação.

As coberturas verdes são inicialmente uma tecnologia antiga simples, que se desenvolveram em múltiplas opções e hoje têm a disponibilidade de várias técnicas mais avançadas para atender às muitas necessidades em vários sítios e climas, com larga faixa de custos que podem abranger construções de todos os padrões (GOMES, *et al.*, 2011). Sua aplicação no Sudeste brasileiro pode ser de grande alcance no desenvolvimento econômico, urbano-sustentável e constituiria um grande diferencial no panorama nacional, por ser esta sua área mais densamente habitada. Por isso, os estudos de casos, se localizam nesta área para observarmos seu desempenho.

### 1.3 OBJETIVO

O objetivo geral é:

- Explorar e apresentar o estado da arte das coberturas verdes, as peculiaridades, assim como vantagens e desvantagens, ganhos e aplicabilidade da técnica;
- Explorar e verificar fatores considerados críticos que requerem cuidados especiais como condições estruturais necessárias e a impermeabilização, que são imperiosos para garantir o sucesso da aplicação deste sistema;
- Esboçar parâmetros que permitam análise de custo e análise de carregamentos comparativos, mesmo que preliminares para melhor compreensão das implicações do sistema.
- Analisar sua aplicabilidade nas construções nos climas tropicais no Sudeste, através de quatro estudos de casos diferentes, ampliando e melhorando o entendimento por aqueles que desejem utilizar esse recurso nesse processo de mudança de enfoque nas inter-relações entre o homem e seu meio ambiente amenizando os efeitos prejudiciais que se tem hoje.

Colaborar dessa forma para melhoramento das condições habitacionais atuais, em qualidade, avançando em direção aos patamares desejados e ser mais um meio de divulgar a técnica nos meios profissionais da construção civil, para avançar nesse setor.

### 1.4 ESTRUTURAÇÃO DA DISSERTAÇÃO

O trabalho se estrutura da seguinte forma:

PARTE 1 – Introdução; Considerações Iniciais; Justificativa; Objetivo; Estrutura e Metodologia; PARTE 2 - Princípios de Sustentabilidade, Conforto e Economia aplicados à construção de coberturas verdes; PARTE 3 - Coberturas verdes como soluções de conforto e

qualidade nas edificações; PARTE 4 – Fragilidades e Pontos Críticos: estrutura e impermeabilização de uma cobertura verde; PARTE 5 - Estudos de Caso; PARTE 6 – Cuidados para a construção de uma cobertura verde bem sucedida aplicados aos Estudos de Casos; PARTE 7 – Considerações Finais, limitações do escopo, sugestões de pesquisas.

Seguindo-se as referências.

## 1.5 METODOLOGIA

Realiza uma revisão bibliográfica abordando os conceitos de sustentabilidade, arquitetura bioclimática e considerações sobre sua aplicação em projetos arquitetônicos relacionando o desenvolvimento urbano atual, visando compreender melhor a importância da aplicação do tema nas coberturas verdes. Pesquisa o histórico e desenvolvimento das coberturas verdes, conceitos, definições, tipos e classificação, características, o estado da arte das coberturas verdes atuais, vantagens e desvantagens, efeitos observados, para ampliar o entendimento do sistema estudado.

Elucida a aplicação da técnica com a apresentação de estudos de casos para análises gerais dos sistemas empregados e análises comparativas de dois pontos que consideramos críticos: estrutura e impermeabilização, que entendemos ser fatores de inibição a empregabilidade da técnica construtiva sustentável, verificando se pode ser bem sucedida para atender aos requisitos de qualidade, conforto e custos nos climas tropicais. Enfoca a aplicabilidade da técnica no Sudeste, a adaptação ao nosso clima e a utilização de materiais nacionais constatando como está sendo o desempenho e a aplicação do sistema e da técnica no Brasil.

## 2 PRINCÍPIOS DE SUSTENTABILIDADE, CONFORTO E ECONOMIA

### 2.1 INTRODUÇÃO

O almejado desenvolvimento sustentável aponta para o cuidado de continuar desenvolvendo nossos países e comunidades sem destruir o meio ambiente, com mais justiça social, de acordo com o Relatório Brundtland, resultado da Conferência de Estocolmo sobre o Ambiente<sup>9</sup>. A importância entre a conservação do meio ambiente e o desenvolvimento foi lançada mundialmente na Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento Humano, a Eco-92 no Rio de Janeiro (LICHTENBERG, 2006). No Brasil, só agora começam a surgir leis de incentivo como forma de disseminação e difusão da técnica (SILVA, 2011).

Hoje, numa inversão total de paradigmas, concluindo-se que o Homem é um ser imerso na natureza, fazendo parte integrante dela e com responsabilidades aumentadas sobre as condições ambientais do planeta e de todas as outras espécies, há uma mudança de comportamento em curso. Agora, o Homem está mais conscientizado de sua responsabilidade e tem que ter a natureza sob sua custódia, para garantir a sua própria sobrevivência.

Sendo assim, o Homem terá que habitar o planeta sem prejudicar os processos naturais, que agora compreende como vitais para sua estada aqui. Deverá restaurar as consequências graves que desencadeou, para garantir sua longevidade e comprometer-se com as futuras gerações promovendo a conciliação de suas aspirações com os processos naturais, como expõe Nery (2008) numa interessante resenha sobre Mc Harg.

Na indústria da construção civil, essa nova revolução visará adequar e adaptar nossa indústria às novas condições de disponibilidade de recursos oferecidos pelo planeta, conjuntamente com sua capacidade de absorver o impacto causado pela população humana em sua instalação no meio ambiente por seus próprios processos naturais e promover o seu desenvolvimento urbano industrial. Isto deve ocorrer em todos os segmentos da indústria, mesmo que seja de forma lenta e progressiva.

---

<sup>9</sup> Realizada em 1972, sob a égide das Nações Unidas na Comissão Mundial para o Ambiente e o Desenvolvimento se baseou em três princípios fundamentais: 1. Solidariedade intergeracional; 2. Noção de recursos naturais limitados e necessidade da sua gestão racional; 3. Respeito pela capacidade de regeneração do ambiente (CAMPOS, 2011).



Nesse ínterim, é discutido o conceito de adequação do Homem ao planeta e não o planeta atendendo às populações humanas indiscriminadamente por determinismo econômico e espoliação da Natureza. Questionam-se quais necessidades são fundamentais e quais são fundadas nas ilusões humanas de valor e status.

Questionam-se principalmente os desperdícios como citado em resenha de Garzedin (2008) sobre o livro *Waste Away*, de Lynch (1990) muito pertinente atualmente. Essa adequabilidade intrínseca, agora imposta pela Natureza, vem de encontro ao antropocentrismo do homem, notadamente o ocidental e seu papel de dominação no planeta, vivido pela sua prepotência e onipotência como ser dominante sobre todas as outras espécies, destituindo-o assim, de sua pseudo supremacia, que desconsiderando as fontes de recursos e o restante da vida planetária, vem devastando a natureza de modo alarmante (Nery, 2008).

Uma mudança nos paradigmas culturais é fundamental para alavancar as mudanças que se fazem, primordial, como a substituição da supremacia econômica pela visão da valorização do homem não só como indivíduo, mas como espécie, sujeito aos desígnios da Natureza e sendo parte integrante deste ecossistema em “*Whole System*”<sup>10</sup>.

Sendo assim, a sustentabilidade vem responder de forma coerente aos requisitos para a transformação da indústria da construção civil, segundo as diretrizes indicadas por estudos e pesquisas sobre as necessidades contemporâneas, trazendo o tema da visão holística e integrada (LICHTENBERG, 2005) a ser adotada nos anos vindouros para reverter o processo deflagrado pela Segunda Revolução Industrial em seu afã de responder às necessidades e crenças da sua época, dando início ao processo de urbanização moderno.

Vários setores vêm se mobilizando e se manifestando ante a necessidade de se dar uma direção, ou rumo ao desenvolvimento de novos paradigmas que possam atender as demandas por construções causando o menor impacto e a menor devastação da natureza e do meio ambiente. E a sustentabilidade é apontada como um dos caminhos (SATTler, 2002).

A busca por soluções sustentáveis tem vários ramos que se adentram em níveis outros e destacam cada um, aspectos diferentes e abordagens diversas do mesmo universo, para responder às necessidades humanas. As coberturas verdes fazem parte harmoniosa do conceito de equilíbrio ecológico do tipo lábil<sup>11</sup>, que resulta da interação entre os seres vivos e o meio, pelo qual se restabelece tudo aquilo que é consumido constantemente (COSTA,

---

<sup>10</sup> Sistema Holístico, visão global. TDA

<sup>11</sup> Lábil, qualidade do que é frágil, débil, variável, instável. Disponível em: Novo Dicionário Eletrônico Aurélio v 5.0. Acesso em 29/04/2012

1982), têm uma aplicação bem apropriada que traduz perfeitamente as nossas necessidades atuais.

Evoluindo nessa busca, a eco eficiência é um conceito gerencial que se formou buscando produzir mais com menos insumos e menos poluição, mantendo os preços e a qualidade dos produtos e serviços, visando melhorar a qualidade de vida da sociedade (HAWKEN, et al., 2000). Tem como objetivo intrínseco, progressivamente, levar os impactos ambientais e o uso de recursos, durante todo seu ciclo de vida, a se situarem dentro dos limites da capacidade de sustentação ambiental do planeta (LICHTENBERG, 2005). E as coberturas verdes se adéquam perfeitamente também nesse conceito.

Os princípios da eco eficiência desempenham importante papel no lado ambiental do desenvolvimento sustentável e seu pré-fixo “eco” pode significar simultaneamente tanto ecologia quanto economia. Dentre eles encontram-se: reduzir a intensidade do uso do material, reduzir a intensidade do uso da energia, reduzir a dispersão de substâncias tóxicas, ampliar a reciclabilidade, maximizar o uso de fontes renováveis, aumentar a durabilidade do produto e incrementar a intensidade dos serviços (KREBS, 2005).

Pesquisas de gestão de projetos enfocam os parâmetros e relações existentes entre os vários itens que compõe um projeto que pretende ser mais sustentável, já apontando para necessidade de sistematização (SALGADO, 2004; FÉLIX, 2008) e entendimento do entorno e o do meio físico onde se inserem como premissa básica de qualquer projeto, além de critérios de solução que visem à minimização do emprego de recursos naturais como materiais e maximização do uso dos recursos naturais como agentes promotores de conforto, bem-estar e qualidade. (PISANI, 2007; ALVES, 2008; PEREIRA, 2009).

Há uma tendência na observação dos processos naturais e aplicação da sua interatividade dinâmica, que obedecem a princípios físicos, químicos e biológicos, e incluem o Homem, com a finalidade de promover a inter-relação dos seres humanos com os ecossistemas (NERY, 2008).

Volta-se o olhar novamente para a observação da natureza como que para compreender, que vivemos e fazemos parte de um sistema onde cada parte interage com todas as outras, influenciando os resultados obtidos por todas, num ciclo fechado (ROLA, 2008).

O homem afastou-se de sua percepção natural e instintiva com a descoberta de novas tecnologias e esquece-se que a natureza tem todos os recursos a sua disposição para prover

seu bem-estar. O biomimetismo<sup>12</sup> é a ciência em voga hoje, para estudar e aprofundar os conhecimentos dos processos biológicos que promovem, gerenciam e proporcionam a vida e sua manutenção no planeta em todos os níveis.

Talvez o conhecimento dos processos ecológicos nos auxilie a reencontrar direções que norteiem as buscas por soluções urgentes e deem a dimensão do nosso lugar no planeta fazendo-nos situarmos dentro do nosso próprio cosmo, permitindo nosso reencontro conosco mesmo, num equilíbrio mais harmônico (NERY, 2008).

A sustentabilidade é uma relação entre os fatores sociais, ambientais e econômicos e contempla várias questões como a mudança climática, o manejo das águas, o consumo de recursos naturais, geração de resíduos, além da poluição ambiental (JOHN, 2007).

E conclui-se que a sustentabilidade discute qualidade de vida, que se constitui um benefício a mais, consequente à aplicação de diretrizes de sustentabilidade na preservação das qualidades do meio ambiente e dos processos ecológicos vigentes (CIB, 2000).

Surgem assim, oportunidades de negócios em torno da temática em questão. Sendo então, a organização do setor fundamental, principalmente porque o setor da construção será transformado por ela, inevitavelmente.

De acordo com Hickel (2005), é a questão da atualidade essa adequação: “A sustentabilidade deve ser entendida como o grande tema da cultura contemporânea, que afeta e transforma a teoria e a prática do desenho, reformulando-o frente à onipotência tecnológica e antissustentável da modernidade.”.

Edificações sustentáveis é o resultado da fusão bem sucedida da eficiência na utilização de recursos com a sensibilidade ambiental, e ainda atenta, ao bem estar humano e sucesso financeiro (HAWKEN, et al., 2000). Elas vão utilizar os recursos naturais e os materiais de forma mais eficiente e proporcionar aos ambientes de qualquer natureza como moradia, ensino, lazer, saúde ou trabalho diferencial, tornando-os ambientes mais saudáveis, com uma melhor qualidade interna, seja na qualidade do ar ou quantidade de luz natural ou conforto térmico e acústico. Resultam em ganhos de saúde e produtividade dos usuários e em proporção direta em ganhos para o planeta e a humanidade, como enfatiza Gatto (2005).

“Desenvolvimento sustentável significa usarmos nossa ilimitada capacidade de pensar em vez de nossos limitados recursos naturais” (JUHA SIPILA, Finlândia).

---

<sup>12</sup> Biomimetismo- Disponível em:< <http://www.mundosustentavel.com.br/2011/06/biomimetismo-aprendendo-com-a-natureza/>>. Acesso em: 24/06/2011.

A construção sustentável é vista como uma forma da indústria da construção responder às demandas necessárias e a cooperar com o desenvolvimento sustentável nos vários aspectos: cultural, social, econômico e ambiental.

O desempenho ambiental é definido como a capacidade mensurável de um produto para a promoção da sustentabilidade do meio ambiente através da redução de impactos ambientais negativos e da melhoria dos serviços e conforto proporcionado aos usuários de uma edificação, segundo a ISO 21931(2002) citada por Félix (2008).

O alto valor alcançado pelas casas e escritórios mais produtivos resultantes destes projetos “ecológicos” está captando a atenção de incorporadores e investidores. Os três exemplos a seguir mostraram as vantagens financeiras do projeto ecológico: a Sede do Internacionale Nederianden ING Bank de 1987 em Amsterdam utiliza apenas 10% da energia utilizada pelo seu precessor e cortou o absteísmo dos trabalhadores em 15%. Estas economias somam U\$ 3,4 milhões por ano. A Village Homes-Davies na Califórnia com aquecimento solar de água e ciclovias valem 12% a mais que as casas convencionais da vizinhança e o Condomínio Texas, usando eletrodomésticos eficientes e aquecimento solar de água ao custo de U\$ 13.00 ao mês nas mensalidades de financiamentos, economiza U\$ 450.00 ao ano como menciona Lichtenberg (2005).

Estes exemplos demonstram como a combinação de tecnologias e decisões diferenciadas podem ter eficiência nos resultados finais de utilização nos ambientes construídos. Esse é o grande interesse que tem movido o mercado imobiliário: o status que essa construção tem atingido e assim agregando valor monetário as unidades construídas sob parâmetros que considerem a sustentabilidade e a preocupação com o planeta.

Por hora, as empresas e o mercado imobiliário vislumbram a incorporação de práticas de sustentabilidade às construções como estratégias de propaganda e marketing fazendo com que o projeto tenha um diferencial e ganhe notoriedade (SATTLE, 2002).

O crescente interesse de investidores e incorporadores pela visível valorização das questões ambientais e as construções sustentáveis, tem levado as empresas que estão optando por seguir as diretrizes de sustentabilidade a partirem para a certificação ambiental das edificações.

Como o Brasil, ainda não tem sua versão, o protocolo LEED, o mais utilizado nos EUA, tem sido o mais recorrente, servindo de ferramenta no desenvolvimento de projetos e empreendimentos mais sustentáveis (FÉLIX, 2008).

Vemos toda uma preocupação e mobilização de vários órgãos em criar normatização, protocolos, códigos e diretrizes que vem se desenvolvendo à medida que a situação se torna

mais crítica em todo mundo. No Brasil, a partir de 2004, houve iniciativas de criar nosso protocolo, mas ainda não foram concluídas, assim como as políticas de incentivos fiscais para as práticas sustentáveis ainda são reduzidas, sendo então, iniciativas voluntárias buscando certificação verde ou por tendência de mercado ou estéticas (SILVA, 2011).

Em Juiz de Fora, os vereadores José Laércio e Roberto Cupolitto fizeram tentativas de incentivar as construções verdes. José Laércio propôs redução do IPTU em 10 % para a iniciativa de reutilização de água e Roberto Cupolitto pediu a inserção de equipamentos que reduzam o consumo de energia e água. Mas as tentativas ainda não lograram êxito.

Os requisitos de sustentabilidade nas edificações também estão preconizados na Agenda 21, que detalha conceitos, aspectos e desafios a serem alcançados pela indústria da construção para atingir patamares mais condizentes com as necessidades atuais da continuidade de nossa sobrevivência ante a preservação do planeta. Estão organizados em blocos de gerenciamento e organização do processo do projeto ambientalmente responsável, a reengenharia do processo construtivo, os aspectos do produto e do edifício como qualidade ampla e irrestrita, e consumo de recursos de toda ordem.

Sendo assim pode-se atrelar às construções o compromisso com (CIB, 2000; PEREIRA, 2009):

- **Sustentabilidade Ambiental:** evitar efeitos perigosos e potencialmente irreversíveis no ambiente, através do uso cuidadoso de recursos naturais, minimização de resíduos, proteção e, quando possível, melhoria do ambiente;

- **Sustentabilidade Social:** Responder às necessidades de pessoas e grupos sociais envolvidos em qualquer estágio do processo de construção, do planejamento à demolição, provendo alta satisfação do cliente e usuário, e trabalhando estreitamente com clientes, fornecedores, funcionários e comunidades locais;

- **Sustentabilidade Econômica:** Aumentar a lucratividade e crescimento, através do uso mais eficiente de recursos, incluindo mão-de-obra, materiais, água e energia;

Uma construção sustentável pode ser encarada como uma contribuição para a diminuição da pobreza, criando um ambiente de trabalho saudável e seguro, distribuindo equitativamente custos sociais e benefícios da construção, facilitando a criação de empregos, desenvolvimento de recursos humanos, conquistando benefícios e melhorias para a comunidade.

O tema do consumo e das necessidades energéticas nos edifícios passou do debate ao estudo de suas origens e formas de diminuí-los. Assim também como nos materiais a serem empregados se estenderam as preocupações: quanto à emissão de gases tóxicos, sua

reutilização, reciclagem, origem, durabilidade, vida útil, transporte e etc. Em todas as etapas pertinentes às construções há um esforço para a implementação de metodologias direcionadas ao gerenciamento e correlação dos insumos aplicados com os resultados de qualidade, conforto e economia.

Antes do conceito mais amplo da sustentabilidade encampar a arquitetura bioclimática<sup>13</sup>, nessa visão mais ampliada, esta já baseava seus pressupostos na correta aplicação de elementos arquitetônicos e tecnologias construtivas para minimizar a carga térmica da edificação e consequentemente, a diminuição do consumo de energia, otimizando o conforto de seus ocupantes (LICHTENBERG, 2005).

A arquitetura sustentável tem como filosofia desenvolver seus projetos considerando o conforto térmico e acústico dos usuários, o baixo consumo de energia, a reciclagem de materiais e uso racional de fontes naturais, interferindo minimamente possível no ecossistema, além de gerenciar as fontes naturais para as futuras gerações.

Ainda é um processo em evolução que enfoca estratégias inovadoras e tecnologia para melhorar a vida cotidiana e sua abordagem envolve principalmente, além da eficiência energética na construção e manutenção dos edifícios, o aproveitamento de estruturas pré-existentes, especificação de materiais utilizados e planejamento territorial, que vai envolver, então, a proteção dos contornos naturais (MASCARÓ, 1985).

Projetos sustentáveis levam em consideração os aspectos do edifício que podem ser relacionados com as propostas de desenvolvimento sustentável, propiciando à sustentabilidade buscar satisfazer as necessidades da população e primar pela proteção da paisagem, planejamento urbano e territorial como questões de cunho econômico e ecológico, ao mesmo tempo.

Numa visão holística que avalia e considera amplamente todos os aspectos numa visão sistêmica, desde o planejamento do empreendimento até a manutenção e demolição das edificações, as coberturas verdes se incluídas nessa consideração, atendem com eficácia a todos esses quesitos fundamentais (ZANETTI, 2005).

A visão sistêmica sustentável é saída vislumbrada por muitos para reequilibrar e reordenar a implantação de novos empreendimentos considerando as condições ambientais e o desenvolvimento urbano e as coberturas verdes são um dos pontos marcantes que devem ser incluídos nesse planejamento (ROLA, 2008).

---

<sup>13</sup> Bioclimática é uma sistematização da utilização dos recursos naturais passivos, antes de ser encampada pela sustentabilidade, com visão ampliada (COSTA, 1982).

## 2.2 DIRETRIZES DE PROJETO

Os projetos arquitetônicos devem ser coerentes com os novos paradigmas ambientais. Devem ser pensados para as condições locais, devendo se valer das tecnologias passivas o tanto quanto possíveis e se esgotadas todas as possibilidades pode-se usar outras tecnologias como complemento ao projeto, buscando o total conforto dos usuários da edificação (DUARTE & GONÇALVES, 2006).

O enorme abismo que existe entre o potencial e a realidade indica que, o grande desafio em se modificar as edificações está em se modificar a indústria da construção. Projetistas de edifício do mundo inteiro estão descobrindo que para criar produtos de melhor qualidade devem abandonar a metodologia convencional e compartimentalizada de projetar em favor de um método integrador e holístico que dê ênfase a fácil comunicação entre as várias fases de um projeto (LICHTENBERG, 2005). Os resultados de trabalhos em equipes são espetaculares, onde arquitetos, cientistas, engenheiros e futuros usuários consideram vários aspectos simultaneamente e surgem soluções que nenhuma das partes poderia dar sozinha e criam edifícios saudáveis e eficientes.

A arquitetura deve cuidar do conforto, bem-estar e saúde do usuário, contribuindo assim para sua permanência no lugar, evitando novas construções ou reformas num curto período de tempo e criando uma identificação entre o ambiente construído e seu usuário (MANETTI, 2007) e isso faz parte inerente das premissas propostas pela arquitetura sustentável.

Naturalmente leva-se em conta o atendimento às necessidades básicas da demanda por resistência, durabilidade, apresentação formal e estética, além de segurança. Estas são geralmente as preocupações, que normalmente se procura atender, nas construções convencionais. Mas a necessidade humana de moradia vai além da habitação como abrigo e discorrer sobre as relações que precisam ser atendidas é fundamental, se intenta a satisfazer essas premissas, como salienta Rybczynski (1986).

Estudos e pesquisas de protótipos de habitações vêm sendo desenvolvidos e monitorados buscando soluções viáveis que possam atender as carências existentes e muitas propostas e projetos para contemplar programas habitacionais, tanto da esfera governamental como da esfera acadêmica e da esfera empresarial, demonstram a importância do assunto em pauta.

Entretanto, a diversificação em torno dos aspectos considerados relevantes nestes projetos é muito grande, criando-se e desenvolvendo assim, muitos modelos que contemplam

apenas partes dos quesitos necessários a satisfação plena da demanda. Ora são levados em conta o custo dos materiais, ora o tamanho da edificação, ora os materiais renováveis, ora a produção em série, entre outros aspectos, nas propostas em geral. Carecendo então de uma abordagem, ao mesmo tempo, mais abrangente e, também mais simplificada, capaz de tornar as técnicas sustentáveis, aplicáveis com mais facilidade.

Incorporar as metas de sustentabilidade nas edificações depende em grande parte do arquiteto, segundo Corbioli citado por Manetti (2007). Além de encontrar os caminhos que reduzam e quando possível eliminem a quantidade de material e energia necessários às soluções eleitas em cada projeto, nas fases de planejamento do empreendimento, na concepção e desenvolvimento do projeto, na construção, na reutilização e reciclagem e na do maior entendimento das técnicas construtivas do sistema para que possa introduzir com eficácia essa nova abordagem sustentável, na indústria da construção civil.

Sabe-se que o melhor e mais econômico design sustentável é aquele em que as características são incorporadas em um estágio inicial de projeto, sendo integradas e dando efetivo suporte, umas às outras. Se os elementos de um design sustentável não forem incorporados desde o princípio no projeto, será muito mais difícil a sua incorporação posterior com o mesmo custo, e os resultados esperados podem sofrer maior variação. (LANGDON, 2004 apud FÉLIX, 2008).

Portanto, essa é uma fase crucial para se atingir os objetivos de atender aos preceitos de sustentabilidade para a edificação (SATTTLER, 2002). As coberturas verdes, se planejadas desde a fase inicial do projeto são muito mais simples e seguras de serem instaladas com sucesso.

Ao se planejar considerando as condições favoráveis e restrições oferecidas pelo ambiente físico e cultural, muitas vantagens sociais e lucros são obtidos além da sobrevivência do meio ambiente e superam as expectativas, com o conforto, a qualidade e a economia na atividade da construção civil, sem que essas considerações iniciais incorporem custo adicional ou onere de forma significativa o empreendimento.

Em muitas das vezes, pelo contrário, até podem reduzir drasticamente os custos finais e superar os resultados pretendidos, agregando valores ao produto final muito além do projetado, em valores intrínsecos de bem estar, saúde e produtividade. Portanto, se faz primordial que se considere a questão ambiental corriqueira para se tratar do processo de construção e não assunto de interesse de um grupo.



### 2.2.1 Fundamentos naturais a serem considerados no projeto de cobertura verde

Teríamos que implantar uma edificação como se pousássemos delicadamente na superfície e conseguíssemos interagir com os sistemas e processos em atividade e interferíssemos de modo a não interromper os processos naturais e sim nos acoplarmos e aderirmos a eles, passando a fazer parte dos mesmos.

Pode parecer uma utopia, mas o biomimetismo (DILLOW & CARNETT, 2011) já está sendo considerado também para as construções. Essa ciência estuda e investiga essas questões e talvez possa nos permitir descobrir um modo mais natural de nos inserir nos ecossistemas, sem desequilibrá-los e quebrar a harmonia de seus funcionamentos.

Vegetar as coberturas das edificações poderia ser considerado um caso de biomimetismo, já que recupera em parte ou totalmente a área onde foi inserida a construção, balanceando a perda do solo vegetado pelo sistema natural e minimizando possíveis desequilíbrios com a impermeabilização do solo e perda de biodiversidade (ROLA, 2008; SILVA, 2011) e torna o processo construtivo, literalmente, mais natural.

Considerar as peculiaridades de um terreno para tirar dele o maior proveito é uma prática que não deveria ser casuística ou secundária. Há que se considerar a topografia, a geologia, o clima, a insolação, os ventos, a orientação solar, o entorno, o sombreamento por outros edifícios e vegetação e as vias de acesso, no mínimo.

Conhecendo-se as características físicas e climáticas do terreno é possível tirar partido de suas qualidades e convertê-las em qualidade e conforto e minimizar os efeitos negativos administrando seus próprios atributos peculiares.

Deve-se considerar os processos ambientais com seu caráter integrado e interativo em todo e qualquer processo de planejamento e evidenciar as relações de interdependência entre seres vivos e equacionar a relação homem-natureza. É a racionalização dos recursos sob a ótica de maximização dos mesmos e visão ampliada de qualidade.

Outros parâmetros a se considerar, que se inter-relacionam, seriam a temperatura do ar, a radiação, a umidade e o movimento do ar (MASCARÓ, 1985). Todos esses quesitos podem agregar valor tanto na qualidade da edificação quanto ao conforto do usuário e são recursos renováveis que pouco majoram os custos efetivos da construção e sua relação custo/benefício é muito favorável, assim como sua efetividade prática, quando implantados.

As trocas com meio externo alteram qualitativamente o espaço interior, assim como na ventilação e aberturas, e influem nas condições de habitabilidade, na saúde dos usuários e no uso do edifício (ALVES, 2008). As coberturas verdes têm importância relevante nesse

sentido, sendo uma ferramenta no controle natural das temperaturas no interior dos edifícios, como as vegetações em geral.

Faz-se prioritário buscar o equilíbrio entre o uso dos agentes naturais e sistemas de controle artificiais de modo inteligente para garantir o conforto e qualidade do ambiente para o usuário e nesse enfoque minimizar os gastos energéticos para a manutenção das qualidades do edifício e buscar compreender melhor as leis a que está sujeito.

Como a Terra está imersa na atmosfera, que é o envolvente gasoso de nosso planeta, as condições climáticas do meio dependem da latitude, altitude, das variações que sofrem a cada período de 24 horas: de dia, devido à insolação e de noite, devido às perdas de calor para o Universo por irradiação e as variações ao longo do ano que são as estações. Essas variações não são maiores por causa dos recursos naturais que estabilizam a temperatura do meio, como a movimentação das águas, a movimentação do ar, a evaporação, as nuvens e a própria crosta terrestre (COSTA, 1982).

As águas uniformizam a temperatura em diversas regiões do globo, as massas de ar quente amenizam o aquecimento provocado pela insolação. A vegetação reduz a incidência da insolação durante o dia e libera energia à noite, aquecendo sua volta. A evaporação das águas absorve quantidades enormes de calor durante os dias de sol e devolve nas noites frias e dias sombrios pela condensação (orvalho, chuva, geada, neve). As nuvens servem de obstáculo às radiações tanto do sol, durante dia como da Terra, durante a noite (MINKE, 2004).

Já a crosta absorve quantidades fabulosas de energia durante o dia, cedendo-a durante a noite. É o maior estabilizador natural das temperaturas do planeta. A insolação durante o dia contribui com uma parcela substancial do calor que penetra na habitação, principalmente através de superfícies transparentes e da cobertura (MASCARÓ, 1983).

Esses aspectos a serem considerados na fase de concepção e projeto são de extrema importância para que o produto final tenha as características que vão levar a edificação à categoria de ser mais sustentável e cumprir as funções a que se destina de modo a causar o menor impacto ambiental que possa a ela ser imputado. Um desses elementos podem ser as coberturas que, na construção, são os elementos que mais sofrem insolação direta.

Para concretizar a redução do consumo energético nas edificações e aumentar a eficiência na diminuição das temperaturas interiores pode-se usar a modalidade do uso passivo (LICHTENBERG, 2005) e coberturas verdes são um desses instrumentos que pode ser utilizado com sucesso, proporcionando o refrescamento natural dos ambientes, como se fossem a sombra de uma árvore.

A eficácia no seu desempenho é maior se for planejado e concebido desde o início do projeto, assim como todos os elementos de um projeto, como já mencionado. O projeto deve trabalhar sua concepção de modo a eliminar totalmente a insolação no verão e aproveitá-la integralmente no inverno, pelo menos teoricamente (COSTA, 1982).

A temperatura do meio externo à sombra não é fixa e apresenta uma variação cíclica diária e mesmo anual, cujo valor médio no Brasil é compatível com as condições ditas de conforto, isto é, se não houvesse insolação e houvesse uma boa inércia, uma habitação se manteria a uma temperatura menor que a externa.

Então, se tivermos uma boa proteção contra a insolação e materiais de grande inércia, as construções no Brasil, em geral, teriam suas temperaturas internas agradáveis no nível considerado de conforto (MASCARÓ, 1985). A utilização de materiais de grande inércia poderia em alguns casos, apresentar a vantagem de aumentar a inércia térmica do conjunto uniformizando a sua temperatura de modo que, favoreceria a situação desfavorável de aquecimento durante o dia com a temperatura mais amena à noite.

É sempre preferível adotar materiais pesados de grande inércia térmica ao invés de materiais leves, simplesmente isolantes como proteção para o condicionamento natural das habitações. Materiais de grande inércia térmica podem produzir um amortecimento da temperatura interna, pois demoram muito para deixar o calor entrar na edificação, por causa da defasagem térmica (COSTA, 1982).

Técnicas mais recentes têm usado o isolamento inercial de materiais de grande capacidade calorífica latente, como a terra. Esse isolamento tem condições de manter a temperatura interna menor que a externa no verão e nos períodos frios temperaturas internas maiores que as externas (MINKE, 2004).

As coberturas verdes são na realidade uma boa combinação desses dois fatores, com a associação da vegetação que absorve a radiação solar, além das funções de respiração e processamento da fotossíntese, no qual sequestram grandes quantidades de energia e a camada de substrato, que também absorve grandes quantidades de calor e tem uma inércia muito grande. Protegem, assim, com muitos benefícios adicionais, as coberturas das edificações.

O isolamento térmico é limitado pelo custo e pela proteção contra a condensação interna durante o inverno. Quanto maior a massa do isolante menor o valor da resistência térmica admissível (COSTA, 1982).

As questões de custos para as proteções também podem ser mais vantajosas com o isolamento natural de uma cobertura verde, do que de outras tecnologias. O clima e os

elementos da natureza têm-se mostrado, assim, elementos-chave no projeto e na construção de habitações do Homem.

Depois de longo período de uso intensivo e irreflexivo da energia operante, a situação de crise de energia criada mundialmente e crise cultural do modelo vigente consumista-esgotador e tendo como referência o sistema produção-consumo que se mostra falho, o sistema até então utilizado é no mínimo questionável. Construir com o clima não é mais uma posição ecológica, idealista, contestadora, é uma necessidade quando se analisa a evolução do consumo e da disponibilidade de energia (MASCARÓ, 1985). Essas constatações e discursos já duram décadas e pouco ainda está implantado e funcionando, principalmente, nacionalmente.

Mascaró (1985, p. 9) diz ainda sobre a questão do uso e aplicação destes recursos na arquitetura: “O exercício da chamada arquitetura bioclimática permitirá reconciliar a Forma, a Matéria e a Energia”, e a arquitetura sustentável, como hoje é conhecida, agora é mais abrangente e encampa vários outros aspectos para o desenvolvimento sustentável.

As coberturas verdes são altamente desejáveis como elementos de cobertura, mas não são muito conhecidas no nosso clima e não tem aqui, ainda, uma abordagem mais sistematizada, que permita aplicá-las com maior destreza, tanto técnica quanto economicamente e como todos os outros elementos de um projeto precisam ser mais amplamente estudadas e bem dominadas.

As coberturas podem variar muito entre coberturas vegetais para abrigos de carros e espaços externos cobertos, até sofisticados telhados automatizados para climatizar os ambientes e manter contato com a natureza, podendo ser um elemento bastante explorado na arquitetura, com efeitos muito enriquecedores e estéticos diversos nas edificações.

Na Academia de Ciências de São Francisco na Califórnia<sup>14</sup> com 410 mil m<sup>2</sup>, a cobertura incha para formar sete colinas que desempenham papel crítico no *design* do edifício sustentável<sup>15</sup>, com 60 mil células fotovoltaicas instaladas, capazes de gerar 213.000 KW/h de energia<sup>16</sup>, obteve o certificado Platium, o mais alto da LEED<sup>17</sup>, com uma cobertura verde de

---

<sup>14</sup> Disponível em: <<http://arquitetandonanet.blogspot.com.br/2009/05/academia-de-ciencias-de-sao-francisco.html>> Acesso em: 18/03/2012.

<sup>15</sup> Disponível em: <<http://archrecord.construction.com/projects/portfolio/archives/0901academy-1.asp>>. Acesso em 21/03/2012

<sup>16</sup> Disponível em: <<http://metalica.com.br/california-academy-of-sciences-a-construcao-mais-eco-sustentavel-do-mundo>>. Acesso em: 19/03/2012

160.000 m<sup>2</sup> <sup>18</sup> que reduz a temperatura interior em 5,5 ° C e reterá 7,5 milhões de litros de água de chuva, evitando que 70% da água precipitada sobre a cobertura vá para o escoamento, sendo recolhido e reutilizado para irrigá-la<sup>19</sup>. Esse exemplo constitui-se numa arquitetura contemporânea conjugada com uma tecnologia avançada sob bases totalmente sustentáveis e tem a aplicações de técnicas rústicas e simples como no Tibá <sup>20</sup>, no Rio de Janeiro e em São Manoel em São Paulo.

Nessa pesquisa, serão enfatizadas as que forem consideradas com quesitos de sustentabilidade e que sejam eficientes, além do custo ser competitivo no mercado, em relação ao custo/benefício, inclusive as de cunho alternativo, mais ecológicas, sociais e democráticas, que também apresentam bons resultados e são opções de fácil aplicabilidade e baixo custo (LEGEN, 1997).

As chamadas coberturas verdes são uma boa opção sustentável analisada e detalhada a seguir, para avaliar sua aplicabilidade em termos de custo e execução técnica para garantir seu bom funcionamento, com destaque para os aspectos da estrutura e impermeabilização utilizadas.

---

<sup>17</sup> Disponível em: <<http://casa.abril.com.br/materia/projeto-de-renzo-piano-destaca-tecnologias-sustentaveis>>. Acesso em: 19/03/2012.

<sup>18</sup> Disponível em: <<http://www.ranacreekdesign.com/projects/california-academy-of-science/>>. Acesso em: 20/03/2012.

<sup>19</sup> Disponível em: <<http://www.eco-structure.com/vegetated-roof/california-academy-of-sciences-san-francisco.aspx>>. Acesso em : 23/03/2012.

<sup>20</sup> Disponível em: <[www.tibarose.com](http://www.tibarose.com)>. Acesso em: 06/03/2012.

### 3 COBERTURAS VERDES

#### 3.1 INTRODUÇÃO

Coerente com os sistemas e princípios mencionados, as coberturas verdes são elementos eficazes e importantes, tanto na qualidade e controle do clima interno e externo nas construções, quanto na interação com o meio externo, deve-se ainda considerar as grandes vantagens e economia por elas geradas quando inseridas no planejamento das construções.

Protegendo a construção das intempéries, aumentam sua durabilidade e reduzem sua manutenção, preservando suas características físicas, químicas e biológicas, dando maior qualidade a sua vida útil e evitando desgastes desnecessários advindos da exposição ao meio.

Seguem as mesmas premissas sustentáveis quanto à qualidade do clima interno, os materiais empregados, as técnicas aplicadas com resultados muito positivos. O sistema proporciona às construções, o maior equilíbrio na inserção da edificação no sítio e os benefícios múltiplos decorrentes desta escolha.

Entretanto, muitos entraves ainda são sentidos quando da implantação das coberturas verdes como elemento de cobertura, alguns inerentes aos problemas comuns às coberturas, como a perfeita vedação do sistema e outros mais específicos, entre eles, o sobre carregamento da estrutura e o desconhecimento do sistema, de sua aplicação e execução, ainda se tornam empecilhos ao seu emprego seguro e salutar.

Uma questão relevante que agrega grande valor às coberturas verdes é o fato delas terem um apelo estético muito grande, tornando a edificação muito mais integrada e inserida no meio pela aparência natural que empresta à edificação (KREBS, 2005).

Dentre suas características, as coberturas verdes podem trazer aumento da área útil a ser utilizada para atividades diversas pelo usuário, o que a transforma num grande mote para os moradores. Agregam valor por aumentar a usabilidade da edificação e permitir maior utilização na mesma área construída, sem requerer maior área de terreno para usufruir-se de uma área maior (LICHTENBERG, 2006; ROLA 2008; SILVA, 2011).

Além disso, trazem um conforto psicológico grande, pela amortização dos danos causados ao meio ambiente, proporcionando uma área verde numa proporção que pode ser até a área total edificada. Ainda aumentam a inter-relação do habitante com a natureza trazendo-a para fazer parte integrante da edificação. Podem ser utilizadas como terraços, varandas, para área de cultivo de plantas e até hortas ou simplesmente coberturas e abrigos para lazer, garagens e qualquer outro uso que se adeque.

Estudos e monitoramentos de coberturas verdes comprovam uma queda na temperatura interna sob essas coberturas que variam de 3 a 7°C que podem concorrer para solucionar os problemas com aquecimento do ar e o arrefecimento do ambiente, sendo altamente colaborativa nesse quesito (OHNUMA Junior, 2008).

Segundo Spangenberg citado por D'ELIA (2009), após a instalação de uma cobertura verde em uma laje, a temperatura da superfície reduz cerca de 15°C, influenciando favoravelmente no conforto térmico dos ambientes e dependendo do tipo de telhado empregado, da vegetação e da capacidade da área, a redução de carga térmica para o ar condicionado se aproxima de 240 kWh/m<sup>2</sup> e o custo benefício da solução é compensatória.

De acordo com Gomes *et al.* (2011), em convênio com a Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da USP, a pesquisa aplicada no Laboratório de Conforto Ambiental e Eficiência Energética da entidade, a utilização em larga escala dos telhados verdes poderia reduzir 1° a 2° graus a temperatura nas grandes cidades.

As preocupações e restrições residem na impermeabilização da laje ou cobertura e na sobrecarga da estrutura (ROLA, 2008), além do aumento de manutenção requerido pelo sistema vivo. Entretanto esses problemas são contornáveis pelo detalhamento e boa execução dos projetos. A previsão e inserção desse tipo de cobertura desde a fase inicial de projeto previnem a preocupação da impermeabilização (MINKE, 2004). Os problemas decorrentes de sobrecarga prevista também são solucionados de acordo com o caso em questão (KREBS, 2005). Essas questões técnicas de estanqueidade e carregamento serão abordados mais detalhadamente nas seções posteriores, sendo considerados como pontos críticos relevantes.

No Brasil ainda não temos grande difusão desta técnica, talvez por questões culturais ou ausência de rigores climáticos mais proeminentes, sendo uma carência e uma lacuna a ser preenchida pelas grandes vantagens que a técnica tem demonstrado no mundo todo. Tem grande relevância sobre os aspectos de sustentabilidade e reversão dos efeitos nocivos acumulados no meio ambiente, seja na redução de sistemas artificiais de refrigeração, emissão de gases tóxicos, redução das ilhas de calor, renovação e purificação do ar (HENEINE, 2008).

A criação de solos vegetados artificialmente aumentando a área verde e diminuindo a reflexão de calor para a atmosfera, melhoram a manutenção/diversificação da fauna e flora colaborando para o reequilíbrio dos ecossistemas, diminuem e favorecem a captação das águas pluviais e redução dos sistemas de captação públicos, reduzindo os perigos de enchentes, alagamentos e ineficiência dos sistemas de recolhimentos das águas pluviais, disseminação de doenças e destruições de toda ordem (ROLA, 2008).

Por isso, essa técnica antiga que remonta a coberturas vernaculares existentes tanto em climas frios como Islândia, Escandinávia e Canadá, como em climas quente como da Tanzânia, na África, como enfatiza Heneine (2008), precisa ser mais bem estudada e analisada para que possa ser bem adaptada a nossa realidade considerando que não temos tradição na sua utilização e ainda não conhecemos bem seus efeitos e meandros para utilizá-la em todo seu potencial.

Nas zonas de clima frio eles esquentam a habitação, pois armazenam o calor dos ambientes internos, pelas trocas de calor entre os ocupantes e equipamentos que dissipam calor e nos climas quentes, eles ajudam a manter a temperatura mais baixa que a externa, porque nos tetos verdes de um modo natural o calor é acumulado no solo, que os armazena e também os absorve, segundo Minke (2004). Essas características têm despertado o interesse da aplicação da técnica nos climas tropicais e estimulado pesquisas nas universidades e começa a ganhar cada vez mais espaço nas edificações brasileiras.

A eficácia da acumulação de calor e a capacidade de isolamento térmico são comprovadas facilmente pelos tetos verdes na casa tradicional da Islândia, recoberta desse modo. A habitação mesmo no inverno, não utiliza calefação artificial e somente o calor humano é suficiente para manter uma temperatura ambiente confortável (MINKE, 2004).

Nagy et al (1998) apud LIMA (2009) também citam que nos países de clima frio, como a Escandinávia utilizavam as coberturas verdes com o intuito de melhorar o isolamento térmico de suas residências, por seus invernos serem também muito rigorosos.

No norte dos EUA e Canadá, uma técnica similar a das casas da Islândia foi usada há aproximadamente 100 anos e provavelmente o sistema construtivo procede da Europa do Norte. A construção do teto consistia numa estrutura de madeira, estrutura de ramas, grama de pradaria e duas camadas de terra com grama, como nos fala Minke (2004).

Temos pouca informação sobre as coberturas verdes nos climas quentes, como na Tanzânia, na África, mas Peter Legen (2011), coordenador de projetos do Tibá <sup>21</sup>, em Bom Jardim- RJ, em curso realizado no Instituto em outubro, fala sobre os efeitos das coberturas: “As coberturas verdes refrescam naturalmente e aquecem naturalmente os ambientes cobertos por ela” e desperta o interesse como ferramenta de refrigeração passiva com o aquecimento global.

---

<sup>21</sup> Entrevista livre concedida a autora em 23/10/2011.



No Brasil, já encontramos opções no mercado, mas como a tendência de construir com sustentabilidade é cada vez maior, isto pode reforçar a importância e a procura das coberturas verdes (D'ELIA, 2009). Ademais, é uma eficiente medida para reabilitar edifícios e espaços, dando-lhes novas funções urbanas e ambientais como uma eficaz possibilidade de regeneração para a atmosfera, já que estes se tornam pequenos pulmões por criarem corredores verdes em meio das grandes muralhas de pedras das cidades, segundo Vilela (2005).

### 3.2 HISTÓRICO

Existiram muitas culturas antigas que utilizaram telhados verdes, como nas antigas civilizações dos vales dos rios Tigres e Eufrates na Mesopotâmia, atual Iraque. Os primeiros registros de edificações com coberturas verdes datam de 2500 anos antes da era cristã em antigos templos escalonados que facilitavam aplicação de vegetação em vários níveis, conhecidos como Zigurates, como o Templo Branco em Uruk, na antiga Suméria. (OSMUNDON, 1999 apud ROLA, 2008).

Ainda na Mesopotâmia, segundo Lendering (2004) apud Rola (2008), há vestígios históricos da existência de outra edificação coberta com vegetação, o enorme templo Etemenanki, um zigurate mais conhecido como Torre de Babel, com descrição no Livro Gênesis 11.1- 9 da Bíblia, sendo uma das mais famosas lendas da humanidade.

Entretanto, o mais famoso é o Jardim Suspenso de Semíramis, conhecido como os Jardins Suspensos da Babilônia, situando-se no território correspondente ao atual Iraque ao sul, no séc. VI a.C, no lado leste do Eufrates, num antigo bairro da cidade entre as margens do rio e os palácios reais, segundo SILVA (2011), onde possuem seus primeiros registros. Foram considerados uma das sete maravilhas do Mundo Antigo, sendo construído pelo Rei Nabucodonosor para agradar e consolar sua esposa preferida, a Rainha Amytis, que sentia muitas saudades das paisagens montanhosas e florestas verdejantes de sua terra natal, a Média (antiga Pérsia) e atual Irã (OSMUNDSON, 1999; KRYSTEK, 1998) apud (ROLA, 2008).

Segundo Silva (2011), essa técnica construtiva foi empregada nos jardins por seu desempenho térmico proporcionando arrefecimento nos ambientes internos e externos do palácio e era muito empregada nos zigurates da antiga Mesopotâmia, conforme registros históricos. Segundo Hake (2007) apud Rola (2008), antigamente essas coberturas eram também sinônimo de poder e riqueza.

De acordo com historiadores nos terraços babilônios, o esplendor era tanto que abrigavam além de árvores, flores tropicais e exóticas, animais e alamedas de altas palmeiras (GOMES *et al.* 2011). Eles foram construídos uns sobre os outros e eram irrigados pelas águas bombeados do Rio Eufrates (OHNUMA JUNIOR, 2008). Segundo Dinsdale *et al.* citado por Ohnuma Junior (2008) cobriam uma área de 2000 m<sup>2</sup> com árvores, arbustos e trepadeiras. A ilustração abaixo nos mostra o imaginário dos supostos Jardins da Babilônia com a Torre de Babel ao fundo, é de autor desconhecido (ROLA,2008).



Figura 1- Imaginário dos supostos jardins da Babilônia com a Torre de Babel ao fundo.

Fonte:< [http://www.brasilecola.com/upload/e/jardins-babilonia\(1\).jpg](http://www.brasilecola.com/upload/e/jardins-babilonia(1).jpg)>. Acesso em: 18/05/2012.

Apesar da afirmação de diversos autores sobre a inexistência dos supostos Jardins da Babilônia (OSMUNDSON, 1999; KRYSTEK, 1998) apud ROLA (2008), a foto das ruínas, no atual Iraque mostra o que supostamente teria sido as fundações do palácio de Nabucodonosor, que teria tido 57.000 m<sup>2</sup> (190m X 300 m), com cinco pátios cercados de corredores, uma diversidade de câmaras, sendo uma de 52m X 25 m, que seria a câmara do trono, uma cripta subterrânea com 14 salas com a cobertura abobadada sobre as quais se estruturavam as fundações dos jardins suspensos, como mostra a figura abaixo:



Figura 2 - Ruínas das fundações do que supostamente teria sido os Jardins da Babilônia.  
Fonte: <<http://www.atlastours.net/gallery/iraq/index.html>>. Acesso em: 18/05/2012.

As origens e a tradição de coberturas verdes com gramados característicos de certas regiões como Escandinávia e Kurdistan (atuais Turquia, Iraque, Irã e países vizinhos) vêm de séculos e mais provável de milênios. Lama e terra são os materiais tradicionais de construção nessa região e edificações cobertas com lama indicam que a germinação de gramíneas e ervas silvestres espontâneas produziram coberturas com efeito de telhado gramado, como aponta Heneine (2008) e tenham sido as primeiras precursoras das coberturas verdes.

Na Escandinávia esse material para execução de coberturas era de fácil acesso, barato e juntamente com outros materiais como cascas, gravetos, palha, funcionavam perfeitamente como proteção de chuva para pequenas casas e chalés. As cascas de mogno funcionavam como membrana selante ou impermeabilizante, as camadas de gravetos como dreno e o gramado do prado como isolamento térmico e acústico e protegendo as outras camadas contra o vento, dando maior estabilidade e solidez ao conjunto (MINKE, 2004; HENEINE, 2008).

A tradicional cobertura gramada Kurdish servia para conservar o calor no inverno e refrescar no verão e a combinação de solo e grama nas coberturas escandinavas ajudou a reduzir a perda de calor durante os invernos rigorosos. Os imigrantes escandinavos que foram para os EUA e Canadá levaram essa técnica conhecida de sua cultura, as quais foram usadas em habitações dos próprios colonizadores (HENEINE, 2008).

Na Idade Média e na Renascença temos na França um mosteiro: a Abadia Beneditina de Saint Michel do ano 1228, na Normandia (ROLA, 2008). Os romanos desenvolveram jardins ornamentais nos telhados, segundo Kingsbury & Dunnet (apud HENEINE, 2008). E segundo Silva (2011) onde árvores eram cultivadas na cobertura de edifícios.

Na Itália, a Torre de Guinigi de 1384 em Lucca possuía um jardim a 36 metros de altura, suportado por estrutura de tijolos cerâmicos de 61 cm de espessura com irrigação subterrânea, onde foram plantados sete carvalhos que se tornaram frondosos, cujas espécies duram em média 500 anos (ROLA, 2008).

Foram amplamente difundidos no período renascentista na Itália, no período pré-colombiano no México, na Índia entre os séculos XVI e XVII e em algumas cidades da Espanha, na França a partir do século XVIII e na Escandinávia no início do século XIX, de acordo com Araújo (2007) apud Silva (2011).

O Jardim de Médici, em Careggi do início do séc. XV, também foi densamente vegetado com espécies exóticas. Em Pienza, tem-se o Palazzo Piccolomini com um jardim de cobertura verde intensiva, de 1458-1464, ainda preservado. Como o terreno é inclinado permitiu a construção de andares mais baixos e na elevação a área do jardim, tudo feito em pedras maciças (OSMUNDSON, 1999 apud ROLA, 2008).

Nas Américas em 1519, o Rei Carlos I ouve o relato de Hérnan Cortéz sobre uma cidade Asteca, Tenochtitlán, que sendo constituída por ilhas no Lago Texcoco tinha diminuta área de solo para jardins. A única solução para se ter áreas verdes era, então, os jardins visitáveis nas coberturas das edificações, pois que a cidade era densamente povoada, ainda segundo Osmundson (1999) apud Rola (2008).

Na Alemanha, a residência do cardeal Johan van Lamberg, em Passau, é datada do período de 1600 a 1875. Em 1773, no Palácio do Kremlin em Moscou, que possuía 40.000 m<sup>2</sup> de jardins com cobertura verde intensiva, suportados por estrutura de paredes de pedra com vãos abobadados, usavam placas de chumbo soldadas para impermeabilização, onde somente no jardim superior cuja extensão mede 122m foram gastas 10,24 toneladas de chumbo. Ainda nesse período, o Museu de Arte Hermitage, que era o antigo palácio de inverno da Imperatriz Catarina II da Rússia em Saint-Petersburg também exemplifica a utilização da técnica (OSMUNDSON, 1999 apud ROLA, 2008).

Quanto à estrutura, observa-se também que sob os aspectos tecnológicos, as antigas coberturas verdes derivam do que foram os Jardins Suspensos da Babilônia, que se supõe tenham sido construídos sobre fileiras, abóbodas e terraços, suportados por vigas de pedras com camada de cana com piche, duas fileiras de tijolos de barro montados com cimento e uma cobertura de chumbo para evitar a infiltração da umidade do solo, também usada na estrutura, de acordo com Osmundson (apud ROLA, 2008).

A partir de meados de 1800, começou a serem construídas coberturas planas nas maiores cidades da Europa e América com o desenvolvimento do concreto e já em 1868, um

projeto de concreto de cobertura natural foi apresentado numa exibição mundial em Paris, sendo o primeiro projeto experimental no oeste europeu, que se seguiu de muitos (HENEINE, 2008).

Osmundson (1999) apud Rola (2008) também relata que o chumbo era amplamente usado como impermeabilizante nas edificações históricas citadas até que, em 1800 numa casa de classe média de Karl Rabbitz, em Berlim na Alemanha, seu proprietário inventa e tira patente de um impermeabilizante de cimento vulcânico. Outra tentativa não muito bem sucedida foi uma impermeabilização feita com placas de cobre em Munique, no piso da estufa do Rei Ludwig II no topo de um edifício que resultou em vazamentos contínuos e infiltrações e acabou sendo demolido em 1897.

Dos séc. XIX para o séc. XX teremos os terraços jardins em teatros como Cassino Theatr, Madison Square Garden, Oscar Hammerteins Olympic Music Hall, Cassino Teatro Rudolph Aronson, o Teatro Americano de Nova York, o Hammerstein Republic Theater, como muitos dos exemplos. Os terraços jardins em hotéis, restaurantes e residências como no Hotel Astor, o Domenico Restaurante e em apartamentos que margeavam o Central Park em Nova York, nos Estados Unidos também aplicaram a técnica, como que uma evidência de encantamento que ela inspirou. (OSMUNDSON, 1999 apud ROLA, 2008).

Segundo Heneine (2008), terraços planos e jardins numa construção de bloco de apartamentos em 1903 registraram o bom aceite também em Paris. Frank Lloyd Wright em 1914 projeta em Chicago um restaurante com um jardim na cobertura, o Midway Gardens, Lakin Building e o Imperial Hotel, segundo Rola (2008). Walter Gropius, em Colônia na Alemanha, fez um projeto similar, no mesmo ano, aplicando a mesma técnica. Esses projetos experimentais, a princípio tinham visão somente ornamental e estética, ainda de acordo com Heneine (2008) e mostrava o interesse de grandes arquitetos da época.

Nos anos 20, Le Corbusier foi o primeiro a começar a utilizar sistematicamente as coberturas verdes dentro de uma esfera de clientes da elite, em construções mais sofisticadas e projeta a Villa Savoye em Poissy entre 1928 e 1931, as Casas Domino, o Bairro Moderno Frugès em Pessac, a Unité d'habitation em Marselha entre 1946-1952, além do Edifício Governamental de Chandigarh, capital de Punjab na década de 50<sup>22</sup>, segundo Rola (2008).

---

<sup>22</sup>Disponível em:< <http://www.coladaweb.com/artes/arquitetura/arquitetura-contemporanea>>. Acesso em: 25/04/2012.

Em 1936, Le Corbusier é consultor no primeiro prédio com terraço jardim no Brasil, o Palácio Gustavo Capanema no Rio de Janeiro, no projeto de que participam Oscar Niemayer e Roberto Burle Marx, que executa o paisagismo. Em 1940, Burle Marx faz o Prédio da Associação Brasileira de Imprensa, também no Rio de Janeiro, segundo Rola (2008).

Nas décadas de 1950 e 1960, muitas coberturas verdes são executadas nos EUA como: no Keiser Center, no Museu Oakland Saint Mary's Square em Portmount Square, no Mellon Square Equitable Square em Pittsburgh, no Constitution Plaza em Hartford e se espalham em todas as direções. Outros exemplos deste período são as Lojas Harley em Guilford em Surrey na Inglaterra, o MAM (Museu de Arte Moderna) do Rio de Janeiro em 1953, o Ed. Clube Juiz de Fora, em 1958 em Juiz de Fora- Minas Gerais, projetado por Francisco Bolonha, na Faculdade de Arquitetura da UFRJ no RJ nos anos 60, os Prédios da Petrobrás no centro do Rio de Janeiro em 1968 e os Prédios da Petrobrás no Maracanã no Rio de Janeiro nos anos 80. (ELIOVSON, 1999; KOEHLER *et al*, 2003a; SIQUEIRA, 2002) citados por ROLA (2008).

A pesquisa de coberturas verdes iniciou-se nos anos 1950, primeiramente na Alemanha, como parte do movimento de reconhecimento do valor ecológico e ambiental do ambiente urbano e em particular os benefícios das plantas em coberturas, para conservação de energia e minimizar a falta de água (SILVA, 2011; HENEINE, 2008).

Nos países europeus de língua germânica, a combinação de consciência pública ambiental e pressão de grupos ecológicos fizeram com que a pesquisa científica produzisse tecnologia e desabrochasse o desenvolvimento das coberturas verdes tendo reflexos sociais, econômicos e políticos (HENEINE, 2008).

Ainda nos anos 50, o desenvolvimento de tecnologias possibilitou a construção de praças urbanas com grande efeito paisagístico sobre pátios de estacionamento, ruas, metrô, etc., de forma ainda pouco reconhecida pelos usuários em geral (HENEINE, 2008). Além do visual paisagístico, a cobertura verde teve seu enfoque na climatização, em construções civis e benefícios para as questões ambientais e assim, começa a se expandir melhor (GOMES, *et al.*, 2011).

Com a criação de um grupo de estudos chamado “Sociedade para pesquisas dentro do desenvolvimento da construção paisagística”, aliada aos atos de proteção, criação de definição de especificações e a indústria estando num patamar de alto padrão, as coberturas verdes tiveram sua base de desenvolvimento, sendo então, formulada a classificação e divisão principal em coberturas intensivas e extensivas para estudos na Alemanha (HENEINE, 2008).

As coberturas extensivas tem sido, desde então, o grande foco das pesquisas germânicas. Algumas companhias ofereciam especialistas em coberturas verdes aos usuários,

como incentivo para conservação de energia e consumo de água e estabeleceram seus próprios programas de pesquisas, como por exemplo, a ZinCo e Optigrün em Stuttgart no sul da Alemanha (HENEINE, 2008). As coberturas ganharam assim, o apoio do rigor científico e tiveram sua evolução econômica, não fazendo mais parte somente de movimentos ambientais alternativos.

Somente depois deste incremento de tecnologia, as coberturas verdes ganharam o mercado dos *retrofits* por conquistarem menor espessura, possibilitando sua aplicação em grande escala em áreas consolidadas de cidades que já apresentavam índices significativos de degradação urbana e muitos resultados foram alcançados no mesoclima, segundo MCMILIN citado por Rola (2008).

Segundo Silva (2011), nos anos da década de 1970 muitos materiais foram introduzidos nesse sistema construtivo como: os materiais drenantes, membranas impermeabilizantes, agentes antirraízes, entre outros, o que provocou uma maior consolidação no mercado.

Assim nos anos 70, arquitetos e designer foram encorajados a projetarem muito além de jardins de cobertura para a elite, pelos muitos livros e artigos que foram publicados na Alemanha, popularizando o este conceito. Artigo como do professor, arquiteto e paisagista Hans Luz intitulado: “Telhado Verde – Luxo ou Necessidades?”, que depois de algum tempo, mobilizou ecologistas, escritores, artista, pois que, ele propunha as coberturas verdes como parte de uma estratégia de melhoramento ambiental. No entanto, as pesquisas e desenvolvimentos tecnológicos só tiveram maior efeito quando já faziam parte de um movimento de contracultura (HENEINE, 2008).

Na Alemanha, o impulso inicial e a força para a instalação das coberturas verdes foi a perda crescente do habitat natural ou paisagens, o que propiciou seu desenvolvimento como elemento de construção (HENEINE, 2008).

Na década de 1980, houve um aumento de 15 a 20 % a.a. na Alemanha do uso das coberturas verdes, o que fez um total de dez milhões de m<sup>2</sup> delas em 1996, crescimento possível graças às leis municipais, estaduais e federais de incentivo (PECK, 1999) apud (SILVA, 2011). Estima-se que a área de coberturas verdes lá já tenha atingido 84 milhões de m<sup>2</sup>, segundo Dunnett & Kingsbury (2004) apud Rola (2008).

Mais atual é o prédio de apartamentos Waldspirale projetado por Friendsreich Hundertwasser, onde a arquitetura é orgânica como um todo e tem coberturas verdes intensivas, sendo concluído em 2000 na Alemanha, em Darmstad. Hoje, na Alemanha, a

maioria dos prédios novos traz as coberturas verdes extensivas como sistema de cobertura (KOEHLER ET AL, 2003a apud ROLA, 2008).

Na Noruega, as coberturas verdes são como incorporadas ao patrimônio nacional e tem ligações profundas com os sentimentos de romantismo, de proximidade com a Natureza. Entretanto, na Grã-Bretanha foram vistas como técnica estrangeira, como diferentes e com estranhas tecnologias durante algum tempo, de acordo com Heneine (2008).

Já na América do Norte a principal razão da sua disseminação tem sido de cunho econômico com custos mais eficazes do que a engenharia e técnicas padrão lá empregadas, como ferramenta de construção ambiental (HENEINE, 2008).

O principal benefício da técnica pode oscilar totalmente, tendo amplo espectro, mas atende aos propósitos dos climas frios tão bem quanto aos climas temperados ou tropicais, por reduzir significativamente as variações de temperaturas internas e externas e além de ser muito eficiente na gestão de tempestades nos climas temperados, como relata Heneine (2008).

Ainda segundo a autora, essa versatilidade de aplicação lhe dá enormes vantagens sobre outras técnicas, apesar de refletir a política, a cultura e a estrutura econômica de várias regiões e países e dependerem, também, de fatores outros de motivação para sua implantação, como os níveis e tipos de incentivos para promovê-la.

Hoje, as coberturas verdes vêm ganhando espaços em todo o mundo, independente do clima e cultura. As diferenças entre a tecnologia aplicada na Antiguidade e sua evolução são notáveis, embora os princípios básicos se mantenham. A evolução tecnológica da aplicação de vegetação em superfícies construídas tem na versão da minimização da espessura um grande avanço e grande aliado como elemento de arquitetura sustentável, especialmente na Europa Central, segundo Koehler *et al.* (2003<sup>a</sup>) apud Rola (2008).

### 3.3 DEFINIÇÕES

Existe uma infinidade de nomes para esse tipo de construção, sendo as mais conhecidas: as coberturas verdes, tetos verdes, telhados verdes (IGRA, 2012), ecotelhados (HENEINE, 2008), coberturas naturadas ou naturação (ROLA, 2008), telhados vivos, green roofs e biocoberturas (OHNUMA JUNIOR, 2008).

Nesse trabalho as denominaremos de coberturas verdes, conforme define também o



Dicionário Aurélio (2010), quando as define como:

“um sistema artificial de construção de coberturas de edifícios, habitações ou mesmo estrutura de apoio, sobre as quais são aplicados diversos tipos de materiais, nomeadamente vegetação, que permite o correto funcionamento do mesmo e tira partido das suas enormes vantagens ao nível arquitetônico, estético e ambiental”.

As estruturas conhecidas como coberturas verdes são aquelas capazes de suportar, além do seu peso próprio, um determinado volume de terra, uma determinada vegetação, uma parcela de água de chuva que precipita e da irrigação, que escoam sobre eles no telhado de uma edificação (OHNUMA JUNIOR, 2008).

Silva (2011) acrescenta que, as coberturas verdes ou jardins suspensos são sistemas construtivos que podem ser instalados em lajes ou sobre telhados convencionais proporcionando conforto térmico e acústico nos ambientes internos e têm sua cobertura vegetal feita com grama ou plantas. Já Rola (2008), amplia a aplicação para quaisquer superfícies construídas, sejam coberturas, fachadas e vias transformando velhos sistemas em sistemas de terraços ajardinados, propiciando a revegetação do espaço construído.

Sobre a naturalização urbana, esta trata de transformar em biótipos os edifícios e os espaços urbanos em uma forma econômica e ecológica otimizadas. Corredores verdes são formados, facilitam a circulação atmosférica e melhoram o microclima da cidade pela redução das emissões e imissões acústicas, térmicas e óticas como também de materiais indesejados. A naturalização recupera o protagonismo da natureza com recuperação de espécies vegetais, que melhoram as condições de vida, numa visão sistêmica mais sustentável (ROLA *et al.*, 2003) apud Rola(2008).

Construir uma edificação sustentável exige, apenas pensar no bem-estar em termos mais amplos, incluindo seu próprio, ampliando ao dos próximos e ao da sociedade em geral e ao uso consciente dos recursos naturais. Segundo a Arquiteta Karla Cunha de São Paulo, a camada de terra e vegetação funciona como um filtro de calor ou de frio, mantendo a edificação fresca no verão e agradável no inverno (GOMES, *et al.*, 2011).

O conjunto ainda pode vir a se constituir numa área de lazer dependendo da inclinação da cobertura e do peso que a estrutura suporte como adicional e torna-se uma barreira de ruídos para os ambientes que estiverem sob ele. Além dos benefícios aos moradores, o planeta se equilibra com a diminuição da concentração de calor nas grandes cidades e com o escoamento mais lento das águas de chuva e reduz, assim, o risco de alagamentos.

Na atualidade elas representam a busca por melhora ambiental dos degradados núcleos densamente urbanizados, pela ampliação de áreas verdes úteis, como solução e alternativa,

atuando beneficentemente em várias frentes na cidade. Adapta esse ambiente construído, ao invés de destruí-lo, pela revitalização das áreas degradadas e incrementa a capacidade de resiliência do ecossistema urbano, na sua capacidade adaptativa frente aos impactos adversos (ROLA, 2008).

É um sistema construtivo, uma tecnologia de aplicação de vegetação sobre superfícies construídas que resgata os princípios de enverdecimento de áreas edificadas formado por quatro camadas principais de igual importância, a saber: a vegetação, o substrato, a drenagem e a impermeabilização (ROLA et al., 2003) citado por Rola(2008).

O esquema construtivo de uma cobertura verde baseado em Nagy apud Lima (2009) nos mostra o incremento de outras camadas, que podem ser acrescentadas e variam de posição conforme o projeto, o clima e de quais são as necessidades do projeto. Os telhados também se diferenciam pelo número de camadas e pela ordem destas. São apresentados três modelos de cobertura verde. Os mais difundidos, apresentam maior número de camadas, mas isso aumenta seu custo tanto de material utilizado, como pode dificultar a mão-de-obra, requerendo maior acuidade na sua execução.

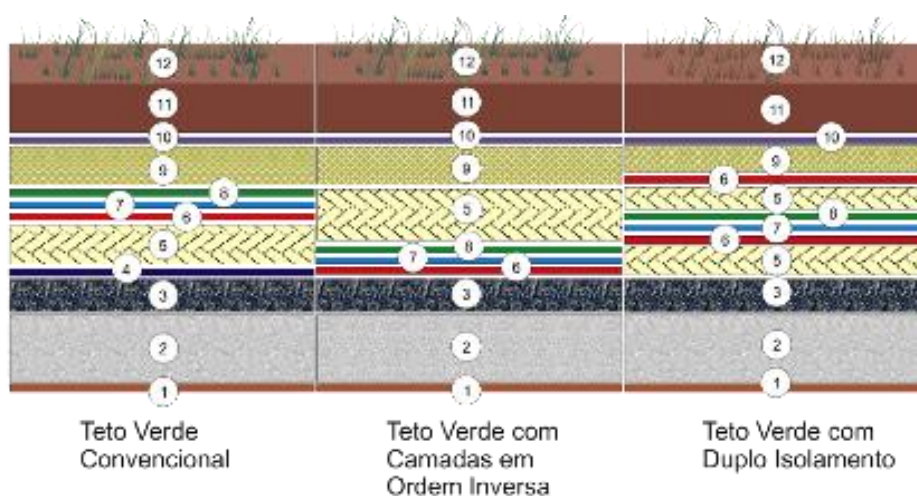


Figura 3 Esquema construtivo de coberturas verdes.  
Fonte: Baseado em Nagy *et al.* (Lima, 2009).

Pode-se visualizar: 1- É a superfície de acabamento, 2- A superfície de apoio, 3- Camada de regularização para dar o caimento, 4- Barreira de vapor, 5- Isolante térmico, 6- Camada de separação e proteção, 7- Membrana impermeável, 8- Camada de proteção de raiz ou antirraiz, 9 – Camada drenante, 10 – Camada filtrante, 11- Camada de solo ou substrato, 12- Camada de vegetação.

Especificamente, cada elemento desta composição possui uma finalidade, a saber: a laje: fornecer a estrutura de apoio principal da cobertura verde; a camada impermeabilizante:

evitar a infiltração da água pela laje; a geomanta: impedir a passagem de substrato e regular a retenção de água; o substrato: ser elemento suporte da vegetação para formação de nutrientes e a vegetação ou cobertura vegetal propriamente dita, nos diz Ohnuma Junior (2008).

As camadas principais podem ser descritas como a seguir, segundo Rola (2008):

1- **Camada de apoio ou suporte de carga:** além de suportar o peso do sistema adotado, que é máximo quando o sistema se encontra saturado, é toda e qualquer superfície construída capaz de suportar a sobrecarga da cobertura verde;

2- **Camada de impermeabilização:** deve proteger a camada de suporte contra toda umidade do meio externo que passa pelo sistema e assegurar sua estanqueidade. Ela demanda estudos mais profundos por ser extremamente importante e por isso será analisada com maior acuidade em seção posterior. Deve considerar características físicas e químicas específicas como: ter alta resistência à perfuração evitando que raízes transpassem a camada filtrante (por exemplo, um geotêxtil) e atinja a impermeabilização pelo efeito físico do empuxo e ter a membrana do componente antirraiz como elemento adicional para maior garantia;

3- **Camada drenante:** acoplada ao sistema para garantir o recolhimento das precipitações, regas e irrigação excedentes em toda a superfície, conduzindo-as bem ao deságue, evitando a retenção da água sobre o sistema de apoio e afogamento das raízes da vegetação;

4- **Camada de solo ou substrato:** é a mistura balanceada de solo e nutrientes orgânicos e inorgânicos necessários ao desenvolvimento da vegetação. Possuindo espessuras diferenciadas de acordo com a vegetação elencada e o carregamento suportável do sistema de apoio;

5 - **Camada separadora Filtrante e/ou de proteção:** é a camada que tem múltiplas funções, podendo ser, às vezes, repetidas entre as camadas, antes e depois dependendo do sistema dimensionado pelas necessidades do projeto. O material mais utilizado é o geotêxtil, que é um composto de fibra sintética, semelhante a um feltro com capacidade de impedir a passagem de partículas finas do substrato que poderiam obstruir e diminuir a capacidade da camada de drenagem e pode servir também como proteção mecânica para camada de impermeabilização. Devem ter resistência à ruptura e à compressão, ser imputrescível, ter estrutura estável, durável e com permeabilidade hídrica de até 10 vezes maior que a do substrato, permitir o crescimento de raízes, não ter incompatibilidade com os materiais aos quais estará em contato (como reações químicas) e ter resistência à microorganismos.

6 - **Camada de vegetação:** é a cobertura vegetal propriamente dita, selecionada de acordo com os objetivos principais do projeto e o clima e as condições onde será aplicada.

O sistema de coberturas verdes é então, um sistema de multicamadas composto por laje suporte, geocomposto com função drenante e filtrante, substrato e vegetação, que apresenta variação no número de camadas, conforme modalidade usada. É uma solução construtiva eficiente, pois apresenta desempenho térmico frente ao calor relativamente superior em relação aos sistemas de coberturas de telhas cerâmicas e de telhas de fibrocimento usuais no país.

Os sistemas podem variar conforme as condições climáticas, a vegetação escolhida e muitos outros fatores. As combinações podem ser específicas para cada caso e o sistema pode ser personalizado. A figura abaixo ilustra um sistema que pode ser aplicado para climas frios com maior isolamento térmico e manta para controle de vapor.

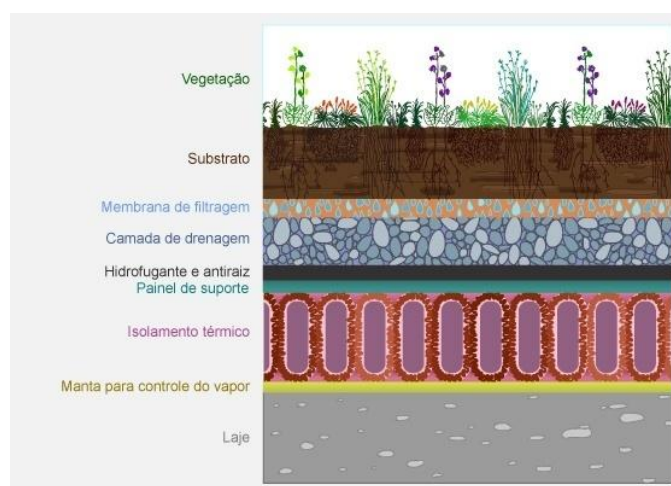


Figura 4 - Esquema de um tipo convencional de cobertura verde, com isolamento.  
Fonte: <<http://amacedofilho.blogspot.com.br/2010/07/telhados-verdes-e-jardins-verticais.html>>. Acesso em 15/04/2012.

Vecchia (2005) apresenta, então, um sistema de cobertura verde com uma redução das camadas. São elas: impermeabilizante, geotêxtil separador, placas compostas por pedregulhos de argila expandida e cimento, geotêxtil separador, substrato (terra comum) e vegetação (gramínea), com bom funcionamento.

Ainda sobre esse sistema ele verificou que se poderia diminuir o peso e a espessura deste, substituindo o drenante composto pelas mantas geotêxteis e as placas de pedregulhos de

argila expandida, pelo MacDrain 2L<sup>23</sup>, que é a manta impermeabilizante e com outro geocomposto, o que tornou o sistema bem leve.

Na figura a seguir podemos ver o esquema desenvolvido e proposto por ele, com as camadas consideradas mínimas para esta composição, destacando-se a substituição das camadas de maior sobrecarga no suporte pelo geotêxtil MacDrain 2L. A redução de carga aumenta a viabilidade de aplicação em maior número de casos. Ele a denominou cobertura verde leve. Como podemos ver o sistema comporta as variações que se fizerem oportunas com bom desempenho, sem comprometer a eficiência e necessariamente incrementar os custos.

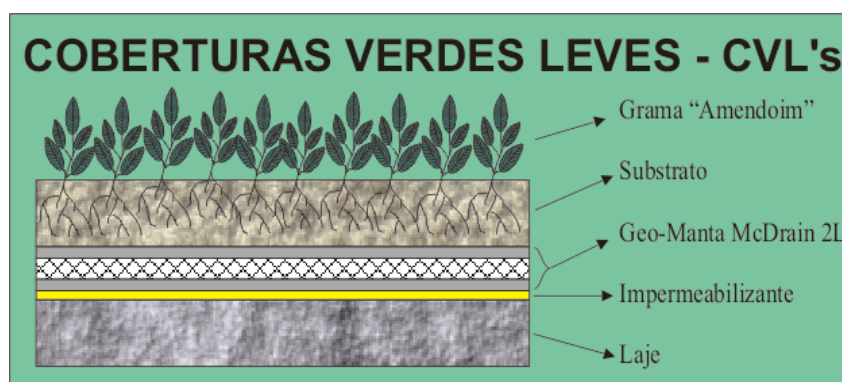


Figura 5: Esquema de cobertura verde leve (CVL).  
Fonte: Vecchia (2005).

### 3.4 TIPOS

Existem basicamente dois tipos de coberturas verdes principais de acordo com a vegetação que se quer utilizar. São os tipos Extensivos e os Intensivos (LIMA, 2009). Mas, segundo Heneine (2008), uma nova divisão está se formando pelo desenvolvimento de novas tecnologias e soluções que são pré-fabricados como os Modulares, Alveolares e Laminares, que normalmente comportam coberturas extensivas, podendo ser desenvolvidos também para as intensivas.

Hoje, outros tipos estão sendo desenvolvidas com espessuras bastante reduzidas com tecnologias de ponta, como, as Mantas Vegetativas Pré-cultivadas, as Mantas de Sedum Xero Flor, as Hydro-Planting e as Plug- Planting. São também do tipo pré-elaborados para

---

<sup>23</sup> Geotêxtil desenvolvido pelo Grupo Industrial Maccaferri para drenagem leve e flexível. Disponível em: <[www.maccaferri.com.br](http://www.maccaferri.com.br)>. Acesso em: 12/02/2012.

aplicação imediata e trazem pequenas variações nos sistemas já citados e vantagens de adicionais (ROLA, 2008).

A IGRA (2012) também faz uma classificação intermediária, são as coberturas semi-intensivas, com características medianeiras em relação às classificações principais, cujos requisitos abordaremos a seguir.

### 3.4.1 Extensivas

As coberturas verdes extensivas são as que utilizam uma vegetação que não requer muitos cuidados constantes após a consolidação da vegetação nem cuidados especiais, com pouca manutenção, além de pouca irrigação. A camada de substrato gira em torno de 10 cm ou menos e a vegetação é normalmente rasteira como aponta Heneine (2008). Mas fornecem ótimas vantagens, como baixo peso estrutural, e custo relativamente baixo, completa Minke (2004).

Por outro lado, Johnnton & Newton citado por Ohnuma Junior (2008) ressaltam que possuem escolha limitada das espécies a serem utilizadas e acesso restrito para opções de recreação e pode-se, então, utilizar uma camada de substrato geralmente menor que 20 cm, mais ainda se caracterizam por possuírem solos rasos.

Segundo a Green Roof Internacional Association (IGRA, 2012), as coberturas extensivas têm a camada de substrato em torno de 10 cm ou menos, já que normalmente utilizam plantas rasteiras como gramíneas e são apropriadas para coberturas com pouca capacidade de suporte de carga e locais que serão utilizados como jardins de coberturas e tráfego somente para manutenção.

De acordo com Silva (2011), as coberturas extensivas têm solos variando de 25 mm a 127 mm de espessura e devem prever cargas que variam de 50 kg/m<sup>2</sup> a 250 kg/m<sup>2</sup> e necessitam de pouca manutenção. Heneine (2008) acrescenta que, esse tipo de cobertura verde é leve e fina comparada com o sistema intensivo e geralmente tem uma aparência mais natural bastante apreciada.

As coberturas com vegetação extensiva também se designam por uma vegetação que cresce naturalmente sem ser plantada especificamente, como ervas silvestres ou prado com um substrato de 3 cm a 15 cm, sem haver necessidade de água nem nutrientes e forma uma camada durável e cerrada com peso menor que 160 kg/m<sup>2</sup>, segundo Minke (2004).

A Green Roof International Association (IGRA, 2012) ressalta que nesse tipo de coberturas os fatores relevantes são o vento, o sol e a seca, que se constituem em fatores

adicionais de estresse para a vegetação devido à camada de substrato ser reduzida, não muito profunda, contendo poucos nutrientes e possuindo pouca capacidade de retenção de água e umidade nesse substrato, como afirma também Minke (2004).

As comunidades mais tolerantes de vegetação serão as encontradas em ambientes de encostas, montanhas secas, semidesertos ou prados secos como: musgos, suculentas, ervas e gramíneas (IGRA, 2012). Ainda segundo Heneine (2008), a família das suculentas crassuláceas (o gênero *Sedum*) suportam bem as condições ambientais extremas por seu metabolismo ácido<sup>24</sup> e se adaptam bem a secas extremas.

Uma cobertura com musgos, suculentas, hera ou grama de diferentes composições, pode sobreviver sem cuidados e são resistentes a seca e a geadas. São plantas de grande poder de regeneração, como as plantas silvestres (MINKE, 2004).

O sistema de coberturas verdes extensivas necessita, conforme Heneine (2008) de: uma camada drenante retentora de água com materiais capazes de criar tal efeito, como materiais pré-fabricados, que seja capaz de eliminar o excesso e manter uma quantidade suficiente para manter umidade para a vegetação. Sobre esta camada deve existir uma capa filtrante, que se não existente na manta drenante, deverá ser adicionada para reter as partículas finas que podem ser lixiadas pela água e prejudicar o sistema de drenagem.

Entretanto Minke (2004) e Rola (2008), nos relatam que o substrato pode ser composto por materiais naturais em proporções calculadas para proporcionar um efeito facilitador da camada de drenagem, assim como a própria camada de drenagem não necessariamente deva ser somente de materiais pré-fabricados para que se obtenha o efeito desejado. O sistema deve ser instalado naturalmente sobre uma superfície estanque.

### 3.4.2 Semiextensivas

Caracteriza-se por situa-se entre os sistemas intensivos e extensivos com custos mais elevados e sobrecargas maiores para esse tipo intermediário em comparação com os sistemas extensivos. Esse sistema requerer, também, maior manutenção e cuidado com a vegetação de maior porte que ele comporta e exige principalmente sobre seu planejamento e execução mais atenção e estudo. Utiliza materiais e insumos em quantidades superiores na composição de

---

<sup>24</sup> Metabolismo ácido é a capacidade das plantas em extrair do ar CO<sub>2</sub> à noite abrindo seus estomas, armazená-lo sob a forma de ácido málico, que são transformadas em glicose durante o dia sob incidência da luz solar. Heneine (2008)

seu substrato com o incremento de espessura. Entretanto, permitem mais possibilidades de designer com maior variedade de gramíneas, perenes e herbáceas e arbustos. A lavanda é uma ótima opção de arbusto resistente, além de belo efeito estético e olfativo agradável. Nesse nível de substrato, os altos arbustos e árvores ainda não aparecem (IGRA, 2012).

Heneine (2008), ainda aponta que esse sistema combinando camadas mais profundas em alguns trechos com maiores herbáceas e materiais de bosque em vasos em lugares estratégicos pode criar jardins contemporâneos muito estéticos e sustentáveis, permitindo, inclusive, ampliar esse conceito utilizando a energia solar e eólica disponíveis em abundância no plano da cobertura.

A variação de espessura pode ser uma alternativa de implantação com sobrecarga controlada somente em alguns trechos que tenham resistência e/ou outros que necessitem de reforços, o que permite assim, a ampliação do atendimento da demanda, principalmente em construções já consolidadas, sob o ponto de vista da avaliação estrutural e sob a ótica paisagística, a maior combinação de vegetação e designers possíveis.

### 3.4.3 Intensivas

As intensivas variam seu substrato entre 200 mm e 400 mm e suportam plantas maiores, até de grande porte, como aponta Nagy *et al.* citado por Ohnuma Junior (2008). Para Silva (2011), têm solo que variando entre de 150 mm a 300 mm, devem prever cargas que variam de 400 kg / m<sup>2</sup> a 750 kg/m<sup>2</sup>, mas requerem maior manutenção e serviço durante o ano. Já Johnnton e Newton (2004) apud (OHNUMA JR., 2008) apresentam como características de coberturas verdes intensivas, os solos profundos, a necessidade de sistema de irrigação e as condições favoráveis de crescimento das plantas. Heneine (2008) acrescenta que formam uma proteção dos edifícios e construções afins por sombreamento e funcionam como um jardim comum.

Esses telhados fornecem um grande atrativo visual, uma reserva de elementos biodiversificados e boas propriedades de insolação. Ressalta-se, entretanto, a necessidade de manutenção intensa, o custo inicial e a especificação técnica quanto ao sistema de drenagem e irrigação, segundo Ohnuma Junior (2008).

De acordo com o IGRA (2012), as coberturas intensivas incluem o cultivo de plantas perenes, lenhosas e trechos gramados. Para esta vegetação de maior porte não é possível as coberturas inclinadas e projeta-se uma camada de substrato de mais 30 cm que deverão ser



abastecidas além de água, com nutrientes. Minke (2004) alerta que isso as torna mais caras com custos especiais, principalmente na manutenção.

Observa-se que não há consenso entre os autores quanto à espessura dos sistemas e estes podem variar de acordo com o entendimento de cada um. Não há limite rígido para estabelecer a espessura ou padronização que fixe as classificações.

Entretanto, a Green Roof International Association (IGRA, 2012), classifica normalmente essa camada de substrato entre 15 a 21 cm, dependendo das necessidades das plantas e o peso dessa capa de vegetação pode ser superior a 120 kg/m<sup>2</sup>, conforme podemos verificar no quadro abaixo:

|            | <b>Extensivo</b>                      | <b>Semi-Intensivo</b>         | <b>Intensivo</b>                              |
|------------|---------------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------------------|
| Manutenção | Baixa                                 | Periodicamente                | Alta                                          |
| Irrigação  | Não                                   | Periodicamente                | Regularmente                                  |
| Vegetação  | Moss-Sedum de<br>Ervas e<br>Gramíneas | Gramma de Ervas<br>e Arbustos | Gramados ou<br>Perenes, Arbustos<br>e Árvores |
| Substrato  | 60 – 200 mm                           | 120 – 250 mm                  | 150 – 400 mm                                  |
| Peso       | 60 - 150 kg/m <sup>2</sup>            | 120 - 200 kg/m <sup>2</sup>   | 180 - 500 kg/m <sup>2</sup>                   |
| Custo      | Baixo                                 | Médio                         | Alto                                          |
| Uso        | Proteção<br>ecológica                 | Designer projetado            | Jardim com<br>permanência                     |

Quadro 1 – Classificação Geral das Coberturas Verdes. Elaborado pela autora. Adaptado.  
Fonte: IGRA, 2012.

#### 3.4.4 Outras classificações

A constante inovação dessa tecnologia vem alterando os sistemas de aplicação e construção que está sendo revolucionado pelas novas modalidades que estão surgindo. Sob esse aspecto outras classificações podem englobar as coberturas verdes, de acordo com a aplicação do sistema, os elementos que os compõem, o sistema de irrigação projetado ou com

a vegetação empregada. Segundo Pereira (2007) citado por Silva (2011), temos a seguinte classificação:

#### 3.4.4.1) Aplicação contínua

A aplicação contínua é mais conhecida, antiga e difundida, onde o substrato é aplicado diretamente sobre a base impermeabilizada com todas outras camadas. Essas camadas se alternam de acordo com a base utilizada e variam com o clima regional. Nos climas frios é acrescentada uma camada de membrana isolante para evitar a condensação de vapor d'água e em climas tropicais, geralmente, somente o impermeabilizante, a drenagem, a filtragem e o substrato.

#### 3.4.4.2) Aplicação de módulos pré-elaborados

Já os módulos pré-elaborados são comercializados por empresas especializadas e podem ser fabricados por materiais reciclados, como fibra de coco, solas de sapatos, garrafas pet e etc., através de pequenos módulos prontos em bandejas rígidas com substrato e vegetação já crescida. Torna-se de fácil manuseio, sendo aplicados por sistema de encaixes, permitindo resultado imediato. Dividem-se em sistemas vegetativos do tipo: A) Modular; B) Alveolar e C) Laminar.

##### A) Modular:

Normalmente empregado para coberturas extensivas, sendo que um sistema intensivo pode ser projetado, mas com exclusividade devido à dimensão de sua complexidade.

Os módulos normais têm 400 x 500 x 50 mm e capacidade de armazenamento de água de 16 l/m<sup>2</sup> com peso saturado de 80 kg/ m<sup>2</sup> (SILVA, 2008). Pode ser usadas em coberturas planas ou inclinadas. Nas versões com reservatório de água garantem até 44 dias sem irrigação no inverno e se a vegetação for de algumas suculentas toleram até 88 dias sem água. Pode haver variação de tamanho e forma de acordo com o fornecedor. Feito de material biodegradável que se dissolve e se incorporam no substrato.<sup>25</sup>

---

<sup>25</sup> Exemplo da montagem de um sistema modular. (D'ELIA, 2011).

Já segundo Gomes *et al.* (2011) e Rola (2008), o sistema que tem patente de telhado verde, pela Ecotelhado (empresa gaúcha) pesa 50 kg/m<sup>2</sup>. Pode ser colocado em qualquer tipo de telhado ou laje impermeabilizada. É um sistema que apresenta espessura variando de 7,5 a 30 cm, composta pelo substrato rígido mais substrato leve e agrega nutrientes essenciais para retenção da água e drenagem do excedente. A vegetação necessita ser composta por plantas adaptadas a solos rasos, resistentes a seca e de baixa manutenção como Sedum e Suculentas, já estão consolidadas prontas para a aplicação, com grande facilidade de transporte <sup>26</sup>.

#### B) Alveolar:

Esse sistema se caracteriza pela presença da membrana alveolar que contém pequenas cavidades, responsável por ótima reserva de água. Permite ser instalado com ou sem substrato, sem vegetação ou pré-vegetado ou ser vegetado no local (GOMES, *et al.*, 2011). Tem a utilização de módulos que podem ter na sua composição resíduos de EVA (etil vinil acetato) moídos e aglutinados com cimento e preenchimento com substrato nutritivo funcionando como um xaxim artificial. Neste sistema são adicionadas três membranas a mais que no modular, são elas: 1ª - antirraízes de polietileno de alta densidade; 2ª - alveolar que retém a água e por baixo forma canais drenantes com 2 cm sob ela; e 3ª - filtrante que retém os nutrientes, reforçando o sistema, segundo Silva (2011).

Além das membranas acrescidas, possui um módulo com função de evitar a erosão e compactação do solo e promove a aeração do substrato. A camada de substrato tem 1 cm ou mais, onde cada 10 litros correspondem a 1 cm de altura. Comportam maior variedade de plantas, inclusive as nativas. O peso saturado deste sistema é de 60 a 80 kg/m<sup>2</sup>, como aponta Silva (2011).

Segundo Feijó (D'ELIA, 2011), a laje se mantém sem umidade graças a um sistema que quando saturado, a planta deixa vaziar o excedente pelas laterais das placas, que possui espaços vazios na parte inferior, conduzindo esse excedente em toda a extensão da laje até o ralo de drenagem, ficando só o restante da água necessário todo retido na parte superior da placa.<sup>27</sup>

---

<sup>26</sup> Ecotelhado. Disponível em: <[www.ecotelhado.com.br](http://www.ecotelhado.com.br)>. Acesso em: 10/03/2012.

<sup>27</sup> Aplicação do Sistema Laminar. Disponível em: <[www.ecotelhado.com.br](http://www.ecotelhado.com.br)>. Acesso em: 10/02/2012.

Ainda segundo Gomes *et al.* (2011), o sistema Alveolar se divide em três tipos: o **Alveolar simples**: que é prático, com excelente custo-benefício, conta com boa reserva de água e se adapta a variadas plantas. Seu peso é de 40 a 80 kg/m<sup>2</sup> e é recomendado fazer irrigação. Possui membrana antirraiz de PEAD de 200 micras, a membrana alveolar com 2 cm, a membrana de retenção de nutrientes, o substrato leve com 1 cm ou mais e a vegetação. Já o **Alveolar Grelhado**: permite maior variedade de plantas, sendo perfeito para coberturas com grama, onde seu peso é de 40 a 80 kg / m<sup>2</sup> e também requer irrigação. Na sua composição adiciona-se a grelha Tridimensional de PEAD para telhados; o **Modular** teria uma perfeita drenagem devido ao seu módulo com peso de 60 a 80 kg / m<sup>2</sup> e permitiria a variedade de vegetação com irrigação recomendada também.

### C) Laminar:

Caracterizado pela utilização de uma lâmina d'água sob um piso elevado feito de módulos de sustentação, garantindo suprimento de água de até 40 l/m<sup>2</sup> e só devem ser usados em telhados completamente planos. Suportam ter vários tipos de forrações e pequenos arbustos. Tem peso total de 120 Kg/m<sup>2</sup>, quando saturado e pode sofrer variações por causa do tamanho da vegetação escolhida, segundo Guimarães (2010) apud Silva (2011). São feitos de material poroso e rígido que retém a umidade e os nutrientes, mas permite a passagem da água que é regulada por um ladrão. Isso mantém a lamina d'água em 4 cm. Um ralo sifonado fica dentro de uma caixa de inspeção para facilitar a manutenção, que deve ocorrer duas vezes ao ano, de acordo com o fabricante <sup>28</sup>.

Esse sistema tem 16 cm de altura. É ideal para gramado, pois mantém a umidade ideal da lamina d'água e permite também a purificação de águas cinza para posterior utilização, segundo Guimarães (2010) apud Silva (2011).

Na estrutura do sistema laminar, os módulos são posicionados sobre a laje impermeabilizada com os vasos para baixo. Eles são cobertos com uma manta que os separa das raízes, sobre a qual se dispõe uma camada de substrato fibroso, onde será plantada a grama.<sup>29</sup>

---

<sup>28</sup> Sistema Laminar. Disponível em: <[www.ecotelhado.com.br](http://www.ecotelhado.com.br)>. Acesso em: 10/03/2012

<sup>29</sup> Esquema de reuso de água do telhado verde. Disponível em: <[www.ecotelhado.com.br](http://www.ecotelhado.com.br)> Acesso em: 10/03/2012.

A Ecotelhado fornece um sistema laminar que forma um ecodreno sob o piso capaz de armazenar 200 l/ m<sup>2</sup> e pode também ser usados em terraços e lajes planas, mas a sobrecarga é de 250 kg/ m<sup>2</sup>, sendo ideal para regiões secas que requerem irrigação mais frequentes. Os drenos são preenchidos com cinasita e o substrato tem 4 cm, é um sistema que tem maior opção de plantio, conforme projeto paisagístico.

#### 3.4.4.3) Cobertura aérea

Existe ainda, o tipo de cobertura verde nomeada aérea, que consiste numa cobertura verde a qual a vegetação não está instalada sobre a laje ou forro da edificação, só faz a cobertura por sombreamento citada por Silva (2011) e (ROLA, 2008). Com características diferenciadas, essa cobertura é recomendada em situações de contextos onde se requer somente alguns dos benefícios das coberturas ou que não tem capacidade de suporte de sobrecarga: como a redução do calor e do nível de ruído sobre a cobertura em dias de chuvas fortes, como barreira de amortecimento do som e melhoria da qualidade do ar, com a vegetação escolhida.

Há a separação da vegetação da sua base, ou melhor, a vegetação precisa também de um suporte que não é um substrato ou solo, e sim uma tela que servirá como base de apoio conjunto para seu crescimento e desenvolvimento. Tem como vantagem a não sobrecarga estrutural e o uso de plantas frutíferas como pepino, maracujá ou trepadeiras. Entretanto, também seu efeito isolante é menor do que nos outros sistemas, já que não possui a camada de substrato sobre a base de suporte e o solo servindo como isolante térmico e antirruídos naturais.

De acordo com Rola (2008), as coberturas verdes podem ainda ser divididas em outra nomenclatura como em sistemas: completo, modular e manta vegetativa pré-cultivada, além de outros sistemas que estão surgindo com a expansão do mercado com alta tecnologia.

O completo e o modular são bastante similares às classificações citadas anteriormente, mas Rola (2008) apresenta uma classificação pela carga superficial, espessura da vegetação, espessura dos sistemas e a manutenção respectiva. As classificações auxiliam na melhor compreensão geral do sistema em foco, conforme mostra o quadro a seguir.

| <b>Características</b> | <b>Extensiva</b>          | <b>Semi-Intensiva</b>          | <b>Intensiva</b>                 |
|------------------------|---------------------------|--------------------------------|----------------------------------|
| Carga superficial      | Até 100 kg/m <sup>2</sup> | De 100 a 700 Kg/m <sup>2</sup> | De 700 a 1.200 kg/m <sup>2</sup> |
| Espessura vegetal      | 5cm < x < 15cm            | 5cm < x < 100cm                | Superior a 250 cm                |
| Espessura de substrato | x < 10 cm                 | 10cm < x < 20 cm               | x>20                             |
| Tipo de vegetação      | Herbáceo extensivo        | Arbustivo                      | Arbóreo                          |
| Manutenção             | Baixa ou nenhuma          | Média                          | Intensa                          |

Quadro 2 - Classificação dos sistemas pela espessura de coberturas verdes.  
Fonte: Adaptado. Rola (2008).

#### 3.4.4.4) As inovações apresentadas são:

##### A) Manta Vegetativa Pré - cultivada:

O sistema da Manta Vegetativa Pré-cultivada é a de menor espessura com 4,5 cm, sendo cultivado fora da área onde será implantado, o que possibilita a sua produção em larga escala. O sistema tem 2,5 cm de substrato e pesa entre 40 e 60 kg/m<sup>2</sup>. Podem ser cultivados no chão, depois são enrolados e transportados com o sistema completo sobre paletes ou por guindaste.<sup>30</sup>

Esses experimentos foram desenvolvidos pelo IASP — Instituto de Projetos Agrários e de Ecologia Urbana da Universidade Humboldt de Berlin, onde foram avaliadas espessuras mínimas para o sistema de Manta Vegetativa Pré-cultivada.

---

<sup>30</sup> Mantas Vegetativas Pré-cultivadas. Disponível em: <[www.toronto.ca/greenroofs/what.htm](http://www.toronto.ca/greenroofs/what.htm)>. Acesso em: 03/05/2012.



Figura 6: Experimento de mantas com espessuras mínimas (5 cm) no IASP/HU- Berlin.  
Fonte: Rola (2008).

#### B) Outros sistemas:

Empresas especializadas em instalar as coberturas verdes começam a surgir com a crescente popularização da aplicação das coberturas verdes nos grandes centros urbanos em todo o mundo, e estes sistemas aqui citados apresentam pequenas variações dos sistemas anteriormente mencionados, porém muito mais ágeis e eficientes na sua instalação em grande escala, tornando-os mais desejáveis em ambientes já construídos, disseminando melhor a práticas das coberturas verdes.

A empresa inglesa “The Bauder Group<sup>40</sup>” é a que melhor representa essa diversidade tecnológica e desenvolve as seguintes técnicas:<sup>31</sup>

##### a) Xero Flor Sedum Blankets (Manta de Sedum Xero Flor)

Desenvolvido pela empresa desde 1997, as mantas Xero Flor possuem o benefício de enverdecimento imediato e é a aproximação mais popular à construção de uma cobertura verde extensiva. Requer pouca manutenção, em longo prazo, que é uma condição prévia para muitos de seus clientes. O sistema Xero Flor tem sido testado desde sua introdução, com mais de 2 milhões de metros quadrados instalados entre Europa e Japão, com ótima aceitação.

---

<sup>31</sup> Disponível em: < <http://www.bauder.co.uk> >. Acesso em: 03/05/2012.

## b) Hydro-Planting

Em grandes áreas de telhado pode ser mais efetivo financeiramente usar este sistema de plantio por jateamento hidratado como uma alternativa para mantas de vegetação. Neste processo, o jateamento lança uma mistura que contém sementes, mudas de planta, palha e fertilizante que é borrifado em um substrato leve de suporte da vida vegetal, para seu desenvolvimento.

## c) Plug-Planting

São potinhos individuais com diversas espécies do gênero *Sedum*, plantadas em um substrato, que em telhados menores dá a possibilidade de escolha tanto de espécies quanto de layout paisagístico. Geralmente, a densidade recomendada é de 15 a 20 plantas por metro quadrado e o período de consolidação da vegetação, após a instalação, é de 12 a 18 meses, requerendo baixa manutenção.

### 3.5 CONSIDERAÇÕES INICIAIS PARA UMA COBERTURA VERDE

A princípio, a implantação de uma cobertura verde, independente do tipo que for, requer procedimentos simples: em uma laje que suporte bem a sobrecarga, basta fazer sua impermeabilização; se for coberta com telhas cerâmicas, estas são retiradas, faz-se uma forração com placas de compensados que sirvam de base e confinamento para a colocação do substrato e vegetação. Serão colocadas mantas onduladas para impedir que o substrato escorra de acordo com a inclinação, mantas de impermeabilização para evitar infiltrações e dutos de irrigação e drenagem. A manutenção pode ser feita uma ou duas vezes ao ano (SILVA, 2011).

A rigor, a instalação do sistema pode exigir a instalação de uma estrutura específica na cobertura da edificação e verificação do suporte da estrutura e reforços, assim como avaliação em todas as outras condições, como caimento, as saídas para os dutos de escoamento, vegetação e outros com acuidade, enfim requer um planejamento e projetos específicos.

Segundo Minke (2004), deve-se partir do objetivo que se quer atingir, do efeito esperado, das exigências a se cumprir para definir a vegetação a ser utilizada, que, segundo o autor, define todo o restante do sistema, como veremos mais adiante. Seja ambientalmente ou pelo comportamento térmico/acústico, seja esteticamente ou economicamente ou até



funcionalmente, explicitando-se o foco ter-se-á um dimensionamento melhor, da camada de substrato, consequentemente da sobrecarga e dos demais fatores.

Não há dúvidas quanto aos benefícios que o sistema pode trazer para o meio ambiente e para a sociedade, mas todas as medidas devem ser tomadas para garantir o bom funcionamento da cobertura nos quesitos principais, como um sistema de drenagem adequado, a impermeabilização correta do suporte e embora o sistema possa ser considerado leve há necessidade verificações estruturais (SILVA, 2011).

Este sistema pode ser multifocado associando características ótimas e as combinações da diversidade de opções de sistemas de cobertura, majorando as chances de sucesso. Minke (2004) aconselha que deve-se analisar conjuntamente quais as funções e qual o desempenho esperado que a cobertura deva cumprir dentro do projetado, como por exemplo:

- O efeito de isolamento térmico esperado;
- O efeito de refrigeração passiva no verão;
- O isolamento acústico;
- Custo de manutenção;
- O aspecto estético desejado;
- A utilização do espaço criado.

A IGRA (2012) considera que, as duas principais opções de utilização das coberturas verdes podem ser como um maravilhoso jardim visitável no terraço com vista agradável, do tipo intensivo ou semi-intensivo ou um habitat sem ser perturbado para flora e fauna dentro dos centros cinzas. Também relata que, as coberturas extensivas com gramíneas ou suculentas não toleram o pisoteio. Ou seja, o uso se dá pela funcionalidade ou questões ambientais, principalmente e ainda reforça que decidir qual a utilização e concentrar-se na sua escolha, além de fundamental, tem que ser considerado já em fase de planejamento e projeto, como já mencionado.

Geralmente são aplicados em telhados praticamente planos com inclinação de 5° para permitir um escoamento não muito rápido da água, sem haver necessidade de cuidados extras. Entretanto se inclinações forem acima de 20°, barreiras e outras estruturas deverão ser providenciadas para deter o fluxo de água (TOMAZ, 2008 apud SILVA, 2011). Já a capacidade de suporte de carga máxima, a manutenção, os substratos e a orçamentação devem corresponder ao tipo desejado de cobertura, como completa Heneine (2008) e fazer parte do planejamento.

Minke (2004) considera que, dependendo do efeito esperado, podemos calcular e escolher as variáveis que queremos para planejar nossa cobertura e os principais fundamentos

para o planejamento de uma cobertura verde vão depender principalmente da densidade de vegetação que se quer e da espessura da cobertura crescida, bem como, também da quantidade de superfície de folhas, ou seja, a vegetação é a determinante para o objetivo específico que se quer para cada projeto.

### 3.5.1 Vegetação

O estudo da vegetação aplicada se desenvolveu muito e nos últimos anos está sendo usada numa nova técnica para limpeza da atmosfera urbana, para redução da poluição do ar, onde a vegetação funciona como filtros biológicos removendo os poluentes prejudiciais à saúde. As pesquisas estão sendo incentivadas por entidades ambientais, é a chamada fitorremediação (HENEINE, 2008).

O quantitativo em m<sup>2</sup> de superfície de folha é um dado que pode facilitar a escolha do efeito desejado, já que define que, por exemplo, para o melhor isolamento térmico durante o inverno é conveniente que se tenha uma vegetação o mais densa possível de gramíneas silvestres e ervas silvestre que também garantirão um efeito melhor para proteção da radiação solar no verão, proporcionando melhores temperaturas internas na construção, como releva Minke (2004). Sendo assim, a escolha da vegetação influencia diretamente nos parâmetros de escolha do sistema, como se pressupõem.

Araújo (2007) apud Silva (2011) considera que se deve dar preferência a plantas locais mais resistentes à chuva, à estiagem e que exijam pouca rega e poda, considerada a questão da manutenção. Plantas de porte baixo e crescimento lento também, pois podem facilitar os serviços de manutenção. Portanto é de grande valor conhecer a natureza biológica da vegetação empregada, para o dimensionamento e funcionamento do sistema.

Na tabela a seguir tem-se o estudo do Laboratório de Investigações para Construções Experimental da Universidade de Kassel na Alemanha (desde 1981), como parâmetro facilitador de análise preliminar em relação ao efeito desejado e a vegetação.

| Vegetação Estudada                     | Sup. de folha c/m <sup>2</sup> de sup. de solo |
|----------------------------------------|------------------------------------------------|
| Gramado: 3 cm                          | 6 m <sup>2</sup>                               |
| 6 cm                                   | 9 m <sup>2</sup>                               |
| Gramma pradaria c/60 cm de comprimento | 225 m <sup>2</sup>                             |
| Cobertura de grama no verão            | Mais de 100 m <sup>2</sup>                     |
| Sedum para 8 cm de altura              | 1 m <sup>2</sup>                               |
| Sedum muito denso para 10 cm de altura | 2,4 m <sup>2</sup>                             |
| Videira silvestre em fachadas:         |                                                |
| 10 cm de espessura                     | 3 m <sup>2</sup>                               |
| 20 cm de espessura                     | 5 m <sup>2</sup>                               |
| Hera em fachada de 25 cm de espessura  | 11,8 m <sup>2</sup>                            |

Quadro 3 - Superfície de Folha de Diferentes Formas de Vegetação.  
Fonte: Elaborado pela autora baseado em Minke (2004).

Como se pode verificar no quadro acima, a utilização do Sedum tem menor efeito ecológico e físico-construtivo, mas tem efeito psicológico grande, pois na época de floração se colore de vários matizes. Entretanto, o Sedum é a vegetação mais indicada para coberturas inclinadas devido a sua alta capacidade de retenção de água e proteção contra erosão, conforme a IGRA (2012) em suas recomendações para coberturas especiais, visto que, quanto maior a inclinação, maior a velocidade de escoamento.

A vegetação tem critérios para sua escolha, cujos elementos principais a serem considerados são segundo Minke (2004):

- 1 - A espessura do substrato e a eficácia do armazenamento de água;
- 2 - A inclinação da cobertura considerando que, quanto maior a inclinação, menor a vocação para o armazenamento de água;
- 3 - Exposição ao vento, considerando a maior ou menor evaporação que ocorrerá;
- 4 - A orientação em relação à exposição ao sol em relação à resistência da vegetação, necessidades de irrigação e etc.;
- 5 - A sombra a que estará sujeita e a necessidade da vegetação em relação ao crescimento e seu desenvolvimento pleno;
- 6 - O volume de precipitação do local.

Rola (2008) considera que no caso brasileiro, a vegetação ainda não apresenta classificações definitivas devido à adaptação técnica e biológica às especificidades da técnica ainda em evolução, mas experiências estão sendo testadas.

Com a aplicação da técnica em ascensão, empresas brasileiras, entre elas o Instituto Cidade Jardim (SP) já elencou algumas espécies. Os tipos de vegetação aplicados são inúmeros, mas existem as que são unanimidade por suas características se adequarem bem a várias funções como: Onze horas (*Portulaca Grandiflora*), Coração-roxo (*Tradescantia Pallida*), Aspargo rabo de gato (*Asparagus Densiflorus*), Margaridão (*Senecio Confusus*). Essas são as mais resistentes ao clima tropical se adaptando bem as coberturas extensivas. Outras espécies que são muito utilizadas são as: cebolinha, louro, magnólia, amor-perfeito, orquídeas e muitas outras (SILVA, 2011).

Das múltiplas escolhas adotadas, a grande maioria está das famílias das crassuláceas às famílias das agaváceas, bromeliáceas e cactáceas entre outras, conhecidas como suculentas - xerófitas. Como melhores características têm: o desenvolvimento rápido, a porcentagem máxima de cobertura da superfície, resistência às condições extremas do meio, crescimento controlado, baixo peso, enraizamento superficial, não alergênicas, baixo risco de incendiarem-se, além de muito estético pela diferenciação de cores e presença de flores, segundo Rola (2008).

Ainda segundo Rola (2008) e reafirmado por Minke (2004) fatores preponderantes se fazem observar para a escolha da vegetação. Estes devem ser a localização da superfície e a das peculiaridades do microclima, além do regime de chuvas e a vegetação que mais se adéqua será a vegetação autóctone. Heneine (2008) completa as recomendações sobre a manutenção que será disponibilizada, os ventos dominantes, a inclinação do telhado e a necessidade de retenção de água pela vegetação.

Dentre as espécies que se adaptam muito bem e foram avaliadas pela sua resistência no cultivo das coberturas verdes temos: o *Reflexum*, *Sedum Album*, *Sedum Album Murale* e *Sedum Sexangulare*. Preferidas de muitas das empresas, as suculentas, na forração são plantas resistentes tanto ao clima seco quanto ao úmido e se adaptam bem ao clima brasileiro, são plantas nativas de climas desérticos e asseguram máxima sustentabilidade.

Uma forração muito empregada é a grama esmeralda (*Zoia japonica*) pelo seu crescimento rápido, mas vai requerer alguma poda e consumo maior de nutrientes, sendo necessário irrigá-la, a cada 20 dias e adubá-la com maior frequência, em relação às suculentas. Porém, esse tipo consta na relação das espécies de fácil manutenção e por isso é muito utilizada entre as gramíneas. Outras gramíneas bastante empregadas são a Grama Amendoim

(*Arachis repens*) e a Grama Preta (*Ophiopogon japonicus*), conforme indica o Instituto Cidade Jardim (2011) apud Silva (2011).

Ainda segundo o referido instituto há mais espécies de plantas de pequeno porte e fácil manutenção como: Estrelinha dourada (*Sedum acre*), Mosquitinho (*Sedum sp*), Bulbine (*Bulbine frutescens*), Lírio ventos brancos (*Zephyrantes Candida*), Capim azul (*Festuca glauca*), Alyssum (*Lobalaria marítima*), Rosinha de sol (*Aptenia cordofolia*), Alho social (*Tulbaghia violacea*) e Russelia (*Russelia equisetiforme*).

Algumas características são descritas abaixo em relação a algumas espécies utilizadas para entendimento quanto à sua aplicação, como por exemplo (GOMES, *et al.*, 2011):

a) A Estrelinha dourada (*Sedum acre*) é uma espécie de suculenta de baixo porte, que armazena água e por isso sobrevive bem em solos rasos, exigindo cuidados mínimos, pois que dispensa a poda e é resistente a períodos de seca, necessitando de pouca irrigação, mas não oferece resistência ao pisoteio;

b) A Echevéria (*Echeveria glauca*) é rústica como toda a família de suculentas, pedindo regas somente em caso de período de seca prolongada e adubação semestral, todavia não resiste ao pisoteio. É também conhecida por carpete-dourado;

c) O Cacto-margarida (*Lampranthus productus*) resiste bem ao frio, é uma planta rasteira que floresce durante a primavera e verão e exige água só nos dias muito secos. Sua adubação também é semestral e como todas as suculentas não resistem bem ao pisoteio.

Quanto aos cuidados com as gramíneas temos que:

a) A Grama Amendoim (*Arachis repens*) proporciona uma forração densa, com floração amarela em boa parte do ano, dispensa podas regulares e suportam bem períodos de seca, porém é prejudicada por geadas. É mais indicada para áreas sem pisoteio;

b) A Grama Esmeralda (*Zoyzia japônica*) é o tipo mais rústico e resiste bem ao pisoteio, mas precisa de rega, quando a chuva não for suficiente e de poda periódica com adubação semestral para mantê-la homogênea e viçosa.

Outros tipos de grama não são muito recomendados por exigir mais irrigação e podas frequentes, assim, as plantas de pequeno porte são as mais indicadas por exigirem manutenção mínima.

As coberturas verdes também podem abrigar hortas com cultivos de legumes e verduras, frutas, ervas finas e temperos, mais exigem também especificações adequadas quanto à espessura de solo, estudo de carga de ventos, variação de temperaturas a que serão expostas, variações de umidade, irrigação e outros fatores, entretanto são possíveis e adotadas por vários restaurantes na Europa e no Canadá.

O Hotel Fairmont Waterfront, por exemplo, em Vancouver na Columbia tem 2100 m<sup>2</sup> de jardim e economiza cerca de U\$ 30 000 (trinta mil dólares) com mais de 60 variedades de ervas e legumes, 18 espécies de frutas e flores comestíveis e mais de 10 tipos diferentes de aves no local. Foi um dos primeiros a ter em sua cobertura verde o cultivo de alimentos a serem servidos no seu restaurante (KLINKENBORG, 2009 apud SILVA, 2011).

Essa possibilidade também existe para geração de renda com o cultivo de plantas ornamentais, além das medicinais, temperos, alimentos e já é realidade em alguns países, como Rússia, Tailândia, Colômbia, Haiti (THOMAZ, 2007) apud (SILVA, 2011). Tem podido proporcionar um novo segmento sócio econômico possibilitando a profissionalização e emprego a muitas pessoas, como ferramenta social em países em desenvolvimento (SILVA, 2011).

Porém, avaliar o nível da poluição da área, quanto a elementos tóxicos e nocivos também é um fator relevante em se tratando de produtos para consumo humano, pois as plantas absorvem facilmente a poluição atmosférica, pois como salienta Rola (2008), o sistema de coberturas verdes vem como uma alternativa real para sanar não só problemas como ilhas de calor, mas também de poluição atmosférica, como foi mencionado anteriormente. Sendo assim, áreas contaminadas por elementos venenosos, não são apropriadas para abrigar coberturas vegetadas por produtos comestíveis para consumo de qualquer população.

### 3.5.2 Inclinação

A inclinação da cobertura é muito importante para a construção e escolha do tipo de vegetação. A inclinação mínima indicada é de 5% para redução de custos, já que com essa inclinação não é necessário executar uma camada de drenagem. Coberturas planas, sem nenhuma inclinação, com espessura pequena de substrato tendem a acumular água, o que é muito prejudicial para a respiração das raízes das plantas, principalmente de grama (MINKE, 2004). Recomenda-se a inclinação mínima de 1% em geral, segundo as normas da ABNT.

A IGRA (2012) alerta que, uma inclinação acima de 10° aumenta as forças de cisalhamento e a camada do subsolo deve ser protegida de erosão e escorregamento.

Ainda segundo Minke (2004), grandes inclinações de 40% (ou 22°) também requerem cuidados especiais que impeçam o solo de deslizar e a camada antirraiz também colabora para aumentar essa derrapagem. Nestes casos, recomenda-se que sejam instalados pilares nas bordas para transferir as cargas de cisalhamento, assim como barreiras de corte e os perfis nos

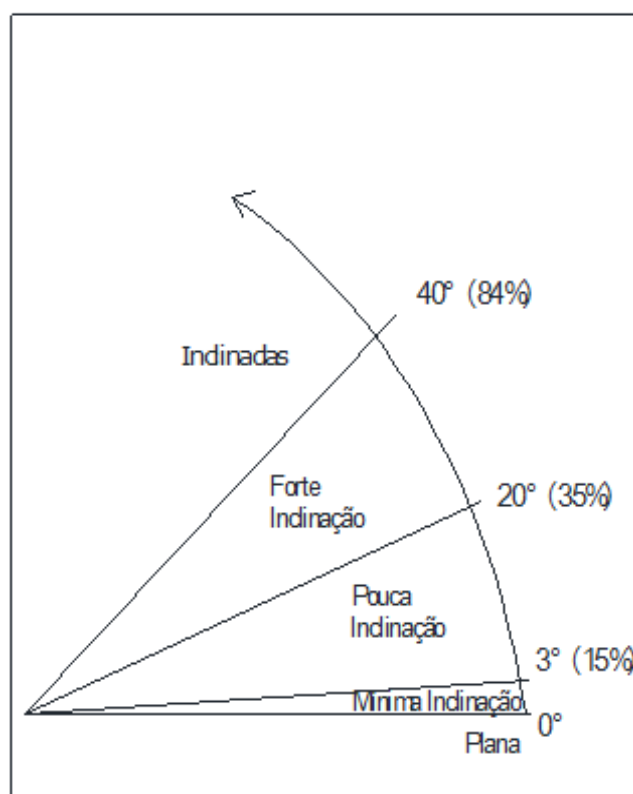
beirais calculados por engenheiros estruturais. O aumento da inclinação pode requerer também elementos de grade de plástico para evitar o deslizamento.

Lichtenberg (2006) cita como uma das desvantagens da cobertura verde, o fato de poder ser a sua aplicação restrita a telhados com inclinação maior que 45%, pois o sistema não funcionaria bem. Há, porém, considerações sobre a inclinação máxima de 35% e que se utilizados travamento e barreiras poderia ir até 75% e pede inclinação mínima de 2%, de acordo com o Catálogo Revestimentos Vivos (2011) apud Silva (2011), não se caracterizando, assim, a inclinação como impedimento para aplicação do sistema.

Algumas outras considerações são importantes como o uso associado de uma vegetação constituída de esteiras pré-cultivadas para permitir uma cobertura rápida e um sistema de irrigação complementar para períodos secos como gotejamento ou sprinklers, pois o *run-off* é muito mais rápido em telhados inclinados (MINKE, 2004).

No quadro abaixo, temos as relações entre a inclinação em porcentagem e graus e vê-se na figura ao lado a classificação das coberturas feita por Minke (2004) como coberturas inclinadas, as com inclinação maior que 84% (40°), as com forte inclinação entre 36% e 84% (20° e 40°), as consideradas com pouca inclinação entre 5% e 36% (3° e 20°) e abaixo de 5% (3°) a 0°, as com inclinação mínima.

| Conversão de Porcentagem p/ Grau e vice-versa |       |       |      |
|-----------------------------------------------|-------|-------|------|
| %                                             | Graus | Graus | %    |
| 5                                             | 2,9   | 3     | 5,2  |
| 10                                            | 5,7   | 5     | 8,8  |
| 15                                            | 8,5   | 10    | 17,6 |
| 20                                            | 11,3  | 15    | 26,8 |
| 30                                            | 16,7  | 20    | 36,4 |
| 40                                            | 21,8  | 25    | 46,6 |
| 50                                            | 26,6  | 30    | 57,7 |
| 60                                            | 31,0  | 35    | 70,0 |
| 80                                            | 38,7  | 40    | 83,9 |
| 100                                           | 45,0  | 45    | 100  |



Quadro 4 - Inclinações x Graus / Classificação das coberturas por sua inclinação: Inclinadas, Forte inclinação, Pouca Inclinação, Mínima Inclinação e Planas.

Fonte: Autora, Adaptado de Minke, 2004.

Mesmo que seja possível construir telhados com 45°, não é recomendado exceder 30° devido à acessibilidade limitada e dificultar a conservação e manutenção, constituindo, assim, grande perigo de queda para os operários, podendo ser instalados pinos e travas de segurança para cinto de segurança e outros equipamentos necessários como prevenção.

### 3.5.3 Drenagem

A capa de drenagem é um elemento importante para assegurar um bom funcionamento para sistema de cobertura verde. Tem como funções principais conduzir a água excedente como também pode ser usada para armazenar água para irrigação das plantas dependendo do projeto e segundo Silva (2011) sua espessura pode variar de 7 a 10 cm.

De acordo com Minke (2004), os materiais mais usados para cumprir essa função podem ser todos os minerais porosos e leves, cascalhos, xisto expandido, pedra pomes, materiais reciclados de escória e ladrilhos. Nesses últimos é indispensável avaliar o sobre peso que podem advir do seu emprego. Para garantir o uso da capa de drenagem como armazenador de água para irrigação, deve-se utilizar de 15 a 25% em volume de materiais de poros abertos. Nesse caso em especial, a argila expandida é uma ótima opção.

Rola (2008) acrescenta que o material mineral, o mais leve possível, deve ser prioritariamente arredondado para não se constituir em risco para a membrana de impermeabilização, com corpúsculos de diâmetro igual ou superior a 10 mm.

Em coberturas com pouca inclinação ou tipo planas deve-se utilizar um elemento adicional para garantir o bom escoamento da água, como uma lâmina de feltro ou tela cobrindo a camada de drenagem, o que impedirá que haja formação de lama no substrato e essa infiltre na camada de drenagem, obstruindo seus poros e comprometendo seu funcionamento (MINKE, 2004).

Nas coberturas com forte inclinação esse efeito não é observado, já que a gravidade favorece muito a função drenagem. Nesse caso, têm-se vantagens adicionais se o substrato se misturar um pouco com a camada de drenagem, pois aumenta a inércia ao deslizamento do substrato e possibilita um solo mais aerado e úmido para as raízes, o que favorecerá a vegetação. Já com a utilização da camada de feltro, podem ocorrer de algumas raízes se desenvolverem na água e outras no seco, o que pode ser fator inibidor de crescimento em especial das gramíneas, como recomenda Minke (2004).



### 3.5.4 Substrato

O substrato é a camada que vai fornecer os nutrientes, servir de suporte para o desenvolvimento da vegetação, como armazenador de água e como ancoragem para as suas raízes. A composição do substrato deverá ser de acordo com as necessidades do desenvolvimento da vegetação escolhida e o controle desejado, assim como a espessura da camada vai obedecer também às condições estruturais e o clima, dependendo da retenção de umidade requerida (MINKE, 2004).

O substrato deve ser uma mistura de elementos orgânicos e inorgânicos bem dosados com capacidade de manter o nível de nutrientes necessários, a umidade ótima e oxigenação por um período de tempo que seja economicamente viável (ROLA, 2008).

Conforme explicita Minke (2004):

“Coberturas verdes extensivas não devem ter substratos que contenham muito húmus, pois aceleram o desenvolvimento da vegetação e pode dificultar a manutenção desta, pois gramas muito altas impedem a penetração dos raios solares na sua parte inferior, o que pode matar a planta por falta de renovação natural da vegetação e favorecer o desenvolvimento de doenças e pragas. Em coberturas gramadas, o substrato não deve ultrapassar de 10 a 20 cm no máximo.”<sup>32</sup>

Os solos utilizados nas coberturas extensivas, normalmente são empobrecidos com areia e em geral devem conter no máximo 20% de argila e húmus com uma granulometria de até 0,06 mm. Também é recomendável que se empobreça o solo com 25% a 75 % em volume de minerais leves com granulometria de 0-16 mm (MINKE, 2004).

Destarte o exposto, Brigadão (1992) apud Rola (2008) diz que as propriedades dos substratos devem conter as características relacionadas: boa capacidade de retenção de água, homogeneidade na mistura, ser isentos de patógenos vegetais e de fitotoxicidade residual, boa capacidade de reumectação e estabilidade na manutenção de suas propriedades. Além disso, devem manter altos: conteúdo de fração mineral, os conteúdos em matéria orgânica de origem natural, a capacidade de intercâmbio catiônico e a estabilidade biológica e também manter em níveis baixos: a taxa de contração, a salinidade, a alcalinidade, a compactação e os conteúdos de cal ativa e componentes de baixa inflamabilidade.

As considerações sobre a estrutura e a impermeabilização serão tratadas especialmente em seções posteriores.

---

<sup>32</sup> Texto em espanhol. TDA.

### 3.6 VANTAGENS E DESVANTAGENS DO SISTEMA

As coberturas verdes apresentam vantagens em várias esferas como a ambiental, a social e a econômica. Estas se entrelaçam tornando sua avaliação mais expressiva e fazendo com que as correlações entre estes aspectos se completem. Tanto podem ser avaliadas em relação às escalas individual, social ou comunitária ou na escala do ecossistema urbano e ambiental, onde todas se interpenetram (ROLA, 2008).

Em geral, mostram-se muito atraentes e de grande aplicabilidade em nosso clima, seja por questões técnicas de arrefecimento dos ambientes, seja pelo nosso regime de chuvas ou por minimizar e dar certo controle as águas superficiais e colaborar na prevenção de desastres por excesso e acúmulo das águas pluviais nos sistemas de drenagem em regimes tropicais ou ainda, por seu grande apelo estético. Na enumeração abaixo, podemos visualizar seus efeitos nestas escalas, a saber:

#### 3.6.1 Estético

São estéticas e podem promover uma solução paisagística inusitada, agradável, de custo financeiro baixo. Suavizam as paisagens dos grandes centros urbanos e se constitui numa importante ferramenta para o aumento das áreas verdes, criando jardins, onde anteriormente não havia mais espaço, o que faz com que tenha abrangência nas áreas de lazer e sociais.

Sua aplicação em superfícies construídas adapta os ambientes construídos ao meio, favorecendo e revitalizando as áreas degradadas, incrementando a capacidade de regeneração do ecossistema urbano de forma adaptativa sustentável diante dos impactos sofridos, revertendo em benefícios tanto estéticos quanto ambientais (ROLA, 2008).

Além de ser extremamente agradável tanto visualmente, quanto a sensação de frescor e bem estar podem ainda reduzir os custos com energia, aumentar significativamente o conforto dos usuários e proporcionar maior qualidade as edificações. É um diferencial que pode gerar status, agregar maior valor ao produto final podendo ser consideradas muito sustentáveis. Reabilitam os edifícios e os espaços dando-lhes novas funções urbanas e ambientais, além de ser uma eficiente possibilidade de regeneração para a atmosfera (SILVA, 2011).

Além do mais, todo e qualquer bom projeto em meio à cidade barulhenta e caótica é uma ilha paradisíaca e enquanto na escala individual promove o distanciamento da poluição

no nível da rua, pode ser sentido no entorno imediato e se público, serve a muitas funções comunitárias para eventos especiais, espaço para encontro e socialização (ROLA, 2008).

### 3.6.2 Psicológicos

Os efeitos psicológicos são uma qualidade intrínseca das coberturas verdes, já que a beleza natural influencia diretamente no estado de ânimo e espiritual humano positivamente, assim como no relaxamento das pessoas. A integração com a paisagem faz com que a edificação se ajuste mais facilmente ao seu entorno, de acordo com Sattler (2002).

A profusão com ervas silvestres pode proporcionar a difusão de aromas agradáveis pelo ar, aumentando o bem estar e saúde das pessoas próximas à cobertura, são tomilhos, lavandas e cravos (IGRA, 2012; MINKE, 2004), funcionando como incensos naturais, por exemplo.

A visão do verde previne estados depressivos e aumenta o rendimento em qualquer atividade. Um gramado ou uma pradaria de ervas silvestres balançando ao vento e os movimentos ondulares que são percebidos oticamente tranquilizam pessoas estressadas e estimulam as cansadas, além de encorajar os que o observam (MINKE, 2004).

O efeito terapêutico é conhecido e considerado e inclui a redução do estresse e da pressão arterial, alívio em tensões musculares e aumento dos sentimentos positivos com maior integração da Natureza ao redor. O benefício de ter vegetação claramente visível, mesmo que inacessível foi constatado por pesquisas realizadas em hospitais, com a simples vista da natureza das janelas dos quartos dos pacientes (HENEINE, 2008).

As coberturas se modificam com as estações do ano, com renovação de sementes que chegam pelo vento ou por pássaros, com a mudança da coloração, com as condições atmosféricas, geadas e secas. Plantas que desaparecem e outras que se renovam, seguindo os movimentos naturais e harmônicos da natureza que nos ajuda a manter nosso equilíbrio saudável (MINKE, 2004).

### 3.6.3 Econômico

Quanto ao aspecto de seu custo financeiro há controvérsias quanto ao seu custo efetivo, que é difícil de aferir, pois normalmente ainda utiliza-se de estruturas feitas de madeira encontradas no próprio terreno, assim como a vegetação, que quando se trata de uma cobertura extensiva, muitas vezes é retirada do próprio local (KREBS, 2005).

Entretanto, sabe-se que se bem executados, tem uma vida útil muito grande e protegem a estrutura da edificação, além de evitar infiltrações e danos às impermeabilizações. Protegem dos intensos raios solares no verão e das retrações no inverno. Sendo muito econômico por aumentar a vida útil da cobertura da edificação em 2 ou 3 vezes, já que reduzem os efeitos danosos dos raios ultravioletas, os extremos de temperatura e os efeitos dos ventos, que desgastam os materiais da construção (SILVA, 2011). Mostram-se muito mais econômicos em longo prazo que os tetos convencionais e conduzem a uma construção mais ecológica e com maior vida útil como um todo (MINKE, 2004).

Além disso, as coberturas verdes são grandes protetoras das membranas impermeáveis em relação aos tetos convencionais, cobertos com telhas cerâmicas, metal, chapas onduladas, betume ou similares que têm sua resistência limitada pela influência do tempo, ou seja, frio, calor, chuvas, raios ultravioletas, vento, ozônio e outros gases que provocam a decomposição química e biológica destes materiais, além de possíveis danos mecânicos. (IGRA 2012).

As coberturas verdes estão protegendo as impermeabilizações tanto dos danos mecânicos quanto dos raios ultravioletas, além de evitar as grandes variações de temperatura que ocorrem ao longo do dia e desgastam os materiais mais rapidamente causando sérios danos às vedações de lajes e sua eficiência (SILVA, 2001; HENEINE, 2008; MINKE, 2004).

Na Alemanha, segundo o Ministério Federal de Ordenamento de Espaços e Construções e Urbanismo, 80% dos tetos planos depois de cinco anos começam apresentar problemas relativos a desgastes provocados pela exposição às intempéries e variações térmicas. A Europa Central registra ao longo do ano variações de até 100° C, num intervalo de -20° C a +80 °C, entretanto, se bem construídos com emendas bem executadas, as coberturas verdes têm vida interminável (MINKE, 2004).

#### 3.6.4 Mão-de-Obra

Geralmente são de fácil trabalhabilidade e podem ser executadas sob a orientação de alguém que conheça a técnica sem maiores problemas. A mão-de-obra empregada, nem sempre é especializada e pode-se utilizar mutirões comumente em coberturas simples (LEGEN, 1997). No Brasil, a aplicação deste tipo de coberturas ainda é recente, mas firmas especializadas estão surgindo. Entretanto ainda é cedo para sabermos com maior precisão o valor requerido na contabilização de custo (KREBS, 2005).

Na variedade das pré-elaboradas, a colocação é simples e realizada pelas próprias empresas que dispõe de sua mão-de-obra treinada. Um nicho no mercado está se formando

com a preparação de mão-de-obra para aplicação do sistema, já criando emprego e renda em alguns países (ROLA, 2008).

### 3.6.5 Filtragem

A grande concentração de edifícios e o trânsito veicular tornam a vida nas cidades menos saudável. Os automóveis e a calefação consomem o escasso oxigênio e produzem substâncias nocivas em abundância (MINKE, 2004).

As coberturas verdes filtram as partículas de poeira e sujeira e absorvem as partículas nocivas que se apresentam em forma de gás, aerossóis e metais pesados como: chumbo, através de seu efeito filtro. Promovem a remoção do nitrogênio contido na água precipitada e neutralizam o efeito da chuva ácida e ainda reduz o impacto do dióxido de carbono (ROLA, 2008). Podem reduzir a emissão de NO<sub>x</sub> e SO<sub>2</sub> por redução na demanda de energia (LICHTENBERG, 2005) favorecendo a manutenção do ciclo oxigênio-gás carbônico que é essencial à renovação do ar atmosférico (SILVA, 2011).

As coberturas verdes promovem a limpeza do ar, pois as partículas de sujeira são retidas nelas, aderidas na superfície das folhas. Em ambientes não vegetados, as partículas de poeira e sujeiras são depositadas nas ruas, pátios, praças, posteriormente são impulsionadas para atmosfera e formam camadas de gases, fumaça e sujeiras sobre as áreas residenciais. Já as que ficam retidas nas folhas voltam ao solo pelas chuvas (MINKE, 2004).

A poluição atmosférica, pelo acréscimo das concentrações de substâncias nocivas originada pelo desenvolvimento urbano-industrial, é responsável pela redução da produção agrícola, de danos florestais, da degradação das construções e obras de arte (SILVA, 2011) e tem sido ligada ao aumento de doenças respiratórias, dificuldades de respirar e alergias, pois os metais pesados de emissões em veículos, principalmente os a diesel e fábricas são tóxicos mesmo em baixas concentrações (HENEINE, 2008).

A fitorremediação é a nova aplicação que se tem utilizado da vegetação como filtros biológicos para remover as impurezas do ar atmosférico, nos últimos anos (HENEINE, 2008), o que se pode chamar de mais um caso de biomimetismo.

### 3.6.6 Impermeabilização de superfícies

As grandes quantidades de superfícies de concreto e asfalto provocam um superaquecimento da atmosfera nas zonas urbanas e a sujeira e partículas de substâncias

nocivas que se depositam no solo sobem em redemoinhos pelo calor gerado e espalham pela cidade inteira (MINKE, 2004). As coberturas verdes também diminuem as superfícies pavimentadas e produzem oxigênio, como também absorvem gás carbônico.

A impermeabilização das superfícies faz com que 75% das águas precipitadas nas áreas urbanizadas sejam perdidas para o sistema de drenagem que é projetado para remover rapidamente a maior quantidade de água possível, enquanto nas áreas de floresta essa porcentagem é de apenas 5%. Em áreas densamente construídas provoca a rápida inundação dos rios, que atingem seus níveis superiores à capacidade da bacia do rio e provocam enchentes, levando os detritos, assoreando os leitos e degradando a qualidade das águas (HENEINE, 2008).

As coberturas verdes podem ser consideradas um fator determinante para reduzir inundações urbanas, principalmente quando aplicados em escala maiores como em shoppings, estacionamentos, escolas e condomínios. Isso foi verificado por Almeida Neto *et al.* (2005) apud Ohnuma Junior (2008), ao estudar os impactos causados pelas coberturas tradicionais, pois além de gerar melhores condições térmicas na edificação apresentam capacidade muito superior de absorção de água pluvial.

Segundo Köhler *et al.* citado por Ohnuma Junior (2008), 75% das chuvas precipitadas em picos de drenagem, são capazes de ficar retidas no substrato vegetal das coberturas verdes. Ressaltam, entretanto, a importância da seleção das espécies, para garantir a durabilidade da vegetação. As cactáceas e suculentas são as mais recomendadas e resistentes em época de estiagens.

Cunha (apud OHNUMA JUNIOR, 2008) concluiu que as coberturas verdes podem acumular 14 mm a mais que os telhados com telhas convencionais, a partir de um experimento hidrológico. Implantar coberturas verdes gera benefícios em vários níveis, inclusive serve de captação de água para cisternas, com aproveitamento de águas pluviais.

O estudo das coberturas verdes para cálculo das condições de escoamento deve levar em consideração o tipo de solo utilizado a fim de estimar o volume de vazios, a capacidade de armazenamento máximo e o peso máximo do substrato, para fins de cálculo da estrutura do carregamento que deverá ser suportado. A porosidade do solo sugerida por Kocomann *et al.* (1999) citado em Ohnuma Junior. (2008) é entre 48% e 58%.

### 3.6.7 Redemoinhos

Numa grande superfície coberta de 100 m<sup>2</sup>, os redemoinhos por chegar à velocidade de 0,5 m/seg e a qualidade do ar pode ser muito alterada por esse fenômeno. A temperatura em um teto plano pode chegar numa temperatura de ar de 25° C e se este for isolado termicamente com cascalhos e sem proteção de plantas chega a 60°C ou até no extremo de 80°C, na Europa Central. Isto produz um movimento de ar ascendente, formando estes redemoinhos (MINKE, 2004).

Nas coberturas verdes como a temperatura na camada interior da grama é sempre inferior à temperatura do ar sob o sol, não há formação de térmicas e de redemoinhos, reduzindo em grandes proporções esses movimentos de ar. Este fenômeno é menos incidente nos trópicos, mas com o aumento da temperatura global, podem se tornar mais frequentes. Seu maior efeito nocivo é espalhar os detritos e a poluição atmosfera por uma grande área em seu entorno.

### 3.6.8 Microclima

Tem grande influência no microclima, pois no verão, as temperaturas do ar à noite nos centros das grandes cidades, podem atingir 4 a 11°C mais altos que nos subúrbios, já em trechos ajardinados, isto não ocorre, pois não há formação de térmica e a temperatura do ar é permanentemente inferior no colchão de grama. Amenizam também, as variações de umidade do ar, além das variações de temperatura entre o dia e a noite, evitando o aquecimento dos tetos e a formação dos redemoinhos de poeiras (MINKE, 2004).

Minke (2004) relata como o processo de refrigeração do ambiente se dá na vegetação, como se expõe a seguir. A regulação da temperatura se dá por meio da evaporação de água, da fotossíntese e da capacidade de armazenar calor em sua própria água, calor este que a planta extrai do ambiente. Esse efeito é mais perceptível nos dias de verão, pois ela pode processar 90 % da energia consumida. Com a evaporação de um litro de água são consumidos quase 2,2 MJ ou 530 Kcal de energia. A condensação de vapor passa a formar nuvens, onde a mesma quantidade de energia calórica é liberada novamente. O mesmo acontece à noite quando se condensa a umidade das plantas. A formação de orvalho nas fachadas e tetos verdes traz acoplada uma recuperação de calor e a condensação o libera novamente. Isto traz a regulação e as oscilações de temperatura, ainda aprofunda Minke (2004).

Portanto, as plantas podem através da evaporação e da condensação de água reduzirem as oscilações da temperatura. Esse processo se fortalece ainda mais pela grande capacidade de armazenamento de calor no substrato, assim como pela fotossíntese pela energia consumida para formar uma molécula de glicose, conclui Minke (2004).

O autor ainda explana que pela fotossíntese, a produção de oxigênio sequestra  $\text{CO}_2$  do ar e libera  $\text{O}_2$  e para a formação de uma molécula de glicose são consumidas 6 moléculas de  $\text{CO}_2$  e 6 de água e mais o consumo de 2,83 kJ, o que sequestra uma boa quantidade de calor do ambiente. Ademais, existindo um equilíbrio entre o crescimento das plantas e morte de partes delas, sempre se extrairá o  $\text{CO}_2$  do ar e será armazenado nelas.

As coberturas verdes auxiliam também na regulação da umidade do ar. No verão evaporam em grande quantidade, aumentando-a e podem também diminuí-la com a formação do orvalho que volta ao solo em forma de gotas de água, conforme explica Minke (2004).

Jardins de frente e pátios ajardinados e sobre tudo tetos e fachadas verdes poderiam melhorar decididamente o clima poluído das cidades. O ar se purificaria, se reduziriam os redemoinhos de poeira, as variações de temperatura e a porcentagens de umidade diminuiriam (KREBS, 2005; LICHTENBERG, 2006; ROLA, 2008).

Para um clima urbano saudável, provavelmente seria suficiente ajardinar entre 10 e 20% de todas as superfícies cobertas da cidade, já que um teto de grama pode ter de 5 a 10 vezes mais superfície de folhas que a mesma área em um parque aberto, se tiver de 10 a 20 cm de altura de vegetação e aproximadamente 15 cm de substrato, conforme aponta Minke (2004). O autor afirma também que, nos bairros centrais das grandes cidades 1/3 da superfície é edificada, 1/3 corresponde a ruas e praças e 1/3 de superfícies verdes sem pavimentar, se 1/5 fosse de grama, a superfície de folhas na cidade duplicaria.

Diante do exposto acima, constatamos o efeito da vegetação nas áreas urbanas e como ela pode reduzir as “ilhas de calor” provocadas pela absorção e refletância da radiação solar nas edificações com o uso de materiais cimentícios e cerâmicos devido às propriedades de absorção destes materiais e a reemissão desta radiação como ondas de calor tornando as cidades mais quentes, conforme Piergili (2007) citado por Silva (2011).

### 3.6.9 Infraestrutura urbana

Do ponto de vista urbanístico temos um efeito benéfico para o planejamento de estruturas e infraestruturas, que são dimensionados com majoração sendo calculados para a demanda de vazão máxima e nas condições mais desfavoráveis. Para absorver a chuva e



aliviar o sistema de captação de águas pluviais, são, normalmente, projetados superdimensionados, já que a tubulação/canalização trabalha considerando a seção máxima, somente meia seção do diâmetro projetado.

Uma propriedade muito útil em cidades onde existe o perigo de inundação depois de chuvas torrenciais, é que uma cobertura verde pode armazenar 90 mm de água, isto é, 90 litros de água por m<sup>2</sup>, segundo Dürr (apud MINKE, 2004).

De acordo com a norma alemã DIN 1986, o coeficiente de deságue de águas pluviais em coberturas verdes com 10 cm de espessura é de 30%, retendo 70% da água ou ela se evapora. Já tetos comuns com inclinação de menos de 3° têm um deságue de 100% (MINKE, 2004).

Na Universidade de Kussel, uma cobertura verde com 14 cm de substrato e inclinação de 12°, depois de uma chuva de 18 horas teve um atraso de 12 horas para o deságue, que só terminou 21 horas depois da chuva e sendo somente de 28,5% (KATZSCHNER, 1991) apud Minke (2004).

Essas investigações mostram o efeito de retardo que as coberturas verdes têm e que aliviam consideravelmente as redes de esgotos, o que geraria uma economia muito grande no seu redimensionamento. Além da redução de custos no planejamento das redes de captação, aumentariam em muito a segurança quanto a inundações das vias e redes de água e esgoto.

Assim, de acordo com Minke (2004), em sistemas de captação independentes para águas pluviais e esgotos, as de águas pluviais poderiam até ser suprimidas, pois o solo absorveria a pequena quantidade restante.

No cenário atual, poderia aumentar o controle e a preservação dos recursos hídricos e segundo Souza (2002) citado por Ohnuma Junior (2008), essas técnicas não são consideradas inovadoras pelo fato de serem novas ou modernas e sim pelo fato de proporcionar uma ferramenta poderosa de controle dos recursos hídricos, partindo da premissa ambiental de drenagem e não mais da higienista e ao princípio “tudo na rede”, se tornando uma medida compensatória no espaço que é densamente urbanizado, reduzindo a poluição, a sobrecarga de galerias pluviais e de esgotos, ocasionadas por tempestades.

#### 3.6.10 Ecossistema e integração com o entorno

Ampliando os benefícios numa maior escala, a aplicação das coberturas verdes cria uma maior integração da edificação com a paisagem, pois se ajusta mais facilmente ao entorno, principalmente se o teto chega ao nível do jardim e a vegetação subir diretamente

deste para o teto (KREBS, 2005). Não menos relevante temos as ervas silvestres, com as quais, cobrindo a cobertura geram aromas agradáveis, além de todo tipo de vegetação que possa ser empregada, que atraem e alojam os insetos como mariposas, abelhas, borboletas e besouros variados. Diminuem, desta forma, as cicatrizes e interrupções dos ecossistemas criados pela implantação das edificações e promovem melhor balanceamento na inter-relação existente, favorecendo a manutenção dos ecossistemas remanescentes, seja da flora ou da fauna.

Assim, as coberturas verdes são espaços vitais que auxiliam na continuidade e permanência da natureza nas áreas densamente urbanizadas reduzindo os desequilíbrios existentes (HENEINE, 2008).

#### 3.6.11 Isolamento Acústico

Como vantagem adicional, existe também um isolamento acústico provocado pela camada de vegetação, pois as plantas reduzem o ruído mediante a absorção da energia sonora em energia de movimento e calórica, reflexão e deflexão ou dispersão. Segundo Robinet (1972) apud Minke (2004), um tapete forrado com feltro absorve menos que a grama, pelos resultados conseguidos num laboratório suíço.

A absorção acústica para uma incidência vertical é insignificante pela camada de plantas, mas para uma camada de solo de 12 cm é de 40 dB, para uma de 16 cm é de 46 dB. Em medições em um hospital na Alemanha – Karlsruhe, mostrou-se que a absorção e reflexão são diminuídas de 2 a 3 dB e as frequências altas são mais bem absorvidas ainda, segundo estudo relatado por Minke (2004).

#### 3.6.12 Proteção contra incêndio

Em climas secos ou muito áridos, em situações de uma estiagem prolongada ou edificações sujeitas à grande exposição à radiação solar intensa, outra característica importante das coberturas verdes é a proteção natural contra incêndio, considerada ideal inclusive para coberturas propensas a incendiar-se, segundo Rola (2008). Na Alemanha são consideradas incombustíveis e recomendadas em situações de qualquer risco de incêndio involuntário, de acordo com Minke (2004).

Conhecer o comportamento térmico da edificação frente às condições impostas pelo ambiente externo pode ser interessante, uma vez que o custo para corrigir o problema quanto

à combustão a que uma edificação está sujeita, ainda na fase de projeto é muito menor do que na fase de construção ou na fase de utilização da edificação.

### 3.6.13 Comportamento térmico proporcionado pelas coberturas verdes

Revela Minke (2004) que as coberturas verdes têm ainda um alto efeito de isolamento térmico devido ao colchão de ar que está encerrado nela e que forma uma camada isolante, sendo este considerado o maior atrativo do sistema. Há a reflexão de uma parte da radiação solar de ondas largas e outra parte que é absorvida pela vegetação e não se dispersam no ambiente, que é outro fator importante.

A perda de calor do substrato por movimento de ar é zero, pois a camada de vegetação impede que o vento chegue ao substrato. Em edifícios velhos e isolados sem proteção térmica melhorada, a perda de calor por convecção pode ser maior que 50 %, entretanto uma camada densa de plantas alcançaria uma economia eficaz de energia para calefação, de acordo com Minke (2004).

Minke (2004) revela o mecanismo e demonstra as trocas térmicas que acontecem no ciclo de evaporação da água, seu retorno e o consumo de energia do ambiente:

“Outro fator que favorece o efeito de isolamento térmico da camada com cobertura vegetal é quando a temperatura externa é menor que a interna, pela manhã cedo, assim o interior perde calor para o ambiente com a formação da camada de orvalho na vegetação. Essa condensação de água libera 530 calorias de energia térmica e a perda de calor transmitida se reduz novamente. Em climas frios se produz mais um adicional, quando a terra se congela, pois um grama de água ao se transformar em gelo libera 80 calorias aproximadamente, sem que a temperatura se abaixe.”<sup>33</sup>

E conclui nas amplitudes térmicas que numa temperatura interior de + 20° C e exterior de – 20° C e a temperatura da terra a 0° C diminui a transmissão de calor pelo teto em 50%, isto é dobra o isolamento térmico em relação a um teto sem vegetação e quando o gelo derrete consome 80cal/g para se transformar em água novamente e esta é extraída do ar por efeito de economia latente é um ganho de calor para a cobertura verde. A água acumulada nos substratos permite consumir parte da energia do ambiente a partir da evapotranspiração.

A proteção térmica no verão em climas quentes também é substancial. Com a intensa radiação solar, o efeito de resfriamento é mais notório que o isolamento térmico no inverno e

---

<sup>33</sup> Texto em espanhol. TDA.

não menos útil nesses climas. A energia solar é amplamente utilizada na evaporação da água, na reflexão e na fotossíntese, além da vegetação não permitir que essa radiação atinja diretamente o solo.

Ainda é pouco difundido no Brasil esse sistema de cobertura, mas as pesquisas se justificam, pois o uso de condicionadores de ar e sistemas de calefação podem ter um custo significativo nas edificações. O conforto térmico é o comportamento mais valorizado ou pesquisado diante dos efeitos da urbanização, dentre os diferentes benefícios gerados pelas coberturas verdes. Podem melhorar a eficiência energética e colaborar para facilitar a diminuição das ilhas de calor.

A eficiência das coberturas verdes difere drasticamente dos telhados de concreto, telhas cerâmicas, metálicas ou fibro-cimento, pois essas coberturas acumulam o calor que é irradiado neles e o transferem para dentro do ambiente, já a cobertura verde dissipa essa energia pela evaporação e pela fotossíntese, não restando muito calor a ser transferido para o interior da edificação (LIMA, 2009).

Segundo Spangenberg (D'ELIA, 2009), esses são principais benefícios da vegetação em climas quentes: os de reduzir a radiação solar e de diminuir a temperatura do ar devido ao sombreamento e evapotranspiração, que se aplica da mesma forma nos solos vegetados artificialmente, como as coberturas verdes. E temperaturas baixas são essenciais tanto para melhorar as condições de conforto térmico como para limitar o uso de energia para resfriamento (SILVA, 2011).

Com base nos resultados realizados na cidade de Veitshöchheim na Alemanha, Kolb (2003) apud Ohnuma Junior (2008) comprovou que as coberturas verdes são capazes de reduzir significativamente a demanda por refrigeração, quando comparados com os telhados convencionais sem cobertura verde. A amplitude térmica pode ser reduzida de 60% a 90% com vegetação de gramíneas e arbustos pequenos. Em temperaturas de até 30° C, o autor verificou que a vegetação na laje pode determinar a diminuição de diversos graus nas temperaturas de pico, em função da densidade e da altura das plantas.

Sendo o principal elemento exposto da edificação, as coberturas têm o processo de trocas térmicas intensificado. Estando submetidas aos efeitos dos climas com as radiações solares mais intensas, as perdas de calor à noite, as chuvas e aos ventos é a parte da edificação que mais sofre (GIVONI, 1976 apud SILVA, 2011). Os materiais de construção usados normalmente armazenam radiação solar e reemitem essa radiação na forma de calor, o que pode tornar as cidades até 17° C mais quentes. O acúmulo desse calor no período diurno pelas

propriedades de absorção compromete a durabilidade provocando desgaste extra aos mesmos e reduzindo a vida útil da edificação (PIERGILI, 2007 apud SILVA, 2011).

O comportamento térmico sobre as estruturas com cobertura verde, analisado por Kolb citado por Ohnuma Junior (2008) é mostrado na figura a seguir:

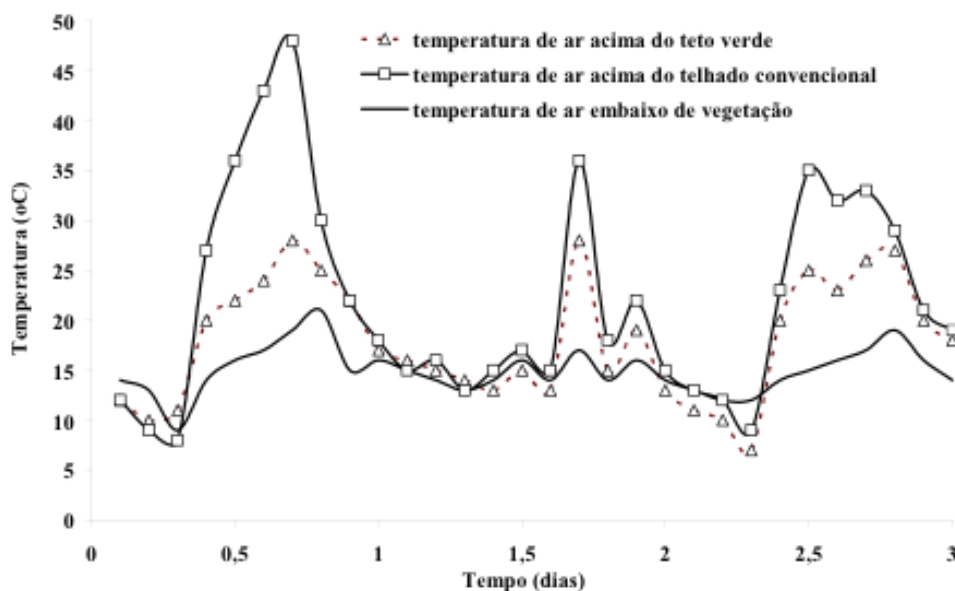


Figura 7 - O comportamento térmico das coberturas verdes x coberturas tradicionais.  
Fonte: Kolb(2003) adaptado Ohnuma Junior (2008)

O autor avaliou também o aquecimento e a refrigeração sob vegetação de arbustos sobre um telhado convencional e Lima (2005) apud Ohnuma Junior (2008) confirma a melhoria na temperatura interna da edificação a partir do uso de coberturas verdes ou CVLs.

Lima (apud OHNUMA JUNIOR, 2008) verificou que a temperatura no interior de um ambiente durante um dia completo por volta das 10hs da manhã, a temperatura interna, devido ao uso de coberturas verdes, é superior à de outros tipos de telhado. Depois deste horário até por volta de 21 hs, a temperatura da edificação é inferior em quase 3 graus, quando comparada com a temperatura gerada pelas telhas de material reciclado.

Os resultados desse estudo são mostrados abaixo:

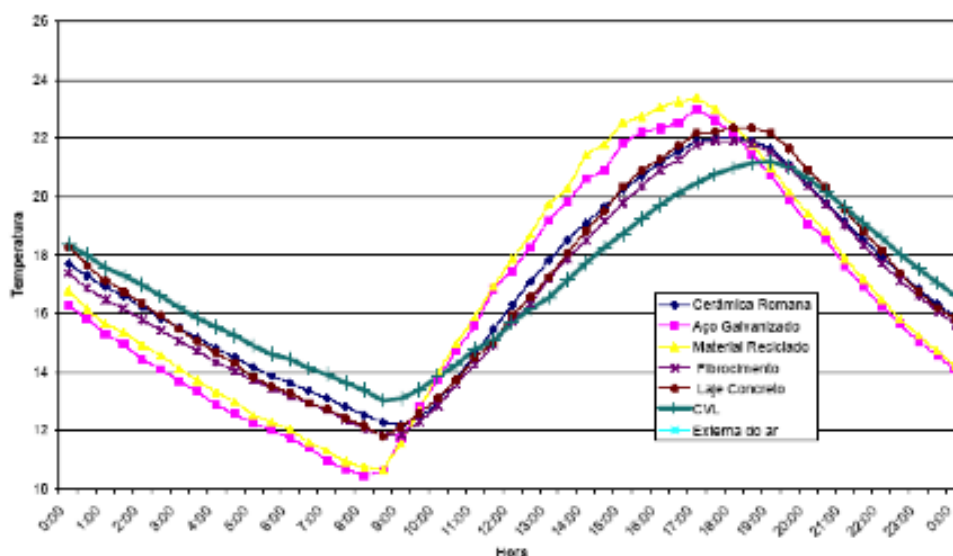


Figura 8 - Temperatura interna gerada pelas coberturas tradicionais (cerâmica, aço galvanizado, material reciclado, fibrocimento, laje concreto e cvl).  
Fonte: Lima (2005) adaptado Ohnuma Jr (2008)

Ao avaliar termicamente os efeitos do uso de coberturas verdes, Lopes (2006) apud Ohnuma Junior (2008), observou que a temperatura interna em células teste era aproximadamente 7 °C inferiores à temperatura do ar externo, caracterizando um relativo amortecimento térmico gerado pela estrutura.

Porshe & Köhler citados por Ohnuma Junior (2008) acrescentam que outros fatores contribuem para a manutenção térmica, como a velocidade do vento, fluxo de água de drenagem sobre as coberturas verdes e outros. Os fatores de transferência de calor e de convecção podem influenciar na proteção térmica.

### 3.6.14 Manutenção

A manutenção vai variar de acordo com o sistema escolhido. Pode ser como a manutenção de um jardim comum, quando usamos o sistema intensivo, dependendo também das espécies escolhidas, como pode ser praticamente nenhuma ou muito pouca nas coberturas extensivas com suculentas, ervas silvestre ou gramínea. Nos sistemas com irrigação também é reduzida. Pode-se tornar um aspecto desvantajoso, se não for bem elaborado.

Segundo Silva (2011, p. 47), a questão da manutenção remete ao planejamento detalhado dos tipos a serem cultivados, a melhor forma de impermeabilização, a vazão para escoamento das águas e a partir daí - a definição da manutenção: “Mais difícil que fazer um jardim, é conseguir mantê-lo.”

### 3.7 DESVANTAGENS

As coberturas verdes apresentam desvantagens que inicialmente demonstram a falta de conhecimento das características do sistema e o entendimento parcial de suas aplicações, bem como, a falta de treinamento e capacitação adequada para sua execução, como é comum na introdução de uma tecnologia pouco usual no mercado.

Como todos os sistemas usados na construção civil demandam estudo, planejamento e a prática para o aprendizado e consolidação de sua execução para se obter os resultados projetados, assim como a disponibilidade e facilidade de obtenção dos insumos necessários à sua execução, a preços competitivos e não proibitivos, para sua boa aceitação.

A falta de rigor climático nos trópicos, a oferta ainda suficiente de recursos outros, aqui no Brasil, podem ser fatores que inibam a escolha direcionada às coberturas verdes e não favoreçam a desenvoltura na adoção desta técnica como elemento arquitetônico nas construções em geral e o desenvolvimento de uma cultura mais sustentável no país.

Como desvantagens também se podem citar: a manutenção mais sistemática ou planejada por se tratar de um sistema vivo, poucos estudos sobre o comportamento e consolidação de conhecimentos que permitam as escolhas e adequação dos sistemas já desenvolvidos às necessidades locais, assim como o gerenciamento dos problemas decorrentes na aplicação e na pós-execução durante seu funcionamento e vida útil e o conhecimento aprofundado da vegetação autóctone e alóctone adequada a cada tipo de objetivo projetado.

Há também, a necessidade de estudos e pesquisas no âmbito econômico que permitam as análises financeiras, do custo e dos benefícios, assim como avaliações a curto, médio e longo prazo do sistema adaptado aqui nas nossas variações climáticas, sociais e econômicas, para que se inicie uma cultura favorável ao emprego da técnica.

Sobre a manutenção os aspectos relacionados são ter altos custos envolvidos, caso não seja bem estudada em todos os âmbitos de adequação à cobertura, controle de pragas e biodiversidade indesejada ou crescimento descontrolado da vegetação, controle de ervas daninhas e a manutenção viçosa da vegetação (SILVA, 2008; ROLA 2008). Esse aspecto preocupa a maioria dos clientes na escala habitacional e faz com que muitos desistam da opção, pois poderá ser uma preocupação durante a vida útil da cobertura.

Em escala urbana, a manutenção é considerada um item ou oneroso ou delicado (tornando-se perene) ou ainda pouco prático na resolução de problemas sociais, onde o fluxo financeiro não seja contínuo ou extinga-se, por exigir manutenção vitalícia ou perecer.

O carregamento da estrutura de suporte encarecendo a instalação do sistema se constitui outro fator de inibição à aplicação da técnica, por parte dos profissionais da área com conhecimento insuficiente da nova tecnologia, o que faz que mesmo estando elencado no projeto arquitetônico, não queiram assumir a responsabilidade técnica e a garantia dos serviços e desaconselham aos clientes, sugerindo a prática do convencional.

Mesmo as coberturas de menor espessura com carregamentos menores e com maior aplicação, que não causam maiores implicações nas estruturas tem como limitação, as restrições de não serem próprias para uso como área de lazer e outros usos desejados (GOMES *et al.*, 2011; ROLA, 2008).

A técnica requer projetos específicos com cuidado apurado para escolha e aplicação da impermeabilização por firma especializada com realização de detalhamento de execução, para perfeito funcionamento do sistema, assim como projeto de drenagem (HENEINE, 2008; MINKE, 2004), fato que pode incrementar o custo inicial e fomentar insegurança nos clientes, dúvidas e receios dificultando, a disseminação da técnica.

A falta de sistematização para adaptação do sistema em telhados já existentes, cobertos de telhas, metal, fibrovegetativo e outros, causam dificuldades para implantação em obras individuais em maior escala, nas obras de cunho social e de custo reduzido. A sistematização pode trazer maior garantia para execução e para executores e clientes, mudando a cultura vigente e disseminando melhor a técnica (ROLA, 2008).

Os materiais de alto desempenho, como mantas drenantes, filtrantes, impermeabilizantes usados nas coberturas podem ser de alto custo se importados e não ter disponibilidade de similar nacional (ROLA, 2008), o que dificulta as opções de materiais disponíveis e a técnica de execução;

Somente com o desenvolvimento tecnológico avançando, mais atual, que produtos com menor espessura e maior praticidade começaram a ser lançados no mercado, mas isso impediu a aplicação da técnica em larga escala e em edificações antigas (HENEINE, 2008; ROLA, 2008), o que retardou a mudança de paradigmas culturais e ampliação da implantação das coberturas se tornarem vegetadas há mais tempo, possibilitando o desenvolvimento da técnica em muitas frentes, inclusive nas áreas densamente construídas e consolidadas.

A seguir abordaremos os pontos que consideramos serem os pontos onde se encontram as maiores dúvidas e receios dos profissionais da área, construtores e clientes em geral para maior elucidação e avanço na aplicação do sistema de coberturas verdes.



## 4 FRAGILIDADES E PONTOS CRÍTICOS

### 4.1 ESTRUTURA

As coberturas verdes podem ser executadas em diferentes tipos de telhados sejam construções em madeira, folhas de metal ou uma laje de concreto ou qualquer superfície impermeabilizada. A condição principal, em termos estruturais, é que a base para a cobertura verde tenha a capacidade adequada de carga, conforme recomenda a IGRA (2012).

Reforçar a estrutura da edificação com vigas e pilares é importante fator no projeto de construção ou reforma sempre respeitando a sobrecarga que se pretenda inserir na cobertura com o sistema vivo (D'ELIA, 2009). Sempre estudar as estruturas subjacentes para um novo projeto ou *retrofit* em relação às cargas de chuvas normais e extraordinárias, assim como, verificação da não acumulação e transbordamentos equivalentes ao acúmulo de água e ao peso total da cobertura é condição primordial, para evitar trincas ou até o colapso da estrutura (SILVA, 2011).

A classificação das coberturas em tipos extensivos, intensivos e semi-intensivos faz-se por causa do peso global de cada uma, principalmente para considerações estruturais. As coberturas extensivas são relativamente leves e finas, em geral ficam dentro da capacidade de carga suportada pelas modernas estruturas de coberturas, segundo Heneine (2008).

Calcular e dimensionar a cobertura verde leva-se em consideração os vários elementos que fazem parte da sua composição. Esses elementos vão variar de acordo com a cobertura desejada e quais objetivos a que ela se propõe. Os elementos sempre presentes serão a carga permanente, o peso do telhado ou laje, o peso do substrato em estado de saturação de água e a vegetação em si, além do sistema de drenagem, as proteções mecânicas e camadas específicas projetadas, que podem variar de sistema para sistema em número ou podem ser suprimidas.

O fator de maior relevância no cálculo do carregamento e sobrecargas a serem aplicadas são as camadas de substrato, pois possuem os maiores pesos específicos (entre 1600 kg /m<sup>3</sup> a 1800 kg/m<sup>3</sup>) <sup>34</sup>, segundo os engenheiros de estruturas Antônio de Souza Cardoso e

---

<sup>34</sup>MOLITERNO, Antônio. **Cadernos de Muros de Arrimo**. São Paulo: Edgar Blücher, Tabela I-p.19.1980.

Antônio Henrique Saar <sup>35</sup>, de acordo com a literatura específica, e as camadas drenantes, conforme o material a ser utilizado para esta função como: a cinesita, brita, seixos e etc. ou mantas geotêxteis.

Em considerações gerais, para avaliação da estrutura, o sistema extensivo com substrato de 5 a 15 cm de espessura aumentará a carga em aproximadamente de 70 a 170 kg/m<sup>2</sup> e os intensivos com substrato acima de 15 cm apresentará mais peso e sérias implicações estruturais, aumentando a carga entre 290 a 970 kg/m<sup>2</sup> (HENEINE, 2008). Já o ecotelhado modular, que são coberturas verdes modulares patenteados, tem o peso de 50 kg/m<sup>2</sup>, o que é considerado o mesmo de um telhado cerâmico convencional, segundo seu fabricante a empresa gaúcha Ecotelhado e podendo assim ser colocado em qualquer tipo de laje ou telhado, sem muitas restrições <sup>36</sup>.

Empresas especializadas concordam que o solo extensivo tem de 5 a 15 cm de espessura e a vegetação de 5 a 13 cm e, então, a carga estrutural vai variar de 80 kg/ m<sup>2</sup> a 150 kg/ m<sup>2</sup>, estes são os tipos modulares pré-elaborados (SILVA, 2011) e normalmente, por isso possuem maior controle de espessura do substrato. Todavia a IGRA, que é a Associação Internacional das Coberturas Verdes considera que as necessidades normais da vegetação estão entre 15 e 21 cm de substrato, o que leva a carga a ser superior a 120 kg/m<sup>2</sup> e para as coberturas intensivas que comportam plantas de nível médio a grande, precisam de 15 a 40 cm de solo e aqui, a carga prevista varia entre 180 kg/m<sup>2</sup> a 500 kg/m<sup>2</sup>.

Entretanto, podem-se executar coberturas extensivas de uma só camada de substrato com drenagem porosa leve com 10 cm total de espessura, que em estado de saturação pesam 100 kg/m<sup>2</sup>, como atesta Minke (2004). Mas se a camada de substrato for superior a 10 cm para extensivas, estas começam a causar problemas estruturais, porque elas resultam em carregamentos maiores que 120 kg/m<sup>2</sup> (HENEINE, 2008).

A capacidade de suporte de carga máxima deve ser analisada, levando em consideração as cargas que o compõe, inclusive cargas pontuais como árvores, arbustos e elementos de construção tais como pergolados, passarelas e elementos decorativos. Esse cálculo também inclui a água represada nos intensivos, seja para irrigação ou não. Devem-se também, levar em consideração as chamadas cargas de tráfego, seja para manutenção ou do

---

<sup>35</sup> Entrevista livre concedida a autora em 06/03/2012 e 20/05/2012, respectivamente.

<sup>36</sup> Ecotelhado. Disponível em: <[www.ecotelhado.com.br](http://www.ecotelhado.com.br)>. Acesso em :10/03/2012.

uso efetivo da cobertura, assim como a neve e o vento de sucção, quando for o caso, como enfatiza a IGRA (2012) e abordaremos adiante.

As coberturas extensivas são apropriadas para coberturas que suportam pequenas cargas e locais que não foram projetados com uso de jardim de cobertura para visitação e permanência e nem exigirão aprovações especiais, sejam pelas autoridades locais onde ela é regulamentada como na Alemanha, ou maiores análises (HENEINE, 2008). Já, as intensivas não têm limitação de uso, porém sua sobrecarga é muito maior requerendo aprovações legais por cálculos específicos, principalmente na Europa, onde há legislação própria para as coberturas e órgãos reguladores, como atestam Heneine (2008) e a IGRA (2012).

As coberturas executadas em edificações novas não terão dificuldades em prever as sobrecargas que serão planejadas desde a concepção da cobertura, entretanto, segundo Heneine (2008), quando aplicadas à edificações já existentes deverão ser levados em conta a capacidade de suporte do apoio da cobertura, mais seu peso próprio e verificar se o apoio necessita de reforços ou não, por profissional especializado em estruturas.

Cuidados especiais deverão ser tomados durante a execução das coberturas verdes em relação às cargas de seus materiais de construção, evitando-se de toda maneira concentrar cargas pontualmente ultrapassando a capacidade de carga admissível, devendo-se, pois, dividir a carga sobre vários apoios, seja no transporte de material ou no armazenamento de materiais sobre a superfície de apoio/ou fundo sobre madeiras, placas ou similares. (MINKE, 2004)

Relata Minke (2004, p.28) sobre as sobrecargas de vento de sucção que:

“As cargas de pressão de vento sobre essas coberturas têm comportamento diferente da dos telhados convencionais, pois a rugosidade da superfície das plantas e a passagem de ar por elas possibilitam uma compensação de carga de sucção entre a parte superior e inferior da vegetação, o que reduz consideravelmente o efeito de sucção do vento.”<sup>37</sup>

E explica que as raízes no substrato também promovem a distribuição das cargas, por isso uma cobertura com solo de 15 cm de espessura e bem enraizado, não sofre o efeito de sucção do vento. Todavia se a vegetação for mais escassa e com raízes mais frágeis, como nas

---

<sup>37</sup> Texto original em espanhol. TDA.

coberturas vegetadas com Sedum, e tiverem as bordas muito exposta aos ventos em grandes alturas, o efeito de sucção do vento pode ocorrer.

A IGRA (2012) acrescenta que o efeito do vento depende de vários fatores que podem atuar em conjunto ou não, como da zona de vento local, altura do edifício, tipo de telhado, da inclinação, da infraestrutura, da área afetada e da posição da cobertura vegetada, se estiver no meio, no canto ou na borda da edificação.

As normas alemãs da Associação Alemã de Jardineiros de Telhado preveem para coberturas extensivas planas até 8m de altura somente 0,4KN/m<sup>2</sup> de peso mínimo na zona de médio e 0,8KN/m<sup>2</sup> nas zonas perimetrais para efeito de sucção do vento e entre 8 m a 20 m de altura 0,65KN/ m<sup>2</sup> na zona média e 1,3 KN/m<sup>2</sup> nas perimetrais, para sobrecarga de ventos de sucção, citado por Minke (2004). No Brasil, ainda não se consolidaram normas específicas.

Como se vê pelos dados coletados acima, há uma variação entre os valores a serem considerados, que dependem e se correlacionam com fatores diversos, inclusive quando industrializados, dependem da firma que fabrica os pré-elaborados e dos critérios adotados.

Sendo assim, optou-se por coletar dados em uma empresa construtora que executa projetos diversos que incluem coberturas verdes com relevante experiência no setor de construções civis em diversificadas áreas, incluindo construções sustentáveis, cálculo estrutural em madeira, sustentação de obras de arte, etc.

Em entrevista com o Escritório de Engenharia Antônio de Souza Cardoso <sup>38</sup>, através de seu proprietário, engenheiro de estruturas e seu responsável técnico, foram levantados os dados práticos expeditos para dimensionamento e verificações estruturais sobre o carregamento em coberturas verdes.

Os dados são de relevada importância, pois, trata-se da aplicação efetiva que o referido escritório faz na execução e fiscalização de coberturas verdes quanto à questão estrutural e são os dados utilizados resultantes de larga experiência no setor sendo cumulativos, verificados e corrigidos em situações reais.

A primordial preocupação na questão estrutural é determinar as cargas atuantes no sistema e aqui se vai considerar uma estrutura de camadas de uma cobertura extensiva com 10 cm de substrato com vegetação de grama em rolos e pré-dimensionar as camadas de utilização mais comuns, aplicadas geralmente em Juiz de Fora e região próxima e que tem uma aplicação ampla para o clima tropical.

---

<sup>38</sup> Entrevista livre concedida a autora em 06/03/2012.

O projeto elencado trata de um projeto básico da empresa, composto das camadas consideradas essenciais para o bom funcionamento das coberturas, já comprovadamente eficientes por sua longa utilização sem registro de problemas ao longo dos anos.

De acordo com Cardoso (2012), no sistema dotado pelo escritório, sobre a estrutura portante atuam normalmente as cargas de uma camada de regularização, a impermeabilização propriamente dita, a camada de proteção da impermeabilização, uma camada de manta tipo BIDIN, uma camada de dreno, outra camada com geocomposto filtrante, camada de substrato vegetal, camada de vegetação, e sobrecargas projetadas. Serão ao todo, nove camadas, executadas e nem sempre a literatura tem considerado todas para efeito de dimensionamento de estruturas portantes para coberturas verdes.

A estrutura portante, ou seja, a que vai suportar a carga total acima mencionada pode ser uma laje em concreto, uma estrutura em madeira coberta ou não com telhas, uma superfície metálica ou pré-moldada, treliçada, concreto alveolar, enfim várias soluções atendem desde que, observado o devido suporte às cargas previstas. Aqui, neste caso foi considerada uma laje de concreto, por ser a mais comum e corrente na nossa região.

Para se determinar as cargas atuantes, procedem-se os cálculos das cargas de cada camada descrita acima e a função de cada uma delas, podendo-se alterar essas camadas, acrescentando-se mais alguma ou retirando-se, de acordo com as necessidades de cada projeto, clima ou fatores específicos. São elas, descritas a seguir:

#### a) Camada de regularização

Tem como função básica preparar a estrutura portante para receber a primeira camada que é a impermeabilizante. Evita danos à camada de impermeabilização, retirando as imperfeições da estrutura, arredondando os cantos e arestas para facilitar a aplicação da camada e proporcionará o caimento mínimo de 1% <sup>39</sup> que é de fundamental importância para conduzir a água aos coletores de águas pluviais, evitando o encharcamento e o sobrepeso sobre a estrutura e a deteriorização da camada de impermeabilização.

Se considerarmos panos de 4 metros lineares de comprimento por metro linear e a espessura mínima de 2 cm, para as argamassas se fixarem bem na estrutura, ter-se-á uma espessura média de:

---

<sup>39</sup> Sobre caimento. De acordo com a norma da ABNT 9575 (2003).

$$Er \text{ (espessura de regularização)} = 2 \text{ cm} + (2 \text{ cm} + 4 \text{ cm}) / 2 = 4 \text{ cm}$$

Considerando-se que o traço de argamassa utilizado é na proporção de 1:3 em volume, isto é, argamassa rica de cimento e areia média sem peneirar, cujo consumo nesse traço é de 450 kg/m<sup>3</sup> de cimento e 1,050 m<sup>3</sup> de areia média sem peneirar com peso específico úmido de 1400 kg/m<sup>3</sup> e nossa espessura média é de 4 cm, ou seja, 0,04 m<sup>3</sup> tem-se:

$$P \text{ Er} = 450 \text{ kg/m}^3 \cdot 0,04 \text{ m}^3 + (1,050 \text{ m}^3 \times 0,04 \times 1400 \text{ kg/m}^3) = 18 \text{ kg/m}^2 + 58,80 \text{ kg/m}^2$$

$$P \text{ Er} = 76,80 \text{ kg/m}^2 \text{ (para cada 4 cm de massa de regularização)}$$

#### b) Camada de impermeabilização

Na camada de impermeabilização considerar-se a imprimação, que é o suporte da camada de impermeabilização e a impermeabilização propriamente dita. Na imprimação tem-se a aplicação de 3 demãos de solução asfáltica com consumo de aprox. 650 g/m<sup>2</sup> por demão, o que nos dará 1,95 kg/m<sup>2</sup> (Pi) e manta de impermeabilização com antirraiz, que é um produto impermeável, industrializado, obtido por extrusão, calandragem ou outro processo com características definidas e seu peso médio é em torno de 1 kg/mm de espessura (Pmi). Considerando-se a espessura máxima de 6 mm para essas mantas, ter-se-á o peso de 6 kg/m<sup>2</sup> de impermeabilização, o que perfaz um total de 7,95 kg/m<sup>2</sup> de carga para a camada de impermeabilização.

$$P \text{ Ei} = P_i + P_{mi}$$

$$P \text{ Ei} = (3 \times 650 \text{ g/m}^2 / 1000 \text{ g/kg}) + (6 \text{ mm} \times 1 \text{ kg/mm}) = 7,95 \text{ kg/m}^2$$

#### c) Camada de proteção

Para proteção da camada de impermeabilização, usa-se uma camada protetora rígida de argamassa de espessura de 3 cm que pode ser traçada em 1:3:10 de cimento e cal hidratada aplicada sobre uma camada de papel Kraft betumado ou no traço 1:7 de cimento areia média. Calculando seus pesos, considerando-se o peso específico de cada material tem-se 54,30 kg/m<sup>2</sup> e 51,48 kg/m<sup>2</sup> respectivamente. Para fins de dimensionamento, utiliza-se a situação mais desfavorável, que é o maior peso 54,30 kg/m<sup>2</sup>.

$$P_{Epi} = 0,03 \times (130 \text{ kg cimento} + 210 \text{ kg cal}) + 0,03 \times (1,050 \text{ m}^3 \text{ areia} \times 1400 \text{ kg/m}^3)$$

$$P_{Epi} = 3,9 + 6,3 + 44,10 = 54,30 \text{ kg/m}^2 \text{ (para 3 cm de espessura)}$$

As mantas de proteção para a camada de impermeabilização constituídas de mantas não tecidas de poliéster, como as mantas BIDIM, são usadas como camadas separadores e filtrantes, impedindo que o substrato se misture com o material drenante e que as raízes penetrem com facilidade no material drenante, o que poderia prejudicar seu funcionamento. São colocadas em duas posições, antes e depois do material drenante e possuem um peso de  $160 \text{ kg/m}^3$  para espessura de manta de 4 mm, o que resulta em uma carga de  $1,28 \text{ kg/m}^2$ , já considerando as duas camadas.

$$P_{mB} = 2 \times 0,004 \text{ m/m}^2 \times 160 \text{ kg/m}^3$$

$$P_{mB} = 1,28 \text{ kg/m}^2 \text{ (mantas de 4 mm de espessura)}$$

#### d) Camada de drenagem

Os drenos devem ter uma espessura variando entre 5 cm e 10 cm no máximo e podem ser usados materiais como os seixos rolados, a brita nº 01 ou nº 02 e argilas expandidas. Os pesos vão variar de acordo com o material utilizado. Se usarmos os seixos rolados tem-se um peso de  $132 \text{ kg/m}^2$  para espessura de 5 cm de preenchimento, caso utilize-se a brita seja em quaisquer das granulometrias, o peso será de  $130 \text{ kg/m}^2$ . Entretanto, a argila expandida é a melhor opção em termos estruturais, pois além de ser a mais leve proporciona melhor isolamento térmico.

As argilas expandidas existem em granulometrias e tipos diversos para tipos de usos determinados, o diâmetro delas e uso apropriado serão classificados variando de, a saber:

- De 32 mm a 22 mm com  $450 \text{ kg/m}^3$  servem bem com isolante térmico e enchimentos leves maiores que 10 cm;
- De 22 mm e 15 mm com  $500 \text{ kg/m}^3$  para enchimentos leves entre 4 e 10 cm ;
- De 15 mm e 6 mm com  $600 \text{ kg/m}^3$  em concretos leves, nivelamento e piso maiores que 2 cm e menores que 6 cm de espessura;
- De 5 mm e 0 mm com peso de  $850 \text{ kg/m}^3$  em argamassas leves e blocos de concreto leves.

Com vê-se acima, podemos também utilizar as argilas expandidas resolvendo problemas de sobrepeso nas argamassas aplicadas nas estruturas portantes, caso tenha-se

espessuras muito grandes. Para coberturas verdes utiliza-se a argila entre 15mm e 22 mm de espessura e  $500 \text{ kg/m}^3$  que permitirá ter um peso de  $25 \text{ kg/m}^2$  para 5 cm de espessura para camada de drenagem.

$$P_{dAR} = 0,05 \text{ m} \times 500 \text{ kg/m}^3$$

$$P_{dAR} = 25 \text{ kg/m}^2$$

#### e) Camada de substrato

O substrato de terra vegetal para plantio de grama adotado é de 10 cm, embora na literatura encontremos sugestão de 5 a 6 cm sejam suficientes. Nesse caso, o autor utiliza como mínimo 10 cm. O peso específico da terra para cálculo deve ser o úmido e varia entre  $1600 \text{ kg/m}^3$  e  $1800 \text{ kg/m}^3$ . Para efeito de cálculo devemos utilizar sempre a situação mais desfavorável a favor da segurança, resulta daí que, ter-se  $180 \text{ kg/m}^2$  para 10 cm de substrato, sem considerar-se a composição da terra.

$$P_{sub} = 0,10 \text{ m} \times 1800 \text{ kg/m}^3$$

$$P_{sub} = 180 \text{ kg/m}^2 \text{ (para espessura de 10 cm)}$$

#### f) Camada de vegetação

A vegetação a ser utilizada nesse caso será a grama e considera-se seu fornecimento em placas de  $0,5 \text{ m}^2$  em dimensões de  $0,40 \times 1,25$  metros com o peso de 10 kg o que dará um peso de  $20 \text{ kg/m}^2$  de grama com espessura média de 2 a 3 cm, isto é, com pouca terra nas placas.

$$P_g = 2 \times 10 \text{ kg} = 20 \text{ kg/m}^2 \text{ (espessura média de 2 a 3 cm)}$$

#### g) Carga de chuva intensa

Deve-se considerar uma carga de chuva intensa de curta duração, em função do acúmulo de água a ser suportada pela estrutura. Para isto, considera-se o índice pluviométrico da região máxima em 25 anos, calcula-se a vazão por minuto e o peso da água sobre a cobertura em função do caimento adotado. No nosso caso, tem-se o índice de Minas Gerais de



230 mm/h, o que dará uma vazão por m<sup>2</sup> de 3,828l/ min com tempo máximo na região de 10 min, o que permitirá calcular a carga de água em 38,28 kg/m<sup>2</sup> , já que o peso específico da água é de 1 kg/ l. Levando-se em conta o efeito do caimento, que dará um alívio e utilizando o coeficiente de segurança que majora em 40% a carga , têm-se que o efeito de uma carga de chuva intensa e eventual sobre a estrutura será de 0,54 kg/m<sup>2</sup>.

$$P_{sat} = \{[(1 \text{ m}^2 \times 0,230 \text{ m}/3600 \text{ seg} \times 1000 \text{ l} \times 60 \text{ min.}) \times 10 \text{ min.}/\text{m}^2] \times \text{sen}(1)\} \times 1,4$$

$$P_{sat} = 0,54 \text{ kg/m}^2 \quad (\text{sobrecarga extra por tempestade de 10 min. na região})$$

Têm-se, então, que as cargas atuantes totais em função dos materiais e das espessuras escolhidas serão:

| <b>ESPESSURA</b>                         | <b>CARGAS ATUANTES em kg/m<sup>2</sup></b>   |
|------------------------------------------|----------------------------------------------|
| <b>Er = 4 cm (regularização)</b>         | P Er = 76,80                                 |
| <b>Ei = 0,6 cm (6 mm)</b>                | P Ei = 7,95                                  |
| <b>E pi = 3cm (Proteção da Imperm.)</b>  | P Epi = 54,30                                |
| <b>E mB = 0,8 cm (Manta BIDIM)</b>       | P MB = 1,28                                  |
| <b>E dreno = 5 cm</b>                    | P dAR = 25,00                                |
| <b>E sub = 10 cm (Substrato vegetal)</b> | P sub = 180,00                               |
| <b>E g = 3 cm (Vegetação-grama)</b>      | P g = 20,00                                  |
| <b>Saturação</b>                         | P sat = 0,54                                 |
| <b>ESPESSURA TOTAL = 26,4 cm</b>         | <b>CARGA TOTAL = 365,87 kg/m<sup>2</sup></b> |

Quadro 5 - Síntese dos carregamentos na cobertura verde dimensionada.

Fonte: Elaborado pela autora baseado em Cardoso (2012).

Para o cálculo do carregamento total da cobertura verde, deve-se incluir o peso da estrutura portante, que aqui, considera-se uma laje de concreto com espessura entre 11 cm e 14 cm, com média de 12 cm e peso médio de 2500 kg/m<sup>3</sup>, tem-se o peso da estrutura portante de 300 kg /m<sup>2</sup>. A sobrecarga podendo variar entre 150 kg/m<sup>2</sup> e 350 kg/m<sup>2</sup> e ir a 500 kg/m<sup>2</sup> ou dependendo do uso que for projetado, neste estudo considera-se uma carga de 350 kg/m<sup>2</sup>, que

poderá cobrir as cargas com ornamentos e decoração com vasos vegetados e a carga de tráfego de pessoas como piso, sendo esse um uso comum e desejado para as coberturas verdes.

$$P \text{ Total} = (365,87 \text{ kg/m}^2) + (0,12 \text{ m} \times 2500 \text{ kg/m}^3) + (350 \text{ kg/m}^2)$$

$$P \text{ Total} = 1015,87 \text{ kg/m}^2$$

No quadro elaborado a seguir, pode-se ver uma variação da carga total de um sistema de cobertura verde. Utilizamos a carga da cobertura verde fixa para um substrato de 10 cm de solo não elaborado, isto é, sem acréscimo de materiais porosos e outros para aliviar o peso, baseada no exemplo que dimensionamos e variamos as cargas da estrutura portante em espessura e as sobrecargas de utilização para uma laje sem tráfego intenso, somente com manutenção periódica, por exemplo, (150 kg/m<sup>2</sup>), comportando a utilização de vasos vegetados de dimensões consideráveis, incluindo o tráfego de pessoas (350 kg/m<sup>2</sup>) e acrescentando mobiliário, arbustos, árvores maiores e mantendo tráfego de pessoas (500 kg/m<sup>2</sup>).

| <b>Espessura<br/>cm</b> | <b>Carga Própria<br/>Kg/m<sup>2</sup></b> | <b>Carga<br/>Sistema Verde</b> | <b>Sobrecarga<br/>150 /kg/m<sup>2</sup></b> | <b>Sobrecarga<br/>350 kg/m<sup>2</sup></b> | <b>Sobrecarga<br/>500 kg/m<sup>2</sup></b> |
|-------------------------|-------------------------------------------|--------------------------------|---------------------------------------------|--------------------------------------------|--------------------------------------------|
| 10                      | 250                                       | 365,87                         | 765,87                                      | 965,87                                     | 1115,87                                    |
| 11                      | 275                                       | 365,87                         | 790,87                                      | 990,87                                     | 1140,87                                    |
| 12                      | 300                                       | 365,87                         | 815,87                                      | 1015,87                                    | 1165,87                                    |
| 13                      | 325                                       | 365,87                         | 840,87                                      | 1040,87                                    | 1180,87                                    |
| 14                      | 350                                       | 365,87                         | 865,87                                      | 1065,87                                    | 1205,87                                    |
| 15                      | 375                                       | 365,87                         | 890,87                                      | 1090,87                                    | 1230,87                                    |

Quadro 6: Cargas Totais da uma cobertura verde dimensionada e algumas variações.  
Fonte: Elaborado pela autora baseado em Cardoso (2012).

Sabe-se, entretanto, que as variações podem ser inúmeras e cada projeto deverá calcular as cargas pontuais e cargas distribuídas que serão elencadas, que se traduzirão em várias possibilidades. Pode-se minorar a carga do substrato com acréscimo de materiais porosos leves com substrato de 20 cm e ter uma cobertura semi-intensiva com maior variedade de vegetação ou numa estrutura suporte com vigas e pilares, descarregando cargas pontuais de mobiliário ou arbustos e perenes maiores sobre os apoios.

Utilizando-se um sistema como o estudo de caso que se apresenta, a seguir, que elimina camadas e cargas como a carga do dreno distribuída, a regularização, a proteção da impermeabilização, por exemplo, esse sistema pode ser amplamente aplicado com pouca restrição quanto à sobrecarga na estrutura.

O quadro e o dimensionamento detalhados anteriormente permitem vislumbrar as inúmeras possibilidades como um pré-dimensionamento, mas não isenta de que um cálculo apurado e minucioso seja efetuado, o que poderá assegurar a estabilidade do sistema sem imprevistos como trincas e fissuras ou até o colapso da estrutura e garantirá inclusive maior economia no sistema quanto à estrutura.

Consta-se, pois, que o cuidado com a estrutura portante do sistema é fundamental para o bom funcionamento e eficiência da cobertura e permitirá que esse quesito deixe de ser um dos empecilhos e desvantagens mais mencionadas pela literatura.

Viu-se também que, muitas combinações criativas e com suporte técnico pelo conhecimento dos pesos específicos dos materiais e de bons profissionais, como engenheiros de estrutura, tem elementos e subsídios suficientes para contornar de forma eficaz essa falsa ideia de sobrecargas atribuída às coberturas verdes.

Assim o quadro a seguir destaca dados de pesos específicos para efetuar-se, preliminarmente outras combinações para pré-dimensionamentos em concepções que desejem utilizar as coberturas verdes. Outros dados que são interessantes de observar são as cargas relativas aos telhados convencionais para avaliar-se o quanto as coberturas verdes majoram a carga efetiva e o quanto isto pode influenciar na sobrecarga causada.

Em outra entrevista, com o engenheiro de estruturas Antônio Henrique Saar <sup>40</sup>, obtivemos dados de que, considerada as condições normais para cálculo e dimensionamento de cargas e sobrecargas para a estrutura e suporte, pode-se considerar que a sobrecarga de

---

<sup>40</sup> Entrevista livre concedida a autora em 29/05/2012.

uma cobertura verde do tipo extensiva com substrato de 10 cm, com solo não elaborado e vegetação em gramínea tipo esmeralda (*Zozia japonica*) fornecida em rolo com poucos centímetros de terra (1 a 2 cm), pode-se considerar uma sobrecarga de 280 kg/m<sup>2</sup>, para fins de cálculo de pré-dimensionamento.

| <b>Material</b>                      | <b>Peso Específico<br/>Kg/m<sup>3</sup></b> |
|--------------------------------------|---------------------------------------------|
| Seixo Rolado                         | 2640                                        |
| Areia Seca                           | 1300 a 1600                                 |
| Areia Úmida                          | 1700 a 2300                                 |
| Areia Fina Seca                      | 1500                                        |
| Areia Grossa Seca                    | 1800                                        |
| Argila Seca                          | 1600 a 1800                                 |
| Argila Úmida                         | 1800 a 2100                                 |
| Cal Hidratada                        | 1600 a 1800                                 |
| Terra Apiloada Seca                  | 1000 a 1600                                 |
| Terra Apiloada Úmida                 | 1600 a 2000                                 |
| Terra Arenosa                        | 1700                                        |
| Terra Vegetal Seca                   | 1200 a 1300                                 |
| Terra Vegetal Úmida                  | 1600 a 1800                                 |
| Gnaisse - Britas                     | 2600                                        |
| Argamassa Cimento, Cal e Areia Média | 1900                                        |
| Argamassa Cimento e Areia Média      | 2100                                        |
| Concreto de Argila Expandida         | 2000                                        |

Quadro 7 - Pesos Específicos de Materiais para em coberturas verdes.  
Fonte: Elaborado pela autora baseado em Cardoso (2012) .

. O engenheiro Antônio Henrique Saar ainda pondera sobre o estudo dos carregamentos que:

“Cada sistema de cobertura tem seu uso adequado independente de peso ou custo. Se fosse assim só construiríamos prédios “caixote”, são bem mais baratos e fáceis de serem construídos. A cobertura verde é viável. Não tem um impacto tão nefasto sobre o carregamento da estrutura. Só não podemos pegar estruturas prontas e querer colocar mais cargas... Acho até interessante que se compare os tipos de cobertura quanto a carregamento, lembrando que se uma pesa, por exemplo, 98% a mais que a outra não significa que o carregamento do prédio está 98% maior. Pode ser que isto tenha um reflexo de 2 ou 3% na carga final. Este estudo seria muito mais complexo do que parece, pois depende do tipo de edificação: 1 andar com laje e cobertura verde ou 20 andares com um terraço para lazer do condomínio?....”

Em verificações feitas com os dados anteriores, elencado por Cardoso (2012) e suprimindo algumas camadas citadas pelo dimensionamento, que considerou todas as camadas adotadas no sistema, e levando-se em conta como outras coberturas verdes citadas na literatura, somente as camadas consideradas principais como vegetação, substrato, drenagem, impermeabilização, chegar-se-á ao resultado praticamente igual de 279,30 kg/m<sup>2</sup>, o que comprova os dimensionamentos citados por ambas as fontes.

O quadro abaixo mostra os carregamentos de telhados com coberturas de telhas cerâmicas, fibrocimento, cimentícias, fibrovegetais impermeabilizada, zinco ou alumínio em coberturas convencionais.

| <b>Cobertura com telhas</b>                                         | <b>Colonial</b> | <b>Francesa</b> | <b>Fibrocimento</b> | <b>Cimentícias</b> | <b>Fibrovegetal (onduline)</b> | <b>Papelão, zinco ou alumínio</b> |
|---------------------------------------------------------------------|-----------------|-----------------|---------------------|--------------------|--------------------------------|-----------------------------------|
| Cargas das telhas + água absorvida                                  | 63,77           | 57,45           | 17,65 a 23,36       | 54,28              | 3,90 kg/m <sup>2</sup>         | 2,00                              |
| Carga do madeiramento (16 kg/m <sup>2</sup> - cerâmica ou concreto) | 48,98           | 43,87           | 20,40 /22,44        | 51,0*              | 20,40**                        | 20,40**                           |
| Carga Total (madeiramento + telhas em kg/m <sup>2</sup> )           | 112,75          | 101,32          | 38,05 a 45,80       | 105,28             | 24,30                          | 22,40                             |
| Carga Total com estrutura metálica                                  | -               | -               | -                   | -                  | 11,90                          | 10,00                             |

Quadro 8 - Carregamento de telhados convencionais

Fonte: Elaborado pela autora baseado em (LOGSDON, 2002).Tabela p.16. Acesso em: 28/05/2012

OBS:\*Valor arbitrado baseado em LOBSDON(2003) para telhas plan ou paulista.

\*\* Valor arbitrado baseado em LOBSDON(2003) para telhas de fibrocimento de 6mm.

Foi Considerada uma carga de 8 kg/m<sup>2</sup> para engradamento metálico para as telhas planas de alumínio, zinco ou papelão.

Fonte: Tabela de perfis da Gerdau. Disponível em:<www.gerdau.com.br>. Acesso em: 28/05/2012

Considerando que para carregamento total do sistema apresentado com as nove camadas, calculado no item estrutura por Cardoso (2012), de uma laje de concreto de espessura 12 cm e sobrecarga de 350 kg/m<sup>2</sup> é de 1015,87 kg/m<sup>2</sup> e a maior carga de um telhado convencional foi de 112,75 kg/m<sup>2</sup> contra os 365,87 kg/m<sup>2</sup> da cobertura verde dimensionada houve um acréscimo de 324,49%, sendo que a carga sobre o suporte da estrutura de uma

cobertura convencional com telhas cerâmicas do tipo colonial é 30,8 % da carga desta cobertura verde. Sabe-se, entretanto, que essa majoração não é linear, o que corrobora com a afirmação de se fazerem estudos com visão mais holística.

Isso parece, a princípio, bastante discrepante em relação aos autores pesquisados e verifica-se no quadro a seguir um resumo das cargas mencionadas nas construções das coberturas por outros profissionais e empresas especializadas, para constatar o quanto as cargas podem variar de acordo com o sistema escolhido, não se podendo generalizar as informações sem fazermos as devidas considerações, incorrendo no risco de descartarmos a execução da cobertura verde por falta de conhecimentos mais amplos sobre suas possibilidades e características, como vimos também nas observações feitas por Saar (2012).

| <b>Cargas da cobertura</b> | <b>MINKE<br/>10 cm</b>                       | <b>IGRA<br/>15 a 21 cm</b>                     | <b>Antônio<br/>Cardoso<br/>10 cm</b> | <b>Gomes ET AL.<br/>(Ecotelhado)</b>                                                                                    | <b>Outras Empresas<br/>Especializadas</b>     | <b>Heneine<br/>(2008)</b>                             | <b>Rola<br/>(2008)</b>                                  | <b>Silva<br/>2011</b>                              |
|----------------------------|----------------------------------------------|------------------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|-------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|
| Cobertura extensiva        | 100 a 160 kg/m <sup>2</sup><br>(3 a 15 cm)   | 60 a 150<br>kg/m <sup>2</sup>                  | 365,87 kg/m <sup>2</sup>             | 50 kg/ <sup>2</sup><br>(modular)<br>40 a 80 kg/m <sup>2</sup><br>(alveolar)<br>120 a 250 kg/m <sup>2</sup><br>(Laminar) | 80 a 150 kg/m <sup>2</sup><br><br>(5 a 15 cm) | 70 a 170 kg/m <sup>2</sup><br>(5 a 15 cm)             | Até 100<br>kg/m <sup>2</sup><br>(Menor que<br>10 cm)    | 50 a 250<br>kg/m <sup>2</sup><br>(2,5 a<br>12,7cm) |
| Cobertura Intensiva        | 120 kg/m <sup>2</sup><br>(Acima de 10<br>cm) | 180 a 500<br>kg/m <sup>2</sup><br>(15 a 40 cm) | Não foi<br>calculado                 | Personalizado                                                                                                           | Personalizado                                 | 290 a 970<br>kg/m <sup>2</sup><br>(Acima de 15<br>cm) | 700 a 1200<br>kg/m <sup>2</sup><br>(Maior que<br>20 cm) | 400 a 750<br>kg/m <sup>2</sup><br>(15 a 30 cm)     |

Quadro 9 – Síntese das Cargas de coberturas verde.  
Elaborado pela autora com base em diversos autores.

## 4.2 IMPERMEABILIZAÇÃO

Para que as coberturas verdes garantam longevidade às camadas de impermeabilização, cuidados deverão ser tomados na fase de implantação. Isto posto, concluímos que a construção dos telhados verdes necessitam de um conjunto de procedimentos específicos. Estes devem ser compatíveis, principalmente, com a escolha da vegetação sobreposta, que é o que as definem também nesse quesito.

As camadas de impermeabilização devem ser projetadas para resistir à contaminação de fertilizantes e outros produtos químicos usados no período da adubação e de manutenção do plantio, de acordo com Kirby (apud OHNUMA JUNIOR, 2008). Segundo Silva (2001), plantas com raízes agressivas penetram na impermeabilização danificando o sistema. As figueiras são um bom exemplo disso.

Segundo Kirby citado por Ohnuma Junior (2008), o sistema de coberturas verdes deve incorporar com acuidade uma membrana de impermeabilização, a fim de garantir uma melhor estabilidade às áreas molháveis e fornecer uma aderência completa ao substrato.

Normalmente é utilizada uma membrana impermeável que fará a condução da água advinda da drenagem para as saídas previstas, proporcionando o esvaziamento do sistema evitando o encharcamento e excesso de água nas raízes da vegetação e evitando a sobrecarga na camada de suporte.

A impermeabilização pode ser feita com manta PEAD (polietileno de alta densidade), cimento polímero ou manta geotêxtil, segundo Seigneur (D'ELIA, 2009). Já Heneine (2008) faz uma classificação entre três tipos de membranas a serem utilizadas como as de cobertura em área urbanizada, a de única espessura (tráfego) e a membrana fluída aplicada.

As de área urbanizada são as mais comuns de se encontrar e são compostos de material familiar, ou seja, o betume/asfalto ou betumizada e SBS incluso, que é um polímero que aumenta a elasticidade da membrana. Esses materiais têm vida útil limitada a 15 ou 20 anos e são suscetíveis à degradação por temperaturas extremas e radiação ultravioleta que causam o craqueamento destes materiais (HENEINE, 2008).

As sigle-ply são membranas em rolos de plástico inorgânico ou borracha sintética, no caso de termoplásticas como PVC, ou adesivas, no caso de butil ou EPDM. Estas membranas podem ser muito eficientes se aplicadas adequadamente, conforme cita Heneine (2008) e completa que as fluídas aplicadas são viáveis em forma líquida quente ou fria e quando aplicadas eliminam o problema de juntas e facilitam a aplicação na vertical.



Aqui, cabe ressaltar em entrevista com o engenheiro, Antônio Eduardo Polisseni, no curso de Impermeabilização na Universidade Federal de Juiz de Fora sobre as chamadas mantas líquidas, suas considerações que esclarece que:

“Não existem mantas líquidas, o que existe são mantas pré-fabricadas, aonde as camadas necessárias de material impermeabilizante e outros constituintes vão sendo sobrepostas às camadas de telas ou suportes até que formem a manta unificada, como a fornecida ao mercado, disponível pronta para uso e as mantas feitas com aplicação do material para a fabricação da manta *in loco*.”<sup>41</sup>

Quando as membranas de impermeabilização aplicadas contiverem asfalto, betume ou outro material orgânico é crucial que exista uma camada contínua de separação entre a membrana e a camada de substrato por ser possível a penetração de raízes e microorganismo. Normalmente essas camadas são de PVC, que têm múltiplas funções (HENEINE, 2008).

Como se vê para garantir melhor estanqueidade do sistema é recomendado a utilização de camada adicional de proteção, como uma manta antirraízes, que evitará a perfuração da manta de impermeabilização escolhida, pela vegetação, principalmente as extensivas com gramas de raízes mais agressivas, devido as mantas soldadas de betume não serem resistentes às raízes (MINKE, 2004; HENEINE, 2008).

Minke (2004) relata sobre microorganismos que vivem nas pontas das raízes que podem dissolver materiais betuminosos, assim como há plantas cujas raízes têm sensor de umidade e se houver uma emenda e/ou trespasse mal soldado, onde a água penetre por capilaridade, essas raízes podem crescer nessa direção causando a perfuração.

Outras plantas têm também um mecanismo onde, quando as raízes encontram umidade, elas se fortalecem para poder atravessar as gretas ou juntas, armazenando cristais de silicato. Considerando o exposto acima, recomenda ainda Minke (2004), a solda com ar quente ou alta frequência.

A solução mais simples para evitar a perfuração por raízes é a colocação de uma lamina de polietileno, as quais existem em larguras diversas de até 6 a 8 metros de largura e deverá ser previsto um trespasse de 150 cm, no caso de se haver necessidade de se utilizar mais de uma lamina. Neste caso, como pode haver acumulação de água na sobreposição é seguro utilizar uma lâmina de feltro protetor (MINKE, 2004).

---

<sup>41</sup> Entrevista livre concedida a autora em 18/04/2012.

O autor completa que nas coberturas escandinavas é comum utilizarem uma lâmina entramada de polietileno de alta densidade com 2 metros de largura e um trespasse de 25 cm e conjuntamente usam uma massa especial nas juntas como prevenção à infiltração nas emendas.

Segundo ele, tipos de membranas protetoras de raízes diferentes são encontrados no mercado, principalmente o europeu. Os principais tipos são:

A) Membrana polímero-elastômero-betuminosas, elaboradas com uma mistura de betume com materiais sintéticos, que geralmente têm boa resistência;

B) Membrana de PVC flexível, que deve ser usada conjuntamente com uma lâmina protetora de material sintético ou manta de vidro de 200 g/m<sup>2</sup> no mínimo, ou ainda, uma lâmina de polietileno de 0,2 mm de espessura, já que segundo as normas alemãs elas não são resistentes ao betume, ao polystrol ou produtos oleosos que protegem a madeira, e então poderiam deteriorar-se e se decompor (De acordo com as Normas Alemãs DIN 16938, 16730, 16735). Para reforçar a trama nas coberturas verdes, recomenda-se o uso de lona de PVC que se usa em toldo de caminhões que são muito resistentes a avarias;

C) Membranas de polietileno clorado. Segundo a norma alemã DIN 16737, elas são de alta resistência, mas as uniões não podem ser feitas na obra e em suas cabeceiras devem ser previstas grande sobra, para prevenir o crescimento das raízes nesses pontos;

D) Membranas de tela com revestimento de polyolefino, que não contém halogêneos, cloro e emolientes ou plastificantes e são bem ecológicos. Entretanto, são membranas mais caras com soldadura mais difícil e só se recomenda que o trabalho seja executado por empresas especializadas;

E) Membranas de etileno copolimerizado betuminoso (ECB) que tem boa trabalhabilidade e são compatíveis com o betume;

F) Membranas EPDM que contém etileno, propileno, terpolímero e borracha. Tem alta elasticidade, mas conseguir emendas seguras não é muito simples;

G) Selador Fluído com poliuretano e com resinas de poliéster em estado fluído que com certa espessura são resistentes às raízes.

Um material muito seguro e econômico para proteger das raízes é um tecido de poliéster revestido em PVC de espessura de 2 mm. Na América Latina é muito caro por ser importado, mas aqui se produz um material que é usado para toldo de caminhão com espessuras de 0,8 a 1,0 mm de espessura que substitui bem. A lâmina de PVC é relativamente

fina e muito difícil de fazer as emendas, por isso é recomendada que as soldas sejam feitas na fábrica com alta frequência e ar quente (MINKE, 2004).

Uma alternativa são as pranchas negras de poliestireno de alta densidade, que têm bom preço e larguras de 6 metros, mas elas são meio rígidas. São mais adequadas para coberturas planas, por dificultarem os recortes e estarem sujeitas a levantar nos parapeitos, além da dificuldade de soldá-las no local. Na fábrica, porém, podem ser feitas soldaduras automáticas, de acordo com Minke (2004). O autor recomenda ainda que para algumas superfícies, as membranas soldadas de betume têm boa aceitação, tomando os devidos cuidados, acrescentando-se a membrana antirraiz, como uma lâmina de polietileno negra. As lâminas de polietileno são muito finas e podem sofrer avarias, então, é recomendado que, se use uma proteção mecânica por cima e por baixo da lâmina, seja uma camada de areia ou um feltro grosso.

Deve-se verificar a impermeabilidade da cobertura, a princípio através de uma inspeção ocular em todas as emendas e soldas, se estão bem feitas e perfeitas. Em coberturas com bordas e ligeira inclinação é mais segura a verificação com a água e em coberturas com grandes inclinações, depois de uma chuva prolongada ou forte é fácil verificar a impermeabilidade da cobertura verde (MINKE, 2004).

Também se pode fazer o teste de estanqueidade nas coberturas com bordas, que consiste em após a impermeabilização e as verificações das juntas, colocar água com certa coluna de água e aguardar alguns dias, de modo que comprovem o desempenho do sistema de impermeabilização.

De acordo com Heneine (2008), uma efetiva impermeabilização da cobertura é um pré-requisito essencial para todas as coberturas e a importância de fazer isto ser seguro e durável não é exagerada. Caso algum problema se apresente nesta camada, seja de execução ou de material impróprio ou defeituoso ou mesmo sinistros improváveis, todo o sistema perde a garantia e a validade de sua função principal de proteger as edificações das intempéries.

Sabemos que a exposição ao sol pode acelerar o envelhecimento de materiais betuminosos e a radiação solar muda a composição química destes materiais com consequente degradação das propriedades mecânicas (HENEINE, 2008). Verifica-se, então, que com a aplicação de vegetação na cobertura, faz com que esta tenha sua vida útil melhorada pela proteção adicional e efetiva.

De acordo com Abreu (2009) apud Silva (2011), com a redução dos efeitos danosos dos raios ultravioletas, extremos de temperatura e efeitos de vento, as coberturas tem um ciclo

de vida de 2 a 3 vezes mais longo do que os convencionais e suas temperaturas superficiais não passam de 25 °C contra a média de 60°C dos telhados convencionais.

Todavia, uma execução mal feita ou qualquer defeito existente na camada de impermeabilização se torna um grande transtorno, que compromete a vida útil da cobertura como um todo, além de ser extremamente difícil e trabalhoso fazer algum reparo, haja vista a necessidade de se retirar todas as camadas até a impermeabilização para se encontrar o problema a ser sanado e depois refazê-la, e nem sempre é simples encontrar o foco de infiltrações, mesmo sem as camadas.

Efetivamente será muito oneroso sendo às vezes, inclusive, necessária a retirada da camada de impermeabilização, para executar o reparo ou mesmo toda sua substituição, o que implicará em substituir quase ou todo o sistema. Isto provoca um desgaste muito grande no usuário que evitará incorrer nos riscos novamente, mesmo que a firma executora cubra os gastos e prejuízos ocorridos.

Conclui-se, então, pelo alto grau de consequências a que o sistema todo fica sujeito, que a impermeabilização é de longe o item que merece mais acuidade e maior atenção, seja ao elencar o sistema de impermeabilização, seja na aplicação, seja na proteção, seja na escolha da vegetação.

Para isso, têm-se a NBR 9575 de Outubro de 2003: Impermeabilização – Seleção e Projeto da ABNT, que versa sobre as definições, classificação, seleção e projetos, os cuidados específicos que se deve ter ao planejar e aplicar as impermeabilizações para obter-se o seu desempenho desejado.

Segundo a Norma 9575 (ABNT, 2003), as impermeabilizações são classificadas em rígidas e flexíveis, de acordo com o substrato ou superfície a serem impermeabilizados estejam sujeitos a fissuração ou não. Esses substratos podem ser como no caso de coberturas verdes: o concreto, fibrocimento ou fibra sintética, madeira, ou metal. Recomenda-se serviços auxiliares e complementares além dos já citados como: tratamento de juntas com faixas de manta asfáltica, EPDM<sup>42</sup>, PVC<sup>43</sup> ou outros; camada-berço para proteção da impermeabilização contra agente agressivos do substrato, como geotêxtil, EPS<sup>44</sup> ou asfáltico; camada de amortecimento feita com argamassa de areia, cimento e emulsão asfáltica,

---

<sup>42</sup> Manta elastomérica de etilenopropilenodieno monômero

<sup>43</sup> Manta de policloreto de vinila

<sup>44</sup> Poliestireno expandido ou extrudado

geotêxtil ou polipropileno; camada drenante (com geotêxtil ou polipropileno); camada separadora com filme polietileno ou papel Kraft betuminado; a camada de proteção mecânica (com argamassa ou geotêxtil).

A Norma 9575 (ABNT, 2003) recomenda que a seleção adequada deste tipo de impermeabilização sejam os materiais utilizados pelas solicitações dos fluídos por umidade do solo e a imposta pelo fluido sob pressão unilateral ou bilateral do tipo flexível, como por exemplo:

- 1) as mantas asfálticas;
- 2) as mantas EPDM;
- 3) as mantas IIR;<sup>45</sup>
- 4) as mantas de PVC;
- 5) as manta de PEAD;<sup>46</sup>

Uma vez conhecidos os materiais e sistemas a serem empregados, o planejamento da impermeabilização e seus detalhes executivos são de suma importância e devem ser realizados no projeto básico, no projeto executivo e no projeto já realizado (*as-built*) para facilitar eventuais manutenções.

Como recomendado pelo sistema de projeto integrado, já mencionado, o projeto de impermeabilização deve ser desenvolvido em conjunto no sistema *whole system* de visão integrada com: os projetos arquitetônico, estrutural, hidráulico, águas pluviais, paisagismo, outros e compatibilizados com eles. Assim, mais uma vez ressalta-se a importância de todos os elementos constituintes de uma edificação serem planejados desde a concepção e simultaneamente, sendo aqui, inclusive, o previsto em norma.

Os projetos devem atender as características gerais e específicas com detalhamento, memoriais descritivos de materiais e procedimentos, metodologia para controle e inspeção dos serviços e atender as exigências de resistir às cargas estáticas e dinâmicas, aos efeitos de dilatação e retração do substrato, à degradação, às pressões hidrostáticas como puncionamento, fendilhamento, ruptura por tração, desgastes, descolamento e esmagamento, conforme norma citada acima.

---

<sup>45</sup> Manta elastomérica de poliisobutileno-isopreno

<sup>46</sup> Manta de polietileno de alta densidade

A norma ainda prevê as exigências sobre a apresentação de aderência, flexibilidade, resistência e estabilidade físico-mecânica que devem ser compatíveis com as solicitações previstas, para atendimento de desempenho em relação à estanqueidade dos elementos construtivos e à durabilidade frente à ação da água, da umidade e vapor d'água, assim como aos desgastes por influência climática, térmica, química ou biológica.

Viu-se que, as coberturas verdes já promovem algumas destas proteções às impermeabilizações majorando sua vida útil e colaborando para o sucesso do sistema de impermeabilização, contudo, deve-se cuidar da proteção química e biológica.

Quanto aos detalhes construtivos a Norma 9575 (ABNT, 2003), recomenda que o caimento mínimo aplicado seja mesmo de 1%, como citado na execução da camada de regularização e que os coletores tenham diâmetro nominal mínimo de 75 mm rigidamente fixados à estrutura, assim como todos os elementos que atravessarem a impermeabilização, instalações, tubulações e etc. devem estar afixados no suporte. Se forem aparentes devem guardar 10 cm acima do piso pronto da impermeabilização.

Todos os encontros entre planos verticais e horizontais devem ser arredondados, assim como arestas, cantos vivos e possuírem detalhes de execução. Quando forem impermeabilizados planos verticais, estes devem ser executados com elementos rigidamente solidarizados às estruturas, até a cota final de arremate e prever os reforços necessários.

Nos planos verticais devem ser previstos encaixes para embutir a impermeabilização para o sistema que o exigir a 20 cm, no mínimo, acima do nível do piso acabado ou 10 cm acima do nível máximo que a água pode atingir.

Pode-se constatar, assim, que temos as ferramentas necessárias para empreender na execução de um bom sistema de impermeabilização para as coberturas verdes, como elementos construtivos, assim como os materiais elencados no mercado nacional com disponibilidade de opções e qualidade para o desempenho bem sucedido desejável, se estando atentos as prescrições e acuidade necessária na execução, também previstas na Norma 9574 (ABNT, 2009) válida a partir de 1º de janeiro de 2009 - Execução de Impermeabilização.

Considerando as coberturas da Antiguidade onde os sistemas devem ter sido impermeabilizados com toneladas de chumbo, a técnica vem evoluindo sistematicamente, proporcionando as opções e soluções necessárias ao seu bom desempenho.

## 5 ESTUDO DE CASOS

As coberturas verdes têm grande variedade de exemplos, com tecnologias diversas que vão desde as mais “orgânicas” até as mais sofisticadas. Nesse universo, optou-se por selecionar 4 estudos de casos distintos para uma avaliação das características, empregabilidade, materiais utilizados, trabalhabilidade ou facilidade para execução, requisitos e mão-de-obra empregados, avaliação da manutenção, sua periodicidade e custos efetivos e indiretos.

O objetivo é, além de analisar os benefícios que a cobertura verde pode representar no conjunto da obra, perceber qual é o diferencial conseguido que possa bem justificar seu emprego. Além disso, verificar a seleção dos sistemas, o planejamento e projeto, as soluções elencadas, o processo de execução, quais os critérios adotados e principalmente as estruturas de suporte e de impermeabilização e como estes elementos do sistema de coberturas verdes estão se comportando e qual seu desempenho.

Observa-se, entretanto, que tanto as técnicas quanto o custo, assim como a mão-de-obra e os materiais empregados variam muito dependendo da concepção da cobertura e qual uso se pretende fazer dessa estrutura *a posteriore*.

Com esse intuito selecionou-se estudos de casos bem distintos para que se possa visualizar melhor uma ponte entre os vários modelos existentes que podem ser praticados no nosso mercado e pudesse-se ter um referencial para análises pertinentes ao seu emprego efetivo nas obras de pequeno porte, individuais e até de cunho social. Assim, escolheu-se um exemplo de cobertura verde de baixo custo, com execução simplificada, com maior preocupação ecológica e considerando os parâmetros de sustentabilidade como prioridade, sem maiores preocupações com status social, mas com garantia galgada na experiência e conhecimentos empíricos dos profissionais envolvidos nas comunidades e transmissão cultural entre gerações.

Essa escolha se deu devido a oportunidade de conhecer um instituto de técnicas de bioconstrução, que inclui entre seus cursos o de coberturas verdes nesses moldes, e participando-se do curso onde executou-se uma cobertura verde com estrutura de suporte com material natural, constatou-se a importância desse tipo de conhecimento da técnica mais empírica. Essa experiência é relatada paralelamente no estudo de caso da cobertura verde executada na escola da comunidade da Babilônia no Rio de Janeiro, trazendo seus dados para explicitá-los e analisando-se melhor sob o ponto de vista de sua possível aplicabilidade em

obras de pequeno porte com baixo custo. A mão-de-obra é treinada primeiramente no instituto e posteriormente passada para a própria comunidade e empregada, para a disseminação da aplicação da técnica neste contexto. Trata-se de uma cobertura extensiva com vegetação de gramínea e impermeabilização em lona de polietileno, do tipo caminhoneiro.

Outro estudo de caso é a experiência da USP em São Carlos utilizando tecnologia experimental de impermeabilização para cobertura de um laboratório de pesquisas para a graduação e pós-graduação, já aplicada em células teste anteriormente na mesma instituição e pelo sucesso da experiência, foi novamente aplicada para aprofundamento dos estudos sobre comportamento térmico e refrigeração dos ambientes sob coberturas verdes em conjunto com análises sobre orientação solar das edificações, servindo de célula-teste para coleta de dados nesse laboratório no campus da universidade, onde foi aplicada e vivenciada ativamente pelos pesquisadores, monitorada por aparelhos de medição e também empiricamente. É uma cobertura extensiva com grama.

Um terceiro estudo de caso é no Condomínio Residencial Bom Pastor em Juiz de Fora, Minas Gerais na aplicação feita no PUC – Pavimento de Uso Comum, na área de lazer de 1035,40 m<sup>2</sup>, na área denominada pilotis sob as garagens. Trata-se de uma cobertura verde com objetivos estéticos e de valorização mobiliária das unidades, instalada num prédio de 20 andares com coberturas, considerado de alto padrão com extensa área de lazer da antiga Empresa Encol, conhecida por sua acuidade técnica, com projetos específicos e detalhamento mais minucioso. Nesse caso, é uma cobertura intensiva com vegetação diversificada, incluindo arbustos e arbóreos de maior porte.

O quarto estudo é analisado na Ecohouse Urca no Rio de Janeiro, um *retrofit* para melhoria das condições térmica e gastos energéticos com aplicação de técnicas de sustentabilidade e bioclimática que foi objeto de dissertação de mestrado<sup>47</sup>. A cobertura verde é uma das técnicas aplicadas para se atingir os vários benefícios projetados. Trata-se de uma cobertura semi-intensiva com vegetação diversificada de pequeno e médio porte.

Nesses estudos exploramos as características dessas coberturas verdes, os fins a que se propuseram, bem como quais as camadas constituintes de cada exemplo, as técnicas de impermeabilização e drenagem, os detalhes técnicos pertinentes a elas, a estrutura de suporte,

---

<sup>47</sup> Alta qualidade ambiental aplicada ao projeto de re-habilitação residencial urbana em clima tropical úmido: a Ecohouse Urca. Rose Alexandra Lichtenberg (2006).



a vegetação empregada, etc. para as conclusões pertinentes, enfocando os cuidados relativos aos dois pontos críticos elencados: a estrutura de suporte e a impermeabilização, por serem considerados grandes entraves para a aplicação e disseminação da técnica em grande escala de maneira cotidiana e corriqueira, como seria desejável.

## 5.1 CONSIDERAÇÕES COMPLEMENTARES

O TIBÁ<sup>48</sup>, Instituto de Tecnologia Intuitiva e Bio-Arquitetura foi criado em 1987, pelo arquiteto holandês Johan van Lengen com intuito de pesquisar e desenvolver protótipos de moradias sustentáveis e sistemas agroflorestais, como um instrumento para a disseminação de uma arquitetura mais integrada com a natureza. Situa-se em Bom Jardim no Rio de Janeiro a 200 km da capital, em meio a uma área coberta pela Mata Atlântica recuperada pelos seus idealizadores.

Seu fundador foi pesquisador de energia solar na UNICAMP, continuando a desenvolver novas ideias em tecnologia de construção. Busca através da arte e da ciência, da intuição e da lógica, da razão e do sentimento, a maior compreensão dos sistemas atuantes na Natureza e sua aplicação para promover uma conscientização ambiental mais profunda e ampliar a gama de soluções saudáveis para os problemas de adaptação e sobrevivência harmoniosa do homem com os outros sistemas da natureza na Terra. Lançou no livro Manual do Arquiteto Descalço, em 1997, as experiências e as técnicas que foram desenvolvendo nessa área com o objetivo de trazer a informação dessas técnicas de modo simples ao usuário direto, facilitando sua aplicação por pessoas comuns. O livro é considerado por especialistas da área como indispensável para compreensão e emprego de tecnologias apropriadas em construção, principalmente de baixo custo e baixo impacto ambiental, isto é, sustentáveis.

Contam com grande equipe, formada por profissionais multidisciplinares de áreas que se complementam e se especializam nos interesses comuns, como: arquitetos, fotógrafos, *webdesigner*, ceramistas, bioarquitetos, geo-biólogos, paisagistas, engenheiros florestais, construtores, agricultores familiares, profissionais de jardinagem e manejo agro-florestal.

---

<sup>48</sup> TIBÁ. Disponível em: < [www.tibarose.com](http://www.tibarose.com) >. Acesso em 02/03/2012.

A cobertura verde é uma técnica de grande aplicabilidade na bioconstrução e tem papel relevante na sustentabilidade, assim como fonte de soluções simples de baixo custo que atendam às comunidades carentes socialmente. Por isso, o Instituto mantém cursos regulares sobre construção de telhados verdes para disseminar a técnica e emprega em seus projetos sustentáveis com grande sucesso. Exemplos destes são: Instituto Baleia Jubarte - Bahia; Projeto Esperança da Terra no Pontal - sul da Bahia; Parque Paleontológico, Itaboraí - RJ; Faculdade de Arquitetura de Porto - Portugal; Centro Comunitário de Santa Maria - SP.<sup>49</sup>

Diante deste contexto, pode-se compreender melhor os intuitos e meandros da cobertura verde da Escola Tia Percília, no Morro da Babilônia - RJ e verificar a aplicabilidade do sistema de coberturas verdes de baixo custo e de cunho social.

Na comunidade da Babilônia localizada acima do Bairro do Leme, na cidade do Rio de Janeiro, o desafio proposto era providenciar um sistema sustentável para coleta de água da chuva para abastecer a Escolinha da Tia Percília que atende a 150 alunos, professores e funcionários, já que a água fornecida pelos órgãos oficiais não era suficiente, por ser construída em local precário sem planejamento urbano.

A solução encontrada foi a construção de uma cobertura verde com captador de águas pluviais e filtro biológico com pedra, areia, carvão e biomassa. O conjunto do sistema proposto incluía uma cisterna de 3000 litros. Tecnologia social de baixíssimo custo.<sup>50</sup> O conjunto fornece água potável e ecológica, sem cloro e já naturalmente mineralizada.

O projeto foi idealizado pela aluna Shanti Kleiman do MIT- Instituto de Tecnologia de Massachussets (EUA) e executada pelo Tibá Arquitetos<sup>51</sup>.

Com a coordenação de Peter van Lengen, a equipe do TIBÁ selecionou um grupo de construtores e marceneiros, moradores do morro para uma temporada de treinamento no Instituto, em Bom Jardim, na Serra Fluminense. O grupo recebeu aulas teóricas e práticas sobre diversas técnicas de bioconstrução (CAPELLO, 2008).

---

<sup>49</sup> TIBÁ. Disponível em: < [www.tibarose.com](http://www.tibarose.com) >. Acesso em: 02/03/2012.

<sup>50</sup> Prêmio Planeta Sustentável. Disponível em: < <http://planetasustentavel.abril.com.br/noticia/casa/premio-planeta-casa-2010-vencedores-603393.shtml> >. Acesso em: 09/03/2012.

<sup>51</sup> Projeto Babilônia. Disponível em: < [www.tibarose.com](http://www.tibarose.com) >. Acesso em: 10/03/2012.

## 5.2 MORRO DA BABILÔNIA, ZONA SUL, RJ <sup>52</sup>

### DESCRIÇÃO:

O sistema de cobertura verde foi aplicado sobre a área de telhado da escola, onde se localizava o refeitório substituindo a cobertura convencional antiga, com aprox. 75,20 m<sup>2</sup>, sobre uma base de placas de madeira MDF de 12 mm como estrutura de suporte da cobertura juntamente com os pilares já existentes. É executado conjuntamente um beiral em madeira resistente a intempéries para o confinamento do substrato e vegetação.

O telhado possui pequena inclinação para facilitar a drenagem, cujo dreno utilizado foi uma camada de brita na altura do sistema com a vegetação, com 10 cm de largura na extremidade da lateral de menor cota, separada do solo com uma tela, onde foram reutilizadas as usadas para ensacamento e transporte de cebola ou batata. Foram feitas as ligações para a captação da água coletada na tábua lateral de confinamento do dreno, de onde ela escoava já filtrada pelo solo e mineralizada pela brita e levada ao sistema da cisterna, para uso da escola. Sobre a base de suporte foram aplicadas uma camada de manta geotêxtil Bidim, a lona de polietileno de alta densidade recoberta de duas camadas de baixa densidade - 100% impermeável da marca Locomotiva, para proteção da camada principal de impermeabilização.

Sobre a manta de baixa densidade, foi colocada uma proteção de feltro (geotêxtil) com função separadora, filtrante, facilitadora da função drenante. Para proteção mecânica foi, ainda aplicada uma camada de areia, logo acima, o substrato e a vegetação de grama em rolo.

Este projeto foi executado em 2008 e está descrito no site do instituto do TIBÁ. Teve sua complementação de dados no curso de coberturas verdes proferido em outubro, de 20 a 22 de 2011 no referido instituto do qual a autora participou.

---

<sup>52</sup> TIBÁ. Disponível em: <[www.tibarose.com](http://www.tibarose.com)>. Acesso em: 02/03/2012.

PROJETO:

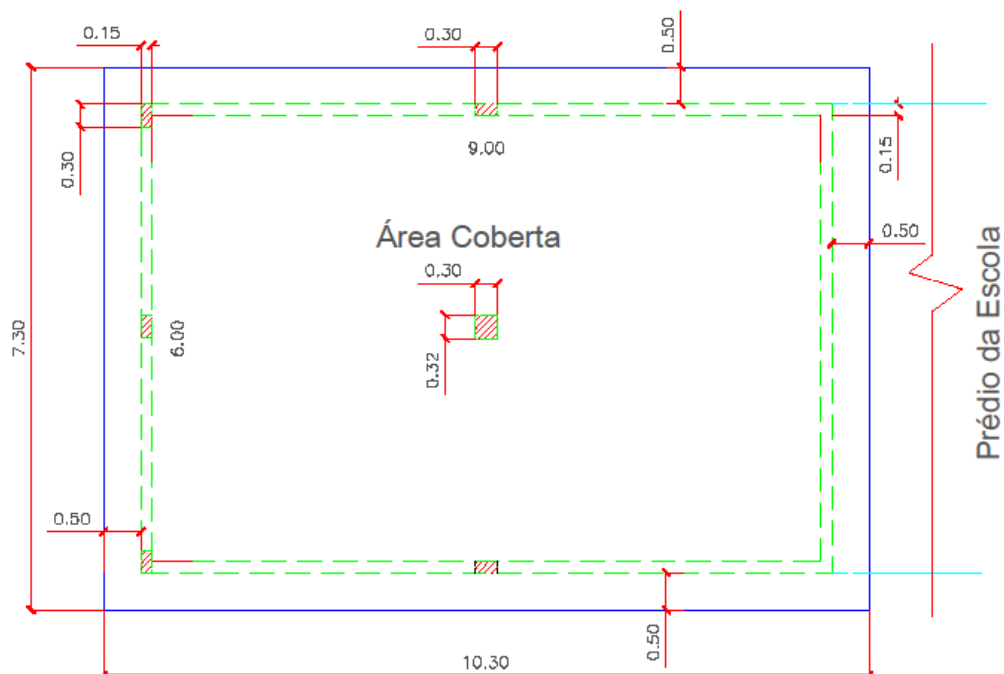


Figura 9 – Planta Baixa da cobertura do Projeto Babilônia  
Fonte: Elaborado pela autora.

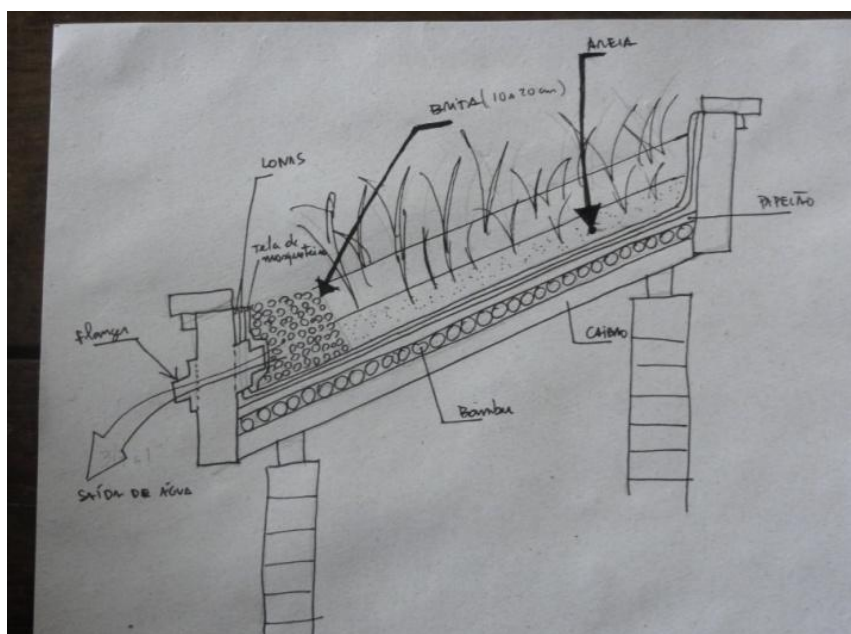


Figura 10 – Corte esquemático de uma cobertura similar ao do projeto Babilônia  
Fonte: Foto da autora em 22/10/2011.

## CONSTRUÇÃO:

O processo iniciou-se com a construção de uma estrutura em madeira maçaranduba de boa qualidade, resistente às intempéries para suportar 150 kg/m<sup>2</sup>, com vigas, caibros e ripamento adequadamente dimensionados, executada apoiada nos pilares existentes. A carga é composta pela biomassa (terra), água (com encharcamento) e pedra (dreno de brita), mais camada de areia, normalmente de 3 cm, que é colocada para proteção mecânica na execução e tráfego de pessoas para manutenção e utilização da área. Conforme ilustra a figura abaixo:



Figura 11 - Estrutura de madeira sendo montada para receber a base de suporte.  
Fonte: < [www.tibarose.com/port/projetos-babilonia.php](http://www.tibarose.com/port/projetos-babilonia.php) >. Acesso em: 23/04/2012.

A camada de base para o suporte do sistema foi montada sobre o ripamento de madeira com as chapas de MDF de 12 mm. As tabeiras laterais foram executadas com madeira resistente a exposição ao tempo com a altura suficiente para conter a biomassa, a grama fornecida em rolos de 0,50 m por 2,00 metros com pelo menos 5 cm de altura e uma folga de 5 cm, também na vertical, para excesso de água em chuvas fortes, usa-se normalmente, um total de 15 a 20 cm de altura de tabeira de confinamento. Sobre a camada de base foi aplicada uma camada de manta Bidim para proteção da lona de impermeabilização.

A impermeabilização executada foi com a lona de polietileno (lona de caminhoneiro), e sobre esta aplicada a camada de feltro, para proteção da lona. Estas foram bem fixadas nas laterais com uma ripa de madeira de 2 cm.



Figura 12- Retirada do excesso do geotêxtil deixando sobra para fixação do sistema.

Fonte:< [www.tibarose.com/port/projetos-babilonia.php](http://www.tibarose.com/port/projetos-babilonia.php)>.  
Acesso em: 23/04/2012.

A lona foi desenrolada sobre a superfície pouco a pouco, de acordo com o andamento e desenvolvimento da aplicação, completando o espaço, desenrolado juntamente com as camadas pertinentes como o feltro, que foi aplicado por cima e simultaneamente foram sendo executado o dreno na extremidade da menor cota no sentido do caimento. A camada de areia foi sendo espalhada por cima do feltro, seguida da camada de terra, sobre a qual foi desenrolada a vegetação, que foi usada em conjunto com as outras aplicações, para melhor preservar a impermeabilização e evitar possíveis danos a lona de polietileno utilizada.



Figura 13- Execução das várias camadas simultaneamente.

Fonte:< [www.tibarose.com/port/projetos-babilonia.php](http://www.tibarose.com/port/projetos-babilonia.php)>.  
Acesso em: 23/04/2012.



Figura 14 - Camada de areia sendo aplicada sobre o geotêxtil e a lona de impermeabilização. Aplicação da terra e grama.  
Fonte:< [www.tibarose.com/port/projetos-babilonia.php](http://www.tibarose.com/port/projetos-babilonia.php)>. Acesso em: 23/04/2012.

Os drenos que foram executados em brita sobre as lonas de impermeabilização com 10 cm de largura e profundidade adotada no projeto para a cobertura e separados da biomassa por telas tecidas em matérias plásticas de ensacamento de legumes como batatas ou cebolas, que serviram de filtro para impedir que a biomassa entupa o sistema de drenagem.



Figura 15- Sistema de drenagem pronto com brita construído lateralmente.  
Fonte:< [www.tibarose.com/port/projetos-babilonia.php](http://www.tibarose.com/port/projetos-babilonia.php)>. Acesso em: 23/04/2012.





Figura 16- Cobertura verde concluída.

Fonte: <[www.tibarose.com/port/projetos-babilonia.php](http://www.tibarose.com/port/projetos-babilonia.php)>. Acesso em: 23/04/2012.

### 5.2.2 Considerações sobre as coberturas verdes executados nos cursos ministrados

Uma estrutura de madeira é executada em peças de madeira que podem ser serradas (com lixamento ou acabamento) ou não serradas (bruta), dependendo do acabamento estético desejado, se a estrutura é aparente ou embutida. A madeira escolhida deve ter as características de resistência necessárias tanto quanto aos esforços de solicitação projetados, quanto resistência aos efeitos nocivos do meio ambiente, onde se encontre. O cálculo feito deve considerar a carga do peso próprio da madeira e as cargas das camadas relevantes que compõe a cobertura como a carga permanente e a acidental. As cargas permanentes serão a carga da biomassa, da camada de grama e do dreno de brita. Já a carga acidental será a carga que a cobertura poderá ter que suportar, caso venha ter uso como piso utilizável pelos usuários em questão, diferenciando da carga do uso somente para manutenção.

Uma forração deve ser colocada sobre o encaibramento de madeira para conter as camadas que serão sobrepostas. No estudo de caso, foram utilizadas placas de MDF de 12 mm entretanto, outros materiais podem ser utilizados para cumprir essa função, observando a resistência necessária tanto da carga, quanto se está sujeito à exposição a intempéries, como sol, chuva e etc. e em qual grau isto está ocorrendo. Isto determinará as características e propriedades necessárias ao material que o forro deverá ter e seu custo será influenciado diretamente por isso. Nos cursos e em outros exemplos, normalmente utiliza-se bambus como suporte, tornando as coberturas ainda mais sustentáveis.



Uma tabeira de madeira é executada fechando as laterais para promover a altura necessária para a contenção da biomassa, de acordo com o projeto paisagístico projetado. Normalmente é usada uma altura de 20 cm para conter 10 cm de biomassa, mais a camada de grama de 5 cm, deixando uma folga de 5 cm, como segurança, para casos de chuvas muito intensas com grande volume de água em curto período de tempo, prevenindo eventuais transbordamentos. A altura mínima recomendada é 15 cm.



Figura 17: Bambu mirim, canela, maçaranduba e jacaré: todos os materiais do local e tubos de saída de drenagem no projeto em Santa Maria, SP.

Fonte: <[www.tibarose.com/port/projetos-santa\\_maria.php](http://www.tibarose.com/port/projetos-santa_maria.php)>. Acesso em: 28/05/2012.

São instalados flanges e tubos de PVC, peças hidráulicas para promover à condução da água que irá ser filtrada nas coberturas verdes, como suas saídas necessárias e peças de ligação aos condutores para conduzi-la ao sistema de águas pluviais ou aos reservatórios para seu reuso, em outros sistemas de abastecimento instalados. O dimensionamento dos flanges será calculado em função da extensão da área do telhado e serão utilizados em número suficientes para o esgotamento eficiente do volume acumulado na cobertura verde; em coberturas de maior extensão são colocados de 2 em 2 metros lineares.

A instalação requer a furação da tabeira com ferramental apropriado como furadeiras acopladas com serra-copo, no nível mais baixo para onde o caimento for direcionado. Recomenda-se que seja no ponto mais baixo possível evitando acumular a água no dreno. Pequenos acúmulos de água resultantes do posicionamento dos flanges de saídas de água poderão acontecer, mas a água acumulada não será problema, pois tende a evaporar-se rapidamente.

As lonas de polietileno de alta densidade juntamente com a membrana para proteção UV (lona usada em estufa, transparente) são as utilizadas na camada de impermeabilização, para evitar a ação dos raios ultravioleta e retardar o envelhecimento precoce da lona de polietileno. As lonas UV são aplicadas para aumentar a vida útil da lona, aumentando a eficiência da impermeabilização e reduzindo sua manutenção e custos na avaliação pós-ocupação (APO).

As lonas são aplicadas sobre a superfície forrada, cobrindo inclusive as tabeiras laterais, deixando-se uma folga nas extremidades. Essa é a etapa mais delicada, pois a lona pode ser facilmente danificada. Estas são, então, preparadas fora da área a ser aplicada. São desenroladas, esticadas e sobrepostas. São cortadas no tamanho desejado, acrescentando-se a medida do fundo, as laterais e as folgas para sua posterior fixação no topo das tabeiras.

A aplicação das mantas tem que ser conjunta com a aplicação da biomassa mais a grama para proteção das mesmas. Por isso as mantas são dobradas sobrepostas e sobem para a forração, onde são desenroladas por trechos que são preenchidos com biomassa e a camada de grama, de modo que as lonas ficam abertas e expostas em partes que são prontamente preenchidas, evitando e minimizando quaisquer danos que possa ocorrer na sua aplicação.

O manuseio de ferramentas também deve ser planejado e pensado de modo a se evitar sua utilização e sua manutenção sobre as lonas esticadas, pois são as causas mais frequentes de danos nas lonas como rasgos, perfurações e riscamentos que podem inutilizar as lonas como agentes impermeabilizantes.

Aplicadas as lonas, a biomassa é transportada pouco a pouco, espalhada sobre as lonas cuidadosamente e em seguida as placas ou rolos de gramas são colocados e assentados, trazendo o andamento da execução a um só tempo e deixando terminada a tarefa de montagem da cobertura verde. Uma vez terminada a montagem das camadas, é executada a fixação das lonas nas laterais com régua fina de madeira de 2 cm de largura. Nesse emprego, a madeira escolhida deve ter grande resistência a intempéries, pois ficará sujeita as variações de temperatura, insolação e chuvas, além das agressões por elementos nocivos incorporados ao ar.

A vegetação pode ter uma variação e outras plantas são empregadas com sucesso substituindo a grama. As orelhas de rato (*Vandellia diffusa*)<sup>53</sup> ou douradinha do campo são muito utilizadas no Instituto TIBÁ em coberturas verdes feitas para ensino e cursos dados no local. A manutenção da vegetação é periódica, mas em intervalos de tempo bem espaçados, se for a grama a cobertura escolhida.

Se forem as suculentas, menos ainda haverá necessidade de manutenção. Normalmente, se retira as ervas de seis em seis meses e plantas maiores, cujas sementes são trazidas pelo vento ou por pássaros, evitando que plantas de médio e grande porte se instalem na cobertura e possam prejudicar seu funcionamento. Plantas maiores requerem maior camada de substrato e outros cuidados com a estrutura e suporte e com a impermeabilização.

Esse planejamento cuidadoso é essencial para que este método e tecnologia possam ser utilizados e se obtenha a eficiência requerida pelo projeto de cobertura com todas as suas vantagens.

Verifica-se que este estudo de caso, que utiliza materiais mais naturais e com custos bem baixos tem eficiência e desempenho tão bons quanto os outros sistemas estudados, ampliando sua aplicabilidade às edificações de cunho social e baixa renda, com o adicional de sua execução ser muito mais simples e facilmente aprendida e apreendida pelo usuário que dela quiser fazer uso. É uma prática mais democrática e permite a participação dos que quiserem ser envolvidos, somente com um treinamento e acompanhamento de uma pessoa que conheça bem a técnica.

Entretanto, em nenhum momento seu planejamento e execução foi descuidado ou omissos. Tanto o planejamento quanto a execução foram criteriosamente bem executados e todos os detalhes acompanhados, o que garantiu o desempenho ótimo projetado, conforme as expectativas sejam de eficiência em conforto térmico para o refeitório que passou a abrigar outras atividades, seja na utilização da área como lazer pela comunidade, aumentando efetivamente a área útil da escola, seja bem pelo valor estético que suavizou a aparência da escola ou pela captação de água para reuso que foi o grande mote para a implantação do sistema. A captação armazenada na cisterna de 3000 l proporcionou um grande ganho para toda escola e comunidade com o fornecimento de água filtrada e mineralizada com qualidade

---

<sup>53</sup> Botânica. Erva anual e prostrada, da família das escrofulariáceas, tem folhas pequenas, serradas e pilosas com flores que não ultrapassam 6 mm. Disponível em: FERREIRA, Aurélio B.H. **Novo Dicionário Eletrônico Aurélio v 5.0**. 3 ed. Rev. e atual.[S.l.]: Positivo, 2004. Acesso em: 14/06/2012

que quase a deixa “potável”, conservada por um filtro biológico que mantém suas qualidades e servindo tanto no âmbito particular da escola quanto atendendo à comunidade. Após sua instalação, outros equipamentos públicos da comunidade, já planejavam instalar outras coberturas para sanar o abastecimento precário da área pelo poder público.

A impermeabilização com as lonas de polietileno funcionam perfeitamente e cumprem o desempenho esperado com o funcionamento projetado. São mantas com vida útil de 20 anos, que podem ser majorados pela proteção da camada de substrato e vegetação e lona UV, com facilidade de substituição, por se tratar de um sistema mais simples com menos camadas, em área aberta com acesso sem restrições, para a manutenção e com custos mais baixos tanto de material como de mão-de-obra.

Quanto à estrutura temos que seus elementos foram dimensionados para o carregamento e utilizam materiais comuns e de preços acessíveis como se projetou. A estrutura de madeira tem sua vida útil normalizada como em qualquer telhado, sendo uma madeira de boa qualidade com resistência apropriada, é um material muito próprio às áreas litorâneas, em função de problema de oxidação por maresia e resistente às cargas que a solicitam.

O suporte para o carregamento foi executado em placas de MDF de 12 mm com custo relativamente baixo e pertinente às condições do projeto, mas também poderiam ter utilizado varas de bambu com resultado similar ou MDF de 6mm, caso não fosse ser utilizada com permanência de pessoas da comunidade. No entanto, a utilização de bambu poderia ser dificultosa, por talvez não haver o material disponível no local.

Consta-se com esse estudo de caso que imputar ao alto custo com tecnologia sofisticada, mão-de-obra especializada e materiais caros não são fatores que determinam o desempenho e eficácia do sistema e em nada impedem a opção por uma cobertura verde e que nesse caso em particular a soma dos elementos como planejamento, conhecimento da técnica, materiais comuns adequadamente empregados com segurança, cuidado e responsabilidade fazem deste e de qualquer projeto um caso de sucesso com benefícios multiplicados por todo o entorno da escola, beneficiando um número muito maior de pessoas com criatividade aumentada e redução dos recursos empregados de toda ordem.



Figura 18 – Resultado: valorização do espaço e qualidade para os usuários.  
Fonte: [www.tibarose.com/port/projetos-babilonia.php](http://www.tibarose.com/port/projetos-babilonia.php). Acesso em: 23/04/2012.

### 5.3 A CONSTRUÇÃO EXPERIMENTAL EM SÃO CARLOS - SP

#### DESCRIÇÃO:

Essa cobertura foi aplicada em uma edificação que se encontra no Campus da Universidade de São Paulo, no município de São Carlos, onde se encontra o laboratório de pesquisas para alunos de graduação e pós-graduação. As paredes e laje de cobertura são compostas por painéis de concreto alveolar com 10 cm de espessura e sistema de cobertura verde leve - CVL, que pelo sucesso obtido sobre os parâmetros de conforto térmico e eficiência energética que alcançaram numa célula-teste com a referida cobertura construída no campus anteriormente, encorajou a decisão de repetir a experiência numa escala maior. A cobertura servirá para coleta e análise de dados para pesquisas como área de teste, ampliando a utilização da cobertura. Essa experiência foi descrita em Lima (2009).

#### PROJETO:

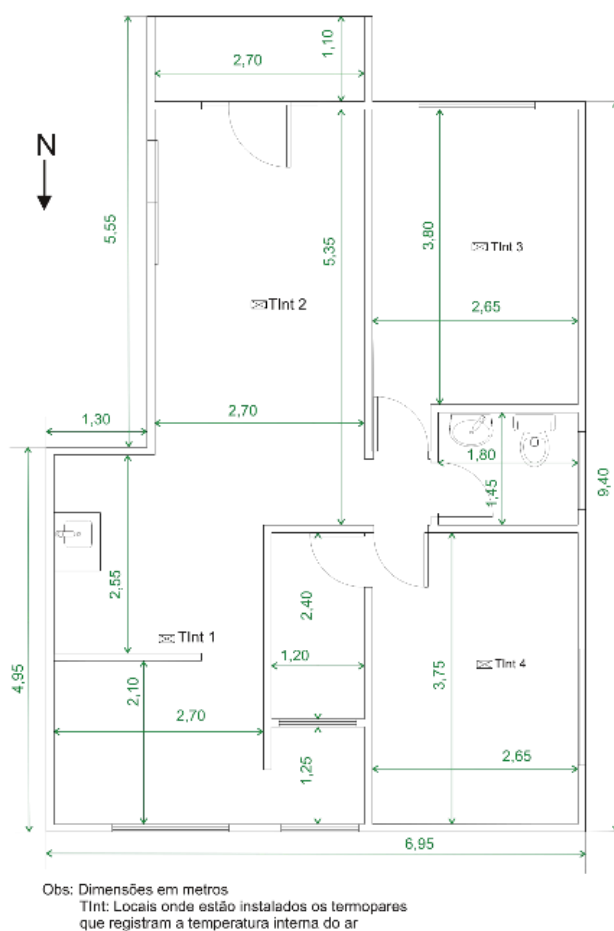


Fig. 19 – Projeto da Edificação do Laboratório com CVL analisada.  
Fonte: LIMA (2009)

## CONSTRUÇÃO:

Sobre a laje de concreto alveolar construiu-se uma platibanda de alvenaria com duas fiadas de tijolos maciços para confinar e impedir que o substrato escorra, instalam-se as canaletas de drenagem para escoar a água de regas e das chuvas, que seriam armazenadas em uma cisterna para reuso na descarga da bacia sanitária.



Figura 20 - Execução das platibandas e colocação dos tubos para drenagem e captação da água.  
Fonte: Lima (2004).

Depois se procede a limpeza da laje. Em seguida aplica-se uma nata de cimento e látex em iguais proporções para realizar o pré-tamponamento dos poros existentes no concreto da laje, o que gera uma grande economia de impermeabilizante posteriormente. A nata é aplicada na laje com rodo e na platibanda com pincel de pintura.



Figura 21- Aplicação da nata de cimento com látex na laje e na platibanda  
Fonte: Lima (2004).

Depois de 48 horas segue-se a impermeabilização da laje. O impermeabilizante utilizado é um biopolímero a base de resina poliuretana, desenvolvido pelo IQSC - USP e fabricado pela Construquil Polímeros Indústria e Comércio Ltda.

É produzido a partir de óleo vegetal de mamona (*Ricinus- communis*), de fonte renovável, não tóxico, não provocando prejuízos ao meio ambiente ou a saúde de quem o manipula ou do usuário final. Essa resina poliuretana é obtida pela mistura de um polioli com um pré-polímero. Ela impregna os poros e capilares e posteriormente polimeriza-se formando um filme sobre a superfície. A aplicação utiliza-se de rolos de pintura e é bastante simples.



Figura 22 - Aplicação do impermeabilizante com rolos de pintura  
Fonte: Lima (2004).

Depois de impermeabilizada coloca-se o geocomposto MacDrain 2L de característica leve e flexível produzido pela Maccaferri, para facilitar a drenagem. O geocomposto é formado por definição por dois geossintéticos. O núcleo tem uma membrana tridimensional fabricada a partir de filamentos de polipropileno ou poliamida (nylon) com espessura entre 10 e 18 mm e contendo índices de vazios em torno de 95%, sendo termossoldados, a um ou dois geotêxtis não tecidos de poliéster em todos os pontos de contato. O geotêxtil tem a função filtrante, permitindo a passagem da água retendo, entretanto, as partículas de solo. Sobre o geocomposto é colocado o substrato peneirado, composto por terra comum com 10 cm, para a sobrevivência da grama e sobre este os tapetes de grama batatais (*Paspalum notatum*), por seu baixo custo para uso em quantidade e bastante comum na região.



Para redução de peso construtivo da cobertura reduz-se ao máximo a quantidade de substrato, pois esse é o material construtivo de maior massa. A espessura da camada de substrato considerada suficiente para a sobrevivência da grama é de aproximadamente 10 cm, embora em algumas literaturas cite de 5 a 6 cm como suficientes.

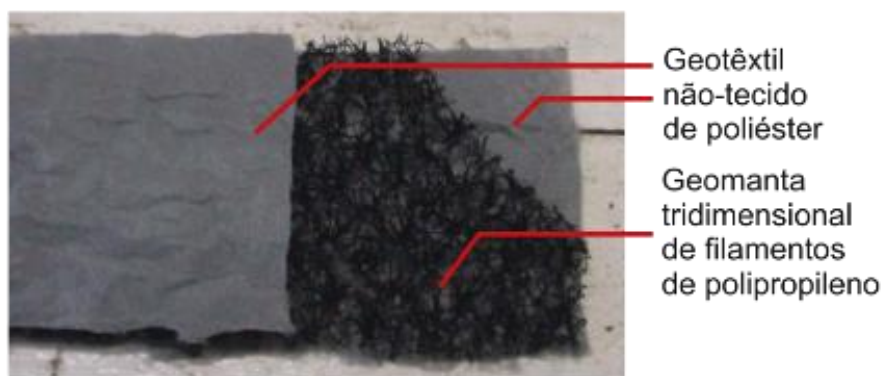


Figura 23 - Imagem com detalhe das camadas do geocomposto, geomanta e filamentos.  
Foto: Lima (2007).



Figura 24 - Colocação de substrato sobre o geocomposto e colocação da grama  
Fonte: Lima (2004).

Esse sistema construtivo apresenta desempenho térmico frente ao calor e ao frio relativamente superior ao sistema de cobertura de telhas cerâmicas, conforme dados colhidos no campus nas pesquisas realizadas. Tem-se a vantagem de ser utilizada como fonte de água coletada das chuvas em uma cisterna para uso posteriormente em outras atividades.

Construtivamente, o sistema de coberturas verdes leves tem um perfil que envolve camadas mistas, que variam conforme a tecnologia adotada. Inúmeras técnicas são descritas e encontram-se gradualmente em processo de aprimoramento e desenvolvimento (OHNUMA JUNIOR, 2008).

O sistema de CVL é uma solução construtiva eficiente e apresenta desempenho térmico relativamente superior em relação aos convencionais cobertos por telhas cerâmicas ou fibrocimento que são os mais difundidos no país, ainda. Aplicados em grande escala auxiliam no controle das enchentes nos grandes centros, por absorver parte das águas de chuva e gera um atraso no escoamento superficial das águas de chuva (*run-off*) (LIMA, 2009).

O sistema de Cobertura Verde Leve- CVL aplicado na USP de São Carlos tem inovações e diferenciais técnicos quanto aos materiais elencados e emprego de materiais nacionais aqui desenvolvidos, que podem facilitar e ampliar a aplicação das coberturas verdes quanto aos dois pontos críticos pesquisados nesse trabalho.

Na estrutura, o sistema CVL apresenta uma redução de carregamento pela redução de peso da camada drenante, substituída pelo geotêxtil Mc Drain 21L com desempenho louvável, fruto da pesquisa e experiência do Prof. Francisco Vecchia em 2005, na USP de São Carlos.

Na impermeabilização uma membrana flexível moldada *in loco*, aplicada com rigor da técnica e acuidade na execução, que embora seja de simples aplicação, não dispensa a atenção aos detalhes. Desenvolvida com matérias sustentáveis desde a procedência como a base de óleo de mamona, até o não comprometimento da saúde de quem a aplica, incorre nos quesitos mais difíceis dos princípios da sustentabilidade.

Experiências como estas, as CVL's e a camada de impermeabilização, desenvolvidas na USP- Campus São Carlos, são motivo de orgulho e incentivo para a área de pesquisa científica brasileira. O sucesso do desenvolvimento de técnicas apropriadas ao nosso clima, com materiais abundantes no nosso território com comprovação de eficiência na aplicação no produto final tem consequente redução de custos posteriores que possibilitarão a divulgação da técnica e seus benefícios. Além disso, promove sua aplicação mais democrática, bem como tem adequação às nossas condições, sejam climáticas, sociais ou econômicas.

## 5.4 RESIDENCIAL BOM PASTOR JUIZ DEFORA MG

### DESCRIÇÃO:

O Edifício Residencial Bom Pastor está situado na Rua Vicente Mazini nº 265, no Bairro Bom Pastor em Juiz de Fora, Minas Gerais. Trata-se de um condomínio de alto padrão com 20 andares, 3 pavimentos de garagem e pilotis sobre laje com área de lazer, com saunas, salões de festas, bar, copa, banheiros femininos e masculinos, churrasqueiras, piscina para adultos e infantil, área de jardins, onde está instalada a cobertura verde de 1035,40 m<sup>2</sup>, do tipo intensiva com vegetação arbustiva diversificada e grama. Os projetos são 1993/1994 e a obra foi concluída em 1995 pela Construtora Encol.



Figura 25 - Vista da área de lazer onde foi executada a cobertura verde intensiva com espécies arbustivas de maior porte  
Fonte: Foto tirada da autora em 18/05/2012.

### PROJETO:

O projeto arquitetônico e paisagístico é composto pela área das piscinas adulto e infantil num nível superior de cota +112,70 com ducha e cascata na parte posterior destas, circundadas por deck de madeira e bancos, playground com bancos, brinquedos em piso drenante revestido de plurigoma com jardineiras ladeando todo o contorno e o desnível para cota +112,35 que dão acesso à entrada para os salões de festas, bar, copa, sanitários, administração e etc.

Na parte frontal, estar com vista panorâmica da cidade, equipado com bancos, postes e iluminação, escadas de acessos largas em desenhos geométricos acompanhados por jardineiras por todos os lados.

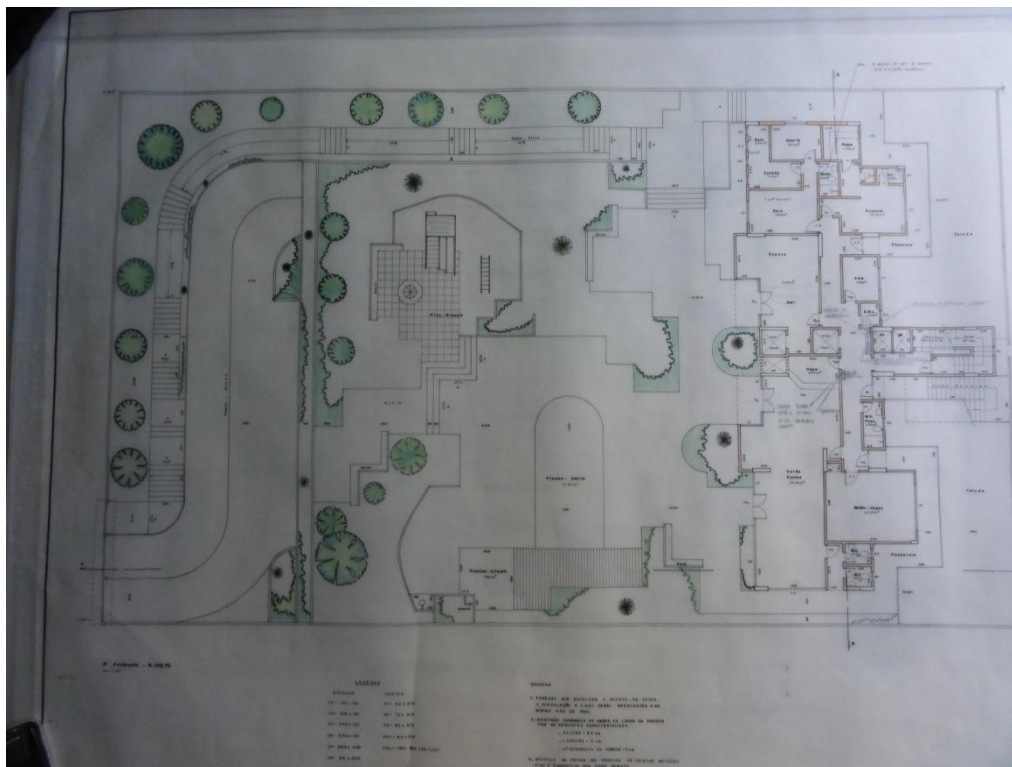


Figura 26- Planta Baixa do PUC- Pavimento de Uso Comum com área de lazer no pilotis.  
Fonte: Foto da autora em 18/05/2012.

O projeto da cobertura verde intensiva é constituído por 9 camadas, a saber: vegetação arbustiva diversificada de médio e pequeno porte, substrato com 35 cm de altura, geotêxtil Bidim como filtrante, camada de drenagem de cinasita, camada de regularização com caimento, camada de proteção da impermeabilização, manta asfáltica de impermeabilização, camada de proteção e laje pré-moldada de concreto.

### CONSTRUÇÃO:

A construção seguiu os projetos arquitetônicos e o detalhamento dos projetos executivos e as recomendações do ADPRO- Departamento de Impermeabilização da empresa ENCOL sob a responsabilidade do engenheiro Waldomiro Salomão Junior, sendo que a impermeabilização ficou a cargo da empresa juizdeforana Eficitec Ltda, que seguiu além dos projetos, as normas da ABNT pertinentes.

Os materiais utilizados para a execução na laje vegetada e jardineiras existentes sobre a mesma foram:

- A) as impermeabilizações com manta asfáltica da Viapol Impermeabilizantes – SP;
- B) drenagem, atividade Bidim da Rhodia - SP;
- C) massa impermeável da SIKA S.A;
- D) asfalto aplicado para colagem da manta da Asfaltos Vitória Ltda;
- E) neoprene/hypalon da Impermab Ind. E Com. Ltda – SP;
- F) Isolante térmico da Basf Brasileira S.A. São Bernardo do Campo - SP;
- G) utilizado antes da colagem da manta da Denver Id. E Com. Suzano - SP;
- H) Epóxi da SIKA S.A;

Conforme os detalhes abaixo:

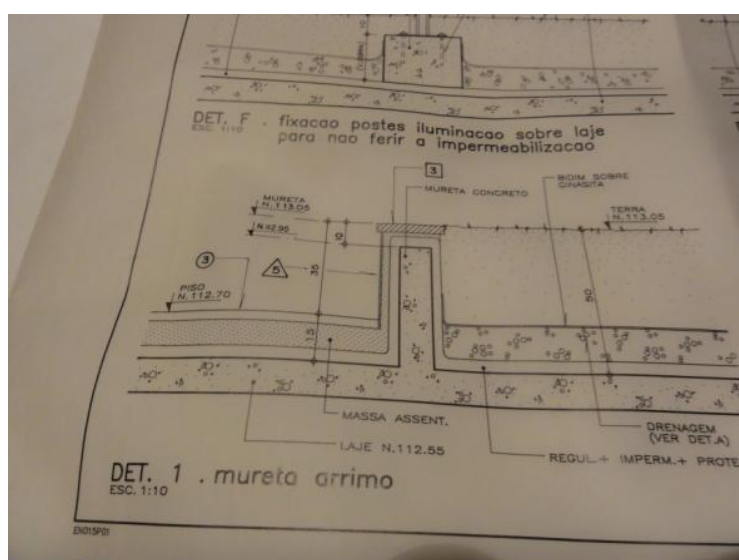


Figura 27 - Detalhes construtivos da impermeabilização da mureta de arrimo de proteção lateral e do encontro das áreas de piso e jardineiras e das interferências como postes de iluminação.

Fonte: Foto da autora em 18/05/2012.



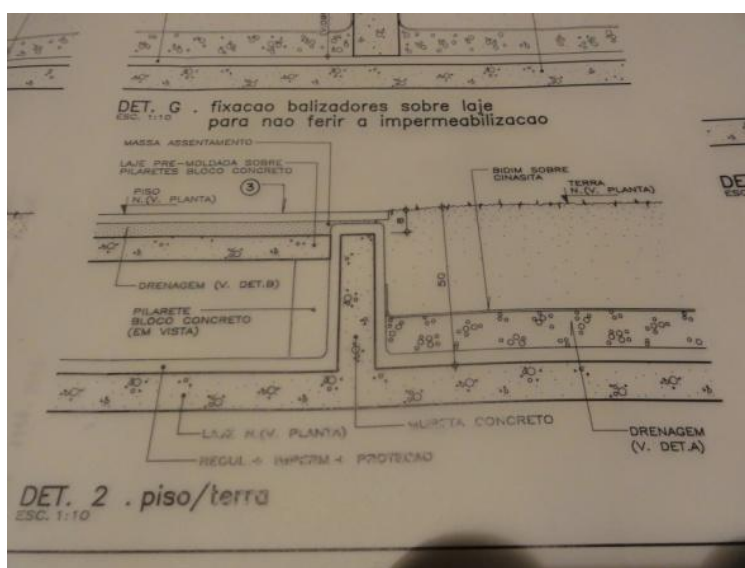


Figura 28 - Detalhes construtivos da impermeabilização das floreiras com as camadas de impermeabilização e interferências como os balizadores.  
Fonte: Foto da autora em 18/05/2012.

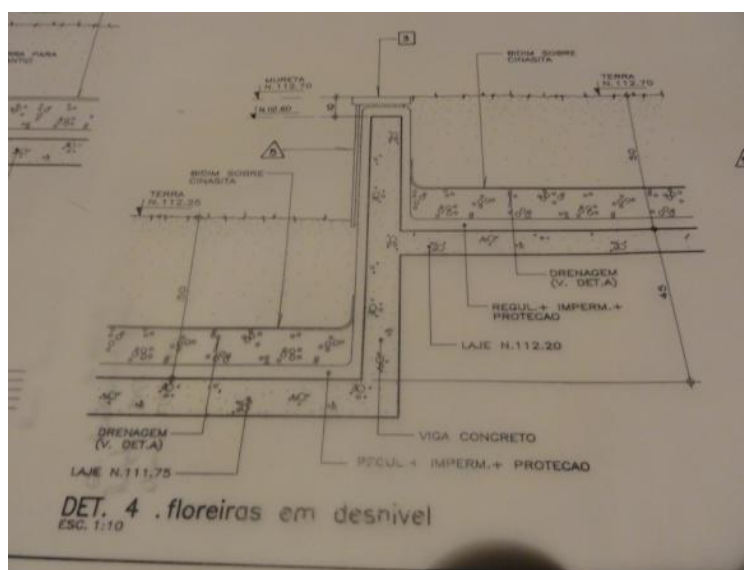


Figura 29 - Detalhe construtivo da impermeabilização, drenagem e proteção lateral das floreiras.  
Fonte: Foto da autora em 18/05/2012.

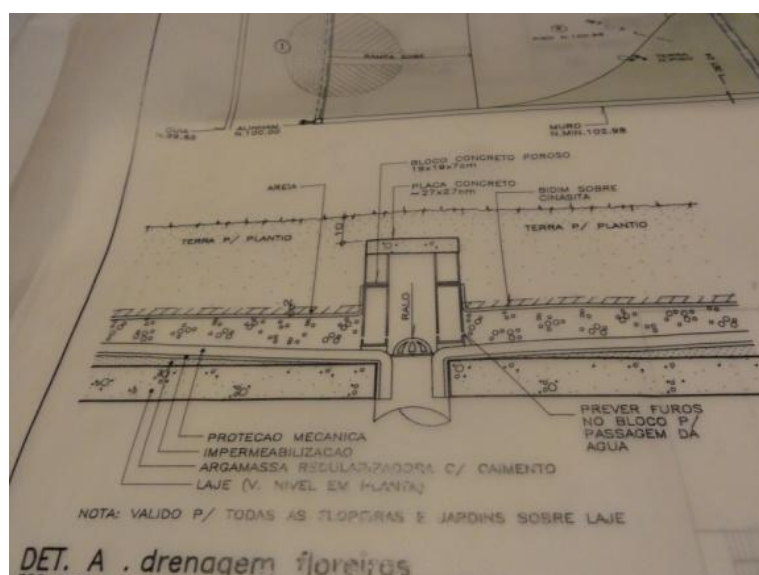


Figura 30 - Detalhe construtivo da drenagem, impermeabilização, regularização e proteção mecânica das floreiras.

Fonte: Foto da autora em 18/05/2012

Viu-se que essa cobertura verde difere das anteriores pela inserção de mobiliário como bancos e postes de iluminação, balizadores e etc. Se constitui de área descontínua com confinamento das áreas vegetadas em jardineiras designadas floreiras, com inclusão das piscinas e área de ducha, playground, estar para contemplação da vista panorâmica e várias interferências que em nada prejudicaram o desempenho positivo e o sucesso do projeto, cuja área foi impermeabilizada na sua integridade, além de todas as interseções, desníveis e detalhes arquitetônicos. Ressalta-se que todas as interferências foram detalhadas minuciosamente e executadas seguindo as recomendações da Norma de impermeabilização com as devidas proteções previstas.

O dimensionamento do carregamento na estrutura foi devidamente calculado para o suporte da laje de concreto, com detalhamentos construtivos que seguem modelo adotado em quase todos os prédios da construtora. Foi implantada aproveitando em parte os desníveis do terreno, com todos os 3 primeiros pavimentos designados às garagens e sobre a laje do último é projetado um PUC (Pavimento de Uso Comum), onde está inserida uma infraestrutura bastante completa de áreas para uso social e de lazer dos moradores, com torre dos pavimentos tipo, deslocada para a parte posterior do platô.

É uma edificação que já tem 17 a 18 anos de uso e não apresentou nenhum problema em relação à cobertura verde intensiva, seja quanto ao aparecimento de trincas, fissura por

recalques estruturais ou dilatação e retração dos materiais empregados, seja na impermeabilização ou no suporte e elementos complementares como muretas de proteção, por exemplo. É um caso onde o custo-benefício justificou com larga margem de vantagem a favor da implantação da cobertura verde como se recomenda, garantindo seu desempenho e eficácia como sistema de cobertura com aproveitamento total da área onde foi implantada.

Considerando que os custos podem ter sido superiores, se comparados com uma aplicação sem tanta acuidade com os detalhes, verifica-se que o custo da manutenção foi minimizado, o que comprova que depois de alguns anos de uso, esse custo se dilui e a ausência de reparos e manutenção intensiva o torna mais econômico e competitivo, o que em curto prazo, poderia ter parecido oneroso.



## 5.5 ECOHOUSE URCA - RJ

### DESCRIÇÃO:

O projeto que inclui as coberturas verdes foi executado numa residência unifamiliar de 1930, com 3 pavimentos em dois corpos separados por um pátio interno com registro de várias outras modificações, na Av. São Sebastião, 270 no Bairro Urca, zona litorânea do Rio de Janeiro, com área total de 288 m<sup>2</sup>, num terreno de 168m<sup>2</sup>, encostada nas divisas. Este estudo de caso encontra-se retratado em Lichtenberg (2006).

Essa edificação foi objeto de uma intervenção nos moldes sustentáveis, com enfoques na otimização dos recursos, solucionando os problemas da residência pertinentes na escala individual, do seu entorno, colaborando no âmbito social, econômico e ambiental.

Finalizada em março de 2004, este projeto de *retrofit*, promoveu o conforto térmico da edificação, observado em 79,7% das 6982 horas/ano computadas e monitoradas na experiência.

Encontra-se situada numa área de clima tropical úmido sujeito a grandes temperaturas por insolação, minimizado também com arrefecimento passivo, projetado para eficiência energética, conservação do uso da água no projeto com previsão de coleta e reuso de águas pluviais, mitigando o *run-off* e a inundações a que rua está sujeita, quando chove muito.

As superfícies do seu entorno tem alto índice de impermeabilização e outros pontos abordados como: problemas de esgoto que sendo bombeado para os emissários de Copacabana, por se tratar de uma área de baixa drenagem, sem tratamento, provocam regularmente a ruptura das tubulações sob as calçadas e ficam a céu aberto.

Ainda é sujeita a restrições no gabarito de construções e aos desmontes significativos, por se tratar de uma área de proteção ambiental dos Morros do Pão de Açúcar, da Urca e da Babilônia, onde se localiza nosso outro estudo e por se caracterizar por altas declividades nas encostas do maciço da Tijuca e com alto índice de IDH (=0,929), as intervenções atuam nas questões estéticas, psicológicas, valorização da edificação e da majoração de sua área útil, com carência registrada de áreas verdes e poluição sonora do bairro, onde foram implantadas.



Figura 31- Fotos aéreas do bairro da Urca.

Fonte: <[http://www.worldsat.ca/interactive\\_zoom/1m\\_rio.html](http://www.worldsat.ca/interactive_zoom/1m_rio.html)>. Lichtenberg (2006).



Figura 32- Vista da Ecohouse do alto do Morro da Urca.

Fonte: Lichtenberg (2006).

PROJETO:



Figura 33 - Perspectiva com corte, projeto de reforma.

Fonte: Lichtenberg (2006).

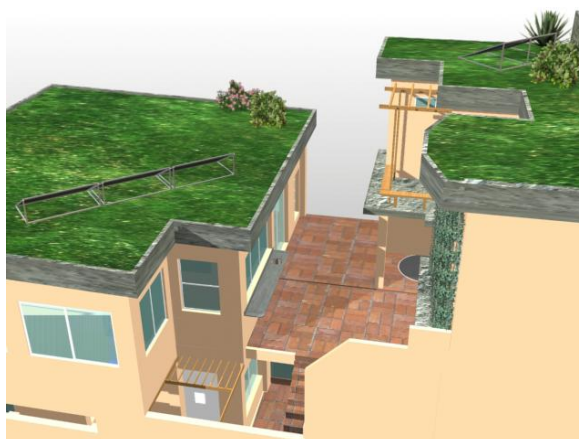


Figura 34 - Perspectiva eletrônica lateral.  
Fonte: Lichtenberg (2006).

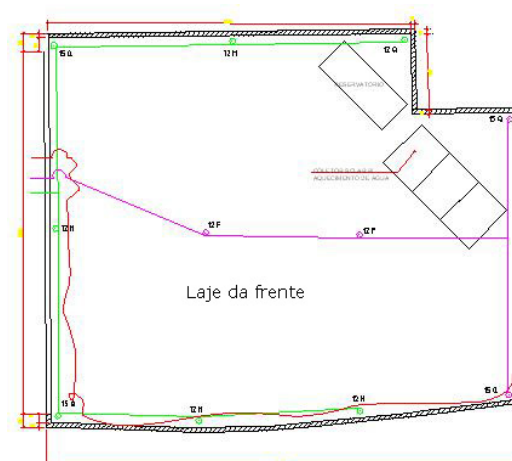


Figura 35 - Planta baixa da laje frontal da cobertura verde.  
Fonte: Lichtenberg (2006).

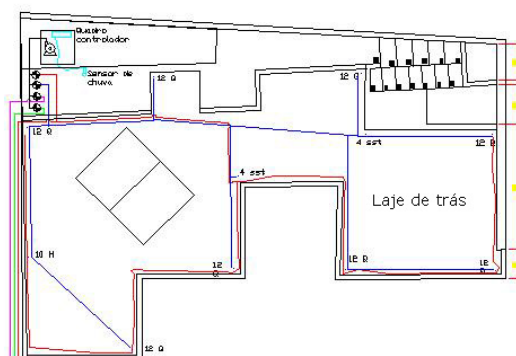


Figura 36 - Planta baixa da laje posterior da cobertura verde.  
Fonte: Lichtenberg (2006).

## CONSTRUÇÃO:

Os telhados cobertos em telha francesa foram substituídos pelas coberturas verdes, retirando-se primeiramente as telhas e desmanchando o engradamento que foi aproveitado para execução de mobiliário como bancos e mesas.



Figura 37- Madeiramento sendo retirado do antigo telhado depois do destelhamento.

Fonte: Lichtenberg (2006).

Em seguida foi demolida a laje que cobria o quarto e o banheiro e executado o reforço com perfis metálicos, dimensionado para o novo carregamento das coberturas verdes, para viabilizar a implantação do sistema. A obra de reforço foi significativa para atender à demanda, pois que as divisões de alvenaria sob a laje eram estruturais em tijolo maciço dobrado, tanto as internas, quanto as externas.

O novo sistema estrutural escolhido foi com perfis metálicos pela agilidade de montagem, pré-moldados e provavelmente unidos por solda, a julgar pela observação da foto e a facilidade da mão-de-obra, do transporte de material para o local da obra, sem ocupar o canteiro de obras com armazenamento de agregados, madeira para formas e aço para as armaduras, entre outros, considerando que o terreno é pequeno e possui pouco espaço disponível. O aço utilizado na laje antiga foi retirado e reaproveitado para a fundação em sapatas dos novos pilares de perfil metálico, para atender ao novo dimensionamento dos espaços sobre a laje.



Figura 38 - Reforço estrutural com vigas e pilares de aço.  
Fonte: Lichtenberg (2006).



Figura 39 - Aço utilizado para armação das sapatas dos pilares novos de ferro.  
Fonte: Lichtenberg (2006).



Executadas e prontas as lajes, o processo se segue com a impermeabilização destas para iniciar o processo de instalação das coberturas verdes.

O sistema de impermeabilização selecionado foi o da empresa Texsa, que fez uma parceria com a experiência e forneceu o material a preço de custo. Como já se mencionou, a impermeabilização, juntamente com a estrutura são os itens mais relevantes no processo, pois uma vez terminada a instalação é extremamente trabalhoso e economicamente “pesado” executar reparos na impermeabilização.

Foi aplicada a manta Morter Plas RR- 3 mm com plástico descartável, aderida na base suporte com Plastipegante na superfície horizontal e Manta Morter Plas Feltro/Pol ou Morplava Alumínio 2 mm também com plástico descartável aderida na base de suporte vertical. Sobre a manta horizontal foi instalado filme de polietileno (plástico descartável destacado da manta aderido em trechos alternados com Plastipegante e sobre a manta vertical R-Morter, uma argamassa impermeável mordente na impermeabilização para evitar a infiltração de água pela parede de proteção de alvenaria, como nos mostra a figura abaixo.

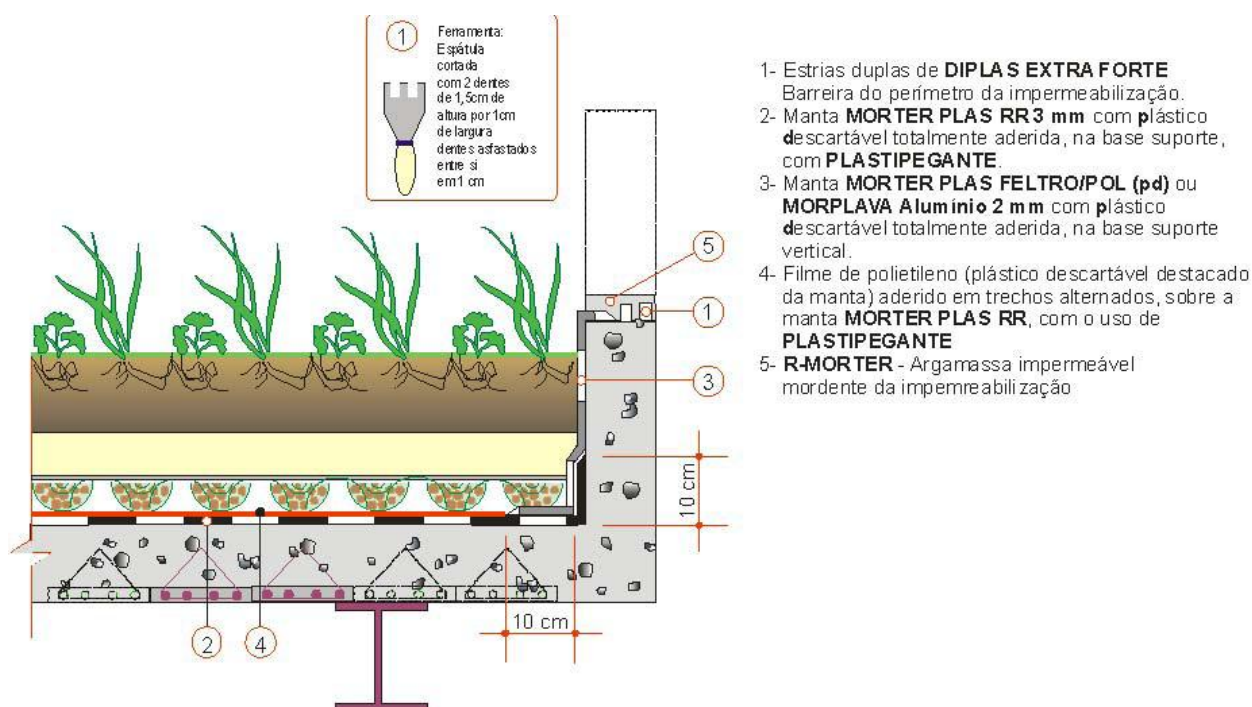


Figura 40 - Detalhe esquemático da especificação da impermeabilização das lajes verdes.  
Fonte: Texsa - Lichtenberg (2006).

Foi realizado o teste de estanqueidade, conforme recomendado pela norma, para verificações e garantia contra quaisquer danos que possam ter ocorrido durante a execução do sistema de impermeabilização, antes da execução das camadas propriamente ditas.



Figura 41 - Teste de estanqueidade para melhor garantia do sistema.  
Fonte: Lichtenberg (2006).

As camadas elencadas foram executadas obedecendo à seguinte ordem, a saber: a camada drenante de 10 cm em argila expandida contida em garrafas *pet* cortada ao meio, recoberta por uma manta de geotêxtil Bidim, como proteção antirraiz e filtrante, com uma camada de proteção mecânica de areia de 5cm, seguida de uma camada de 20 cm de substrato.

A vegetação escolhida foi a grama esmeralda e ervas como manjerição, alecrim, capim limão, além de arbóreos como uma pitangueira e jasmim manga (*Plumeria rubra*), hibiscos e espécies rasteiras e arbustivas como a asistásia (*Asystasia coromandeliana*) e a barléria (*Barleria repens*).

Os usuários constataram, após o período de dois verões, quando a laje vegetada se encontrava totalmente consolidada, o desempenho esperado para minimização das temperaturas, o principal mote para a decisão da implantação do sistema e os benefícios da utilização da área como lazer e aumento da área útil, além é claro do valor estético inerente ao sistema.



Figura 42 - Vista da cobertura do bloco anterior, onde havia o telhado, é a nova vista da suíte master.  
Fonte: Lichtenberg (2006).



Figura 43 - Vista da cobertura do bloco posterior.  
Fonte: Lichtenberg, (2006).





Figura 44 - Vista do Corcovado e da cidade.  
Fonte: Lichtenberg (2006).

Os vizinhos também estão se beneficiando de todo esse conjunto de decisões sustentáveis, além de não receber mais o calor emitido pelo antigo telhado, que acumulava o calor recebido por irradiação solar direta e a noite liberava para o ambiente, já que não tinha sistema de forro ventilado.

O presente estudo possibilita refletir um pouco mais sobre a instalação das coberturas verdes e ampliando a visão, constata-se que aplicação das técnicas sustentáveis, é antes de tudo, uma questão de conhecimento e mudança de paradigmas culturais, onde ela ainda não é tradicional, para ser melhor difundida.

Verifica-se que as coberturas implantadas nessa construção não requereram também técnicas sofisticadas as quais não se têm acesso e que nosso mercado pode abastecer-nos com os materiais necessários, sem maiores problemas, tanto quanto, para um eventual reforço de estrutura.

Nesse caso em particular, a necessidade de reforço foi maior pelas características do projeto de estrutura da residência ser de alvenaria estrutural autoportante, a facilidade de execução, num terreno praticamente todo edificado, restando somente o pátio interno como área de trabalho e o acesso do material feito por caminhão menor, compatível às ruas estreitas onde se encontra a residência, o sistema de reforço metálico permitiu a estruturação necessária, que foi realizada com rapidez e agilidade.

Observando as condições do local e os acessos, as condições de execução, verifica-se que não há impedimentos reais para esse tipo de *retrofit* com desempenho projetado e

efetivado como previsto. Abrem-se, assim, mais o leque de opções, as possibilidades de combinações do sistema, que podem também atender a essas demandas, com opções custo variáveis, como citado anteriormente.

O sistema de impermeabilização contou com empresa especializada, o detalhamento mostra que as empresas do mercado brasileiro já estão habilitadas para se engajarem bem no desenvolvimento sustentável do séc. XXI, mesmo que ainda não tenham tradição em coberturas verdes como os países europeus. O sistema funcionou perfeitamente e garantiu o resultado desejado, com desempenho e eficiência.

Constitui-se, assim, um estudo que constata aplicação da técnica também em edificações consolidadas, com os cuidados normais às construções novas e com grandes benefícios para a requalificação de edificações e sua inserção no desenvolvimento urbano mais sustentável.

A seguir apresenta-se o quadro sintético dos estudos apresentados para melhor visualização dos sistemas descritos como forma de facilitar as análises consideradas e permitir maior correlação entre as técnicas aplicadas.

Quadro 9- Síntese dos Estudos de Casos apresentados. Fonte: A autora.

| ESTUDO DE CASO                | USO                                                                      | ÁREA (M²)         | ESTRUTURA                                         | CAMADAS/EXECUÇÃO                                                                                                                                            | IMPERMEABILIZAÇÃO                                                                                                                   | TIPO/SUBSTRATO         | VEGETAÇÃO                                                   |
|-------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|-------------------|---------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|-------------------------------------------------------------|
| Morro Babilônia - RJ          | Recreação ,<br>refeitório,<br>coleta de água,<br>maior área,<br>multiuso | Aprox.<br>75,20   | Madeira<br>(para a<br>sobrecarga de<br>150 kg/m²) | Vegetação, substrato, dreno lateral, filtro para separação dreno, proteção (areia), proteção (feltro), película para UV, lona de polietileno, placas de MDF | Lona de polietileno, película de plástico para estufa                                                                               | Extensivo - 10 cm      | Gramma em rolos                                             |
| Residencial Bom Pastor-JF     | Lazer,<br>estético,<br>econômico                                         | Aprox.<br>1035,40 | Laje de concreto                                  | Vegetação, substrato, geotextil Bidim, drenagem, regularização, proteção, impermeabilização, proteção, laje                                                 | Manta asfáltica (VIAPOL)                                                                                                            | Intensivo - 35 cm      | Arbustiva e grama                                           |
| CVL - Campus USP -São Carlos  | Conforto térmico, coleta de dados experimental, pesquisas                | Aprox.<br>82,25   | Laje de concreto alveolar                         | Vegetação, substrato, geocomposto filtrante, camada pré-impermeabilizante, impermeabilizante, laje                                                          | Solução de Cimento látex, Biopolímero a base de resina poliuretana - poliol + pré-polímero) a partir de óleo vegetal de mamona      | Extensivo - 10 cm      | Gramma em tapetes                                           |
| Ecohouse Urca - RJ (Retrofit) | Lazer, redução de ganho térmico pela cobertura, efeito estético, run-off | Aprox.<br>120     | Laje de concreto – reforçada com perfis metálicos | Vegetação, substrato 20 cm, camada de areia 5 cm, manta Bidim, camada drenante argila expandida 10 cm, impermeabilização, laje                              | Manta asfáltica Morter Plas RR 3 mm e Morter Plas Feltro/Pol c/ aplicação de filme de polietileno aderido com Plastipegante (TEXSA) | Semi-intensivo - 20 cm | Ervas, arbustos, arbustivas de raízes curtas, grama em rolo |

## 6 CUIDADOS PARA UMA COBERTURA VERDE BEM SUCEDIDA

### 6.1 ESTRUTURA

Com a análise dos estudos de casos quanto aos cuidados relativos à estrutura, pode-se considerar os aspectos de projeto, construção e materiais, para tecer mais considerações e avaliar as considerações técnicas, a aplicabilidade, a execução para o bom desempenho deste item que consideramos de importância *si ne qua non* para viabilizar a aplicação do sistema de coberturas verdes como elemento construtivo nas edificações.

Sobre o projeto estrutural, este deve conter todo o detalhamento necessário a execução, para garantir a visibilidade e entendimento do dimensionamento requerido para suporte das cargas previstas e tanto facilitar o acompanhamento, quanto a fiscalização dos profissionais de responsabilidade técnica que estarão executando a estrutura, assim como o *as built* para futuras intervenções que se fizerem necessárias, proporcionando maior garantia aos usuários, como ferramenta essencial também na manutenção.

Deve contemplar os quesitos de segurança quanto à estabilidade da estrutura, com cuidadosa análise dos carregamentos e previsão de cargas futuras para dar maior longevidade ao uso da cobertura, sem, entretanto, majorar em demasia, para evitar prejuízo ao aspecto econômico.

Nos estudos elencados pode-se ver que embora empregada com sistemas diversos de estrutura com ampla distinção, todos os sistemas possuem de uma forma ou de outra um planejamento minucioso e detalhamento nas soluções empregadas passadas aos executores e fiscalizada a contento, proporcionando o bom resultado alcançado.

Seja de bambu, com placas de MDF, sobre laje de concreto convencional ou alveolar ou reforçada com perfis metálicos, desde que dimensionadas de acordo com as coberturas verdes a serem construídas comportam sistemas de estruturas projetados para cada fim específico e se executadas com critério, seguindo-se as orientações projectuais responderam bem a função a que se propõem.

Fica esclarecido que a sobrecarga não é necessariamente uma condição com restrições ao uso e aplicação das coberturas, posto que, os efeitos de carregamento do sistema de coberturas verdes podem não ser totalmente absorvidos pela estrutura de forma direta e que isso requer uma análise mais detalhada da estrutura por profissional especializado e não deve ser considerado de antemão uma desvantagem, sem considerações mais amplas.

A execução das coberturas mostrou que não exige mão-de-obra mais especializada, além do que se tem disponível no mercado e não difere das construções usuais. O conhecimento da técnica, porém é fundamental para a boa execução, como também se ater aos detalhes construtivos para não suprimir aspectos importantes para o bom funcionamento, que também devem ser observados em qualquer sistema aplicado.

Quanto aos materiais empregados, várias opções atendem aos requisitos de cada uma das coberturas verdes estudadas, compreendendo uma gama de soluções desejadas, o que possibilita ter variações quanto ao projeto e execução, demonstrando que as coberturas podem ser muito versáteis e a atender uma grande demanda.

Vários sistemas de estrutura foram descritos atendendo a demanda de forma conveniente e adequada a cada fim proposto, o que leva a observar-se a praticidade, a flexibilidade, a trabalhabilidade e a viabilidade técnica destas coberturas verdes quanto ao quesito estrutura e carregamento.

Os estudos de casos, embora apresentem soluções técnicas diversas como o uso de tecnologia mais precisas e industrializadas como no Ed. Residencial Bom Pastor ou mais ecológicas e simples, mais econômicas e ágeis e com grande trabalhabilidade, como na Escola Tia Percília, no Morro Babilônia; ou adotem caráter bem técnicos e criativos como no Campus de São Carlos ou de cunho bastante sustentável com reaproveitamento de material e monitoramento acadêmico como na Ecohouse Urca, demonstram que o tipo de tecnologia elencada, os materiais constituintes e a mão-de-obra empregada, não são os fatores que determinam o desempenho do sistema e sim a acuidade com que a metodologia adotada é planejada e a execução é fiscalizada.

Todos os sistemas se constituem de suas características distintas e próprias, compatíveis com seu entorno, com os recursos disponíveis, com a mão-de-obra especializada a seu modo e materiais disponíveis, comprovando a adequabilidade necessária a eficiência do sistema, fazendo destes exemplos, casos bem sucedidos.

As dificuldades existentes serão quanto à disponibilidade de recursos materiais e financeiros, recursos humanos e treinamento, fiscalização e acompanhamento da execução e principalmente do planejamento e projeção por profissionais que conheçam bem a técnica e possam em detalhamentos específicos, deixar claro todas as peculiaridades necessárias ao bom desenvolvimento e implantação do sistema, propiciando a propagação da técnica como elemento de cobertura das edificações e a solução mais adotada.

Falta o desenvolvimento de mão-de-obra familiarizada com a aplicação e profissionais treinados para a execução.

Os profissionais da arquitetura são como já mencionamos os grandes promotores dessas mudanças e há necessidade de maior discussão do tema, nas universidades e cursos que possam despertar o interesse e promover maior discussão, propiciando maior conhecimento do elemento construtivo e seus benefícios e desvantagens para atender a demanda crescente.

## 6.2 IMPERMEABILIZAÇÃO

A impermeabilização, a qual foi considerada nessa pesquisa inicialmente outro ponto vulnerável, suscetível de falhas que se deve considerar fundamental e cuidar intensivamente sem medo de exagero, mostrou-se viável sem muitos acréscimos aos cuidados requeridos por quaisquer sistemas de impermeabilização a serem aplicados.

As soluções apresentadas se mostraram eficientes e cuidadosas nos seus processos de projeto, detalhamento e acuidade na execução, que são os pontos cruciais para o bom desempenho e sucesso das coberturas, ora apresentadas.

No Morro Babilônia, o sistema apresentado são as lonas de polietileno, que devidamente aplicadas se mostraram eficientes e de custo baixo-econômico, o detalhamento da aplicação, são as sobras da lona deixadas nas tabeiras e confinamento ultrapassando a borda e sendo fixadas com régua de madeira ou outro material resistente a intempéries, que impede a penetração da água sob as lonas, o que poderia provocar as infiltrações e comprometer o sistema.

Neste caso, o cuidado é na aplicação, pois as ferramentas ou o tráfego dos executores pode danificar a lona e inviabilizar o sistema de estanqueidade e o tornar sem efeito. A lona deve ser aplicada inteira sem emendas e desenrolada aos poucos e sobre ela a proteção das camadas da cobertura devem ir sendo executadas na medida do desenvolvimento da execução.

No Edifício Residencial Bom Pastor, temos um completo sistema de projetos, conjuntamente com a firma especializada que executou todas as etapas de regularização, proteção mecânica, drenagem e detalhes de cuidados com as interferências, para a aplicação da manta com emendas a quente com emulsão asfáltica nos planos horizontais e verticais, desenvolvido com um plano de execução detalhado que muito contribuiu para o sucesso da impermeabilização. Segundo a síndica do prédio, nunca apresentou problemas durante sua utilização na vida útil, até os dias de hoje, desde sua execução.

O sistema de CVL aplicado no Laboratório de Pesquisas no Campus São Carlos, apresentou um sistema de impermeabilização criativo com forte base técnica de conhecimento de novos insumos nacionais em sua constituição, obteve um desempenho notável e demonstrou ser de fácil aplicação e trabalhabilidade, o que valida o sistema e o torna desejável com membranas aplicadas *in loco*, muito adequadas a certas situações, em casos, onde não se pode aplicar as mantas industrializadas, por dificuldades causadas pelas interferências ou onde não há espaço útil para as soldadas ou ainda, onde não é acessível para as mantas prontas chegarem.

Na Ecohouse Urca, a firma especializada se encarregou de tornar todos os cuidados necessários à experiência bem explícitos, com cuidados extras, inclusive nos planos verticais, onde criou um detalhe para fixação da manta e a aplicação da argamassa impermeável sobre a mureta, com execução detalhada das camadas para a colocação do solo. Demonstra o disponibilizar de material de boa qualidade na realização dos testes de estanqueidade com sucesso, demonstrando ter controle do projeto, da execução e do material empregado, o que certamente concorre para o bom funcionamento da impermeabilidade e para a garantia do serviço. Pelos resultados obtidos, demonstra competência para o planejamento e execução do serviço, com o acompanhamento necessário, o que mostra a aptidão que o mercado brasileiro disponibiliza. Refreia e minora a grande insegurança que os clientes demonstram diante do sistema.

Isto posto, as considerações sobre os pontos considerados críticos nessa pesquisa foram esclarecidos de forma a suscitar maior confiança no sistema, no conhecimento geral de suas restrições e cuidados e verificar que esses pontos mais suscetíveis no entendimento dos profissionais e usuários que ainda não conhecem a técnica a contento, na realidade, esses aspectos podem ser contornados com planejamento, detalhamentos construtivos esclarecedores, acompanhamento e fiscalização da execução, dimensionamento adequados e materiais com especificação que atenda a demanda são, em verdade, os mesmos requisitos para que quaisquer sistemas tenham o desempenho esperado.

## 7 CONCLUSÃO

As coberturas verdes são técnicas de relevada importância na atualidade, sendo resgatadas com propriedade e pertinência ao panorama degradado do meio ambiente, se constituindo uma ferramenta poderosa para colaborar na mitigação dos efeitos destrutivos causados pelo desenvolvimento urbano e econômico acelerado ocorrido desde a Revolução Industrial.

Contribuem de forma efetiva para a criação de microclimas mais equilibrados e redução das ilhas de calor nas aglomerações urbanas, como agente regulador nos sistemas de drenagem e captação de águas pluviais, retardando o *run-off* e absorvendo parte das precipitações, funcionando como um sistema de biomimetismo, por vegetar a área onde a construção se instala elevando-a, equilibrando de forma mais natural os ciclos naturais, acrescentado maior espaço para o desenvolvimento da biodiversidade, resgatando-o de certa forma, reforçando a harmonização do entorno e integrando as construções ao meio.

Têm comprovado os efeitos de redução de temperatura também nos ambientes internos, com redução efetiva de gastos energéticos, para refrigeração e aquecimento destes ambientes, aumento da saúde física e psíquica humana. Propiciam o aumento de produtividade nas mais diversas atividades desenvolvidas pelo homem, por serem soluções mais próximas às soluções naturais do ecossistema e se adequam melhor aos ciclos naturais.

Valorizam as edificações, acrescentando-lhes valor monetário por introduzir um efeito estético muito apreciado e importante na subjetividade humana e por se constituírem soluções conscientes com o meio ambiente, aumentam sua área útil efetiva, sem aumentar a área construída. Normalmente construídas com materiais naturais como terra, minerais e vegetação, tornam-se de fácil assimilação para o usuário e disponíveis em várias faixas econômicas.

Os estudos de casos mostram a aplicabilidade em situações diversas comprovando que a técnica é viável em vários segmentos. Demonstram que vários tipos de material podem ser empregados com sucesso e que várias técnicas podem ser utilizadas para a construção de uma cobertura verde.

Também dos estudos de caso podemos constatar que a técnica tem despertado o interesse da comunidade científica e tem sido objeto de estudo em várias universidades do país, que estão desenvolvendo processos próprios à nossa climatologia. Os estudos mostram



que se tem aperfeiçoado a técnica e adaptado a nossa realidade e que o tema deverá ser mais explorado, para maior domínio de sua aplicação.

Entidades não governamentais como o Instituto Tibá têm se dedicado à pesquisa e experimentação para o desenvolvimento da técnica, assim como outros institutos em São Manoel em São Paulo e no Rio Grande do Sul têm recebido profissionais estrangeiros como o engenheiro e arquiteto alemão Gernot Minke para aprendizado e difusão da técnica com cursos e oficinas e também o holandês Jonh Legen, do Tibá. Em Santa Catarina, o Laboratório de Eficiência Energética da Universidade tem dedicado seus estudos e pesquisas na área de conforto térmico e redução de gastos energéticos e estudado a técnica, assim como na USP, no Campus de São Carlos, na UFRJ, entre outros, várias pesquisas vêm se desenvolvendo.

As estruturas são os elementos primordiais e condição primária para a instalação do sistema de coberturas verdes e por isso foram objeto de enfoque nessa pesquisa, já que os problemas que ocorrerem nas estruturas podem também afetar de sobremaneira as impermeabilizações, assim como o sistema de impermeabilização, já que ambos viabilizam a duração e o funcionamento das coberturas verdes, permitindo o desempenho esperado, evitando os efeitos indesejáveis e desagradáveis. Uma falha num desses sistemas implica em infiltrações, mofo, deterioração e degradação das bases de suporte, que são as grandes preocupações dos profissionais e usuários.

Há indicações porém que, as sobrecargas que podem advir da técnica não devem ser consideradas um obstáculo inicial à aplicação do sistema, pois de acordo com o engenheiro Antônio Henrique Saar (2012):

“Uma aparente sobrecarga por carregamento extra deve ser devidamente avaliada, com mais profundidade por profissional habilitado, pois as cargas se distribuem e podem não ser tão significativas como sobrecargas na estrutura considerando o sistema estrutural numa visão global”.<sup>54</sup>

Sobre os custos, outra das restrições que motivam desistência para a aplicação do sistema, viu-se que, na análise da relação custo/benefício, as vantagens são imensamente maiores imediatamente e a longo prazo só majoram. Entretanto, no caso de reforço estrutural para *retrofits* e mesmo em construções novas podem elevar os custos iniciais, mas sem uma

---

<sup>54</sup> Entrevista livre concedida a autora em 29/05/2012.

análise mais sistêmica da estrutura como um todo e verificação da real influência da sobrecarga no sistema estrutural não são apropriados fazer julgamentos com dados superficiais.

Constatou-se que, em casos distintos, há soluções técnicas com sucesso de aplicação que não são de custo elevado, de modo que há soluções para serem aplicadas em cada caso, sem que necessariamente tenham elevação de custos. O que não confere veracidade a esse receio.

Sobre as impermeabilizações podem ser feitas as mesmas considerações, pois os métodos aplicados, embora distintos, demonstraram que com os devidos cuidados todas as técnicas podem ser aplicadas com desempenho ótimo e possuem ampla faixa de custos, aplicáveis a várias demandas também distintas, o que faz com que elas também deixem de ser restrições quanto os efeitos temidos pelos responsáveis técnicos e clientes.

Como considerações finais, temos que a satisfação dos usuários e dos profissionais, que se utilizaram da técnica como elemento de projeto, para atender suas demandas com êxito, é um fator encorajador para a aplicabilidade em larga escala, um fator a ser considerado para o desenvolvimento do mercado interno e uma temática a ser mais explorada para aperfeiçoamento de sua aplicação no Brasil.

Como sugestão para trabalhos futuros na continuação do aprofundamento do assunto tem-se a sistematização de metodologias para execução, assim como estudos para a normatização brasileira dos sistemas, maior pesquisa dos sistemas de impermeabilização apropriados às técnicas e os cuidados especiais, as implicações reais provocada pelas sobrecargas e o super dimensionamento. Podem se estender as pesquisas sobre os substratos, sua composição e espessuras mais apropriadas a cada caso, a exploração da vegetação mais apropriada ao nosso clima e seus efeitos para melhor compreensão e subsequente obtenção dos melhores resultados com a aplicação dos sistemas e coberturas verdes nos climas tropicais. Pesquisas direcionadas a elucidações mais claras de custo para planejamento e desenvolvimento da aplicação do sistema em questões de viabilidade em déficit habitacional, com ampliação em questões sociais.

Sabe-se que vencer a inércia inicial em direção a quebra de tradições e costumes é a fase mais trabalhosa e que requer maior determinação e dispêndio de energia, concentração de esforço e trabalho conjunto, mas que a superação contínua dos obstáculos e a cautela necessária promovem os avanços, que vão se avolumando até que haja as primeiras mudanças e sigam, assim, com maior segurança até atingir mudanças maiores e mais significativas.

As coberturas verdes possuem características que as tornam uma boa solução integrada ao contexto mundial atual. Em São Paulo já existe um Projeto de Lei, 115/09 tramitando pela obrigatoriedade da cobertura verde nas novas edificações (MANSO, 2009), assim como esse processo vem sendo adotado em várias outras cidades no ABC Paulista, no estado do Rio de Janeiro e Espírito Santo.

No Brasil, o processo já foi deflagrado e vem se desenvolvendo em alguns pontos, como empresas se especializando na área, e a expectativa é que, esse nicho se desenvolva mais rapidamente, a partir de novas pesquisas e implantação de mais coberturas verdes no país, haja vista o aumento crescente pelas questões de sustentabilidade no planejamento e desenvolvimento urbano na atualidade.

## REFERÊNCIAS

ABNT NBR 9574. **Execução de Impermeabilização**. Rio de Janeiro, 2008.

\_\_\_\_\_. NBR 9575. **Impermeabilização - Seleção e Projeto**. Rio de Janeiro, 2003.

AGENDA21. Disponível em: <<http://www.ecolnews.com.br/agenda21/>>. Acesso em: 15/09/2011.

AGENDA HABITAT. Disponível em: <http://www.onu.org.br/onu-no-brasil/onu-habitat/>. Acesso em 16/09/2011.

AGENDA HABITAT PARA MUNICÍPIOS. Disponível em:<[http://www.emprende.org.br/pdf/Programas e Polticas Sociais/Agenda Habitat para Municipios.pdf](http://www.emprende.org.br/pdf/Programas%20e%20Pol%C3%ADticas%20Sociais/Agenda%20Habitat%20para%20Munic%C3%ADpios.pdf)>. Acesso em: 16/09/2011.

ALVES, Ana Cristina Neves. **Resenha Arquitetura y Clima Rafael Serra**. Barcelona: Gustavo Gilli,1984 . **Revista Rua 9**, [S.l.: s.n.],2008 .Disponível em: <[www.portalseer.ufba.br/index.php/rua/article/download/3162/2273](http://www.portalseer.ufba.br/index.php/rua/article/download/3162/2273)>.Acesso em: 13/08/2010.

ARQUITETANDO com Telma.Academia de Ciências de São Francisco.2009. Disponível em: <<http://arquitetandonet.blogspot.com.br/2009/05/academia-de-ciencias-de-sao-francisco.html>>. Acesso em: 20/03/2012.

CAMPOS, Carlos da Silva. **Relatório Brundtland**. Ambiente. Blog em WordPress.com. Disponível em: <<http://ambiente.wordpress.com/2011/03/22/relatorio-brundtland-a-verso-original/>>. Acesso em: 20/04/2011.

CAPELLO, Guiliana. Planeta Sustentavel. 2008. Disponível em:<<http://planetasustentavel.abril.com.br/blog/gaiatos-e-gaianos/bioconstrucao-multiplicar-263438/>>. Acesso em: 09/03/2012.

CARDOSO, Antonio Francisco de Souza. **Tratado sobre carregamento em tetos verdes: dados práticos expedidos para dimensionamento e verificações estruturais**. 2012.Tratado (Carregamento em Estruturas) - Escritório de Engenharia, Juiz de Fora,2012.

CIB. Conseil International du Bâtiment.**Agenda 21 para Construção Sustentável**.2000. Disponível em: <<http://www.cibworld.nl/>>. Acesso em: 15/05/2011.

COSTA, Ennio Cruz da. 1982. **Arquitetura Ecológica:Condicionamento Térmico Natural**. São Paulo : Edgar Blucher ,1982.

CREEK, Rana. Ecological Desig Firm. 2010. Monterey, California.Disponível em: <http://www.ranacreekdesign.com/projects/california-academy-of-science/>. Acesso em: 20/03/2012.

D'ELIA, Renata. Telhados verdes. **PINI Web- Técnica** ed. 148, jul, 2009. Disponível em: <<http://www.revistatechne.com.br/engenharia-civil/148/imprime144157.asp>> 30/07/2011. Acesso em 05/08/2011.

DIAS, João Fernando; DORNELLAS, Ricardo Cruvinel. **A construção e o desenvolvimento sustentável**. Uberlândia: Em Extensão, v.6, p. 113. 2007. Disponível em: <[www.seer.ufu.br/index.php/emextensao/article/download/.../1416](http://www.seer.ufu.br/index.php/emextensao/article/download/.../1416)>. Acesso em: 18/09/2010.

DILLOW, Clay; CARNETT, Jonh B. **Biomimetismo: aprendendo com a Natureza**. Disponível em: <<http://www.mundosustentavel.com.br/2011/06/biomimetismo-aprendendo-com-a-natureza/>>. Acesso em: 24/06/ 2011.

DUARTE, Denise Helena Silva; GONÇALVES, Joana Carla Soares. Arquitetura sustentável: uma integração entre ambiente, projeto e tecnologia em experiências de pesquisa, prática e ensino. *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v.6, n.4, pg 51 -81,out/dez. 2006. Disponível em: < [seer.ufrgs.br/ambienteconstruido/article/viewFile/3720/2071](http://seer.ufrgs.br/ambienteconstruido/article/viewFile/3720/2071) >. Acesso em: 18/09/2010.

ECOTELHADO. **Soluções em infraestrutura urbana**. Disponível em: [www.ecotelhado.com.br](http://www.ecotelhado.com.br) Acesso em: 10/03/2012.

FEIJÓ, João Manuel. **Seminário desmistifica questão dos custos para implantação do telhado verde em SP**. São Paulo, 2011. Disponível em: <[http://www.sandratadeu.com.br/index.php?option=com\\_content&view=article&id=190:seminario-desmistifica-questao-dos-custos-para-implantacao-do-telhado-verde-em-sp&catid=15:noticias&Itemid=103](http://www.sandratadeu.com.br/index.php?option=com_content&view=article&id=190:seminario-desmistifica-questao-dos-custos-para-implantacao-do-telhado-verde-em-sp&catid=15:noticias&Itemid=103)>. Acesso em: 07/05/ 2012.

FÉLIX, L.F.Carvalho. **O processo de projeto de uma edificação mais sustentável: contribuições relativas ao processo arquitetônico**. 2008. Dissertação ( Mestrado em Engenharia Civil) - Escola de Engenharia Civil - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre,RGS, 2008 .Disponível em:<<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/17865/000722578.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 23/09/2010.

FERREIRA, Aurélio Buarque de Holanda. **Novo Dicionário Eletrônico Aurélio v 5.0**. 3 ed. Ver. e atual.[S.l.]: Positivo, 2004. Disponível em: <[www.aureliopositivo.com.br/](http://www.aureliopositivo.com.br/)>. Acesso em: 29/04/2012.

FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO. **Déficit habitacional no Brasil**. Disponível em: <<http://www.fjp.gov.br/index.php/indicadores-sociais/deficit-habitacional-no-brasil>>. Acesso em 01/06/2012.

GARZEDIN, Aruane. **Resenha Wasting Away de Kevin Lynch**. Revista 9.[S.l.],2008. Disponível em: <[www.portalseer.ufba.br/index.php/rua/article/download/3162/2273](http://www.portalseer.ufba.br/index.php/rua/article/download/3162/2273)>. Acesso em: 13/08/2010.

GATTO, Christiane Merhy. **Arquitetura Bioclimática**: Uma casa confortável. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2005.

GOMES, Aline Diniz Nogueira, et al. **Uma breve análise sobre eficiência do telhado verde como alternativa ecológica para as construções civis**. 2011. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnologia em Gestão Ambiental)- Universidade do Grande ABC, Santo André, SP, 2011. Disponível em: < [www.ecotelhado.com.br/.../Desenvolvimento%20telhado%20verde.p...](http://www.ecotelhado.com.br/.../Desenvolvimento%20telhado%20verde.p...) > Acesso em: 03/05/2012.

HANLEY WOOD. Eco-structure. Evergreen Awards, Codes and Standards, Energy Efficiency. Cool Roofing. **California Academy of Sciences/San Francisco**: vegetated Roofing projects. 2009. Disponível em: <<http://www.eco-structure.com/vegetated-roof/california-academy-of-sciences-san-francisco.aspx>>. Acesso em : 23/03/2012.

HAWKEN, Paul, LOVIN, Amory e LOVINS, L. Hunter. **Capitalismo Natural**: criando a próxima Revolução Industrial. São Paulo : Cultrix, 2000.

HENEINE, Maria Cristina de Souza Almeida. **Cobertura Verde**. 2008. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Engenharia Civil- Ênfase: Tecnologia e produtividade das construções)- Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Minas Gerais, 2008. Disponível em: < [http://www.cecc.eng.ufmg.br/trabalhos/pg1/Monografia%20Maria%20Cristina%20Almeida.p](http://www.cecc.eng.ufmg.br/trabalhos/pg1/Monografia%20Maria%20Cristina%20Almeida.pdf) df > Acesso em: 07/10/2011.

HICKEL, Denis Kern. A (in) sustentabilidade na arquitetura. **Vitruvius, Arquitecto**, [S.l.], v.6. 064.06.set. 2005. Disponível em: < <http://www.vitruvius.com.br/arquitextos/arq000/esp328.asp>>. Acesso em 13/08/2010.

IBGE. **Déficit Habitacional**. Disponível: < [http://www.censo2010.ibge.gov.br/coleta\\_dados.php](http://www.censo2010.ibge.gov.br/coleta_dados.php)>. Acesso em: 01/06/2012.

IGRA. **International Green Roof Association**. Disponível em: < <http://www.igra-world.com>>. Acesso em: 29/04/2012.

JOHN, Vanderley Moacyr. Desafios da construção sustentável. In: FÓRUM A CONSTRUÇÃO E O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL, 2007, Uberlândia, 2007. Disponível em: <[www.seer.ufu.br/index.php/emextensao/article/download/.../1416](http://www.seer.ufu.br/index.php/emextensao/article/download/.../1416)>. Acesso em: 18/09/2010.

KREBS, Lissandra Fachinello. **Coberturas Vivas Extensivas**: análise da utilização em projetos da região metropolitana de Porto Alegre e Serra Gaúcha. Dissertação (Mestrado Profissionalizante em Engenharia) - Escola de Engenharia - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RGS. 2005. Disponível em: < [www.krebssustentabilidade.com.br/Download.aspx?arquivo=/...](http://www.krebssustentabilidade.com.br/Download.aspx?arquivo=/...) > Acesso em: 03/09/2010.

LEGEN, Johan van. **Manual do Arquiteto Descalço**. Rio de Janeiro: Papéis e Cópia de Botafogo, Tibá: Bom Jardim, 1997.

LICHTENBERG, Rose Alexandra. **Ecohouse Urca**. Disponível em: <<http://ecohouse.com.br>>. Acesso em: 06/04/2005.

LICHTENBERG, Rose Alexandra. **Alta Qualidade Ambiental aplicada ao projeto de re-habilitação residencial urbana em clima tropical úmido**: Ecohouse Urca. Dissertação (Mestrado em Ciência em Arquitetura- Área de concentração: Conforto Ambiental e Eficiência Energética )- Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006. Disponível em: <[www.ecohouse.com.br](http://www.ecohouse.com.br)>. Acesso em: 08/05/2012.

LIMA, Marcos Pereira. **Equações preditivas para determinar a temperatura interna do ar**: envoltórios em painel alveolar com cobertura verde. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental)- Universidade de São Carlos- USP, São Carlos, SP, 2009. Disponível em: <[www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18139/tde-03122009-160414/](http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18139/tde-03122009-160414/)>. Acesso em: 24/09/2011.

LOGSDON, Norman Barros. **Estruturas de madeira para coberturas, sob a ótica da NBR 7190/1997**. 2002. Apostila sobre Telhados. Faculdade de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, Mato Grosso, 2002. Disponível em: <[upf.br/~zacarias/Telhados.pdf](http://upf.br/~zacarias/Telhados.pdf)>. Acesso em: 09/05/2012.

MANETTI, Penélope Duse. **Casa Sustentável**: Uma alternativa possível. 2007 Monografia (Concurso "Premio Senador Milton Campos")- Universidade Estadual Paulista, FCT Campus Presidente Prudente, Brasília, 2007. Disponível em: <[http://www4.fct.unesp.br/grupos/cemespp/monografia\\_concurso\\_milton\\_campos\\_2008.doc](http://www4.fct.unesp.br/grupos/cemespp/monografia_concurso_milton_campos_2008.doc)>. Acesso em: 13/10/2010.

MANSO, Paulo. **Vereadora Sandra Tadeu : Meu Parlamentar on line**. Disponível em: <[http://www.sandratadeu.com.br/index.php?option=com\\_content&view=article&id=190:seminario-desmistifica-questao-dos-custos-para-implantacao-do-telhado-verde-em-sp&catid=15:noticias&Itemid=103](http://www.sandratadeu.com.br/index.php?option=com_content&view=article&id=190:seminario-desmistifica-questao-dos-custos-para-implantacao-do-telhado-verde-em-sp&catid=15:noticias&Itemid=103)>. Acesso em: 31/05/2012.

MASCARÓ, Lúcia Raffo de. **Energia na Edificação**: Estratégia para minimizar seu consumo. São Paulo: Parma, 1985.

\_\_\_\_\_. **Luz ,Clima, Arquitetura**. 3 ed. São Paulo: Nobel, 1983.

METÁLICA. **Academia de Ciências da Califórnia**. Disponível em: <<http://metalica.com.br/california-academy-of-sciences-a-construcao-mais-eco-sustentavel-do-mundo>>. Acesso em: 19/03/2012.

MINKE, Genot. **Techos Vertes**: Planificación, ejecución, consejos prácticos. Montevideo : Editorial Fin de Siglo, 2004. Disponível em: <[www.ecocosas.com](http://www.ecocosas.com)>. Acesso em: 01/11/2011.

NERY, Jussara M. Fahel Guimarães. **Resenha MCHARG, IAN: Design with Nature**. Disponível em: <[www.portalseer.ufba.br/index.php/rua/article/download/3162/2273](http://www.portalseer.ufba.br/index.php/rua/article/download/3162/2273)>. Acesso em: 13/08/2010.

OHNUMA JR., Alfredo Akira. **Medidas não convencionais de reservação de água e controle da poluição hídricas em lotes domiciliares**.2008. Tese( Doutorado em Ciências Ambientais) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, São Paulo, 2008. Disponível em:

<[www.teses.usp.br/.../TESE\\_Ohnuma\\_Jr\\_FINAL\\_APROVADA.pdf](http://www.teses.usp.br/.../TESE_Ohnuma_Jr_FINAL_APROVADA.pdf)> Acesso em 29/09/2011.

PEARON, Clifford A. **California Academy of Sciences**.Disponível em:

<<http://archrecord.construction.com/projects/portfolio/archives/0901academy-1.asp>>. Acesso em 21/03/2012.

PEREIRA, Patrícia Isabel. **Construção Sustentável: o desafio**.2009.Monografia (Graduação em Engenharia Civil)- Universidade Fernando Pessoa, Porto, 2009. Disponível em: <[http://bdigital.ufp.pt/bitstream/10284/2674/3/T\\_13485.pdf](http://bdigital.ufp.pt/bitstream/10284/2674/3/T_13485.pdf)> . Acesso em:13/08/2010.

PISANI, Maria Augusta Justi; AMODEO, Wagner; BEDENDO, Ivana; FRETIN, Dominique. **Resultados parciais de uma pesquisa exploratória em arquitetura sustentável**. Faculdade de Arquitetura, Urbanismo Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo,2007.

Disponível em: <<http://www.usp.br>> . Acesso em:13/08/2010.

PRÊMIO Planeta Casa 2010.Planeta Sustentável. 2008. Disponível em: <

<http://planetasustentavel.abril.com.br/noticia/casa/premio-planeta-casa-2010-vencedores-603393.shtml>.> . Acesso em: 09/03/2012.

RAITZIK, Simone. Projeto Academia de Ciências da Califórnia: Renzo Piano.2008.

Disponível em: <<http://casa.abril.com.br/materia/projeto-de-renzo-piano-destaca-tecnologias-sustentaveis>>. Acesso em:19/03/2012.

ROLA, Sylvia Meimaridou. **A Naturação como ferramenta para a sustentabilidade de cidades**: estudo da capacidade do sistema de natureza em filtrar a água de chuva. 2008. Tese ( Doutorado em Ciências de Planejamento Energético)- COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro Rio de Janeiro, Rio de Janeiro,2008. Dispon[ível em: <[www.ppe.ufrj.br/pppe/production/tesis.php](http://www.ppe.ufrj.br/pppe/production/tesis.php)> Acesso em:15/04/2012.

RYBCZYNSKI, Witold. **Casa - A pequena história de uma idéia**. Rio de Janeiro: Record, 1986.

SALGADO, Mônica Santos. **Produção Arquitetônica e interdisciplinaridade**: uma discussão sobre o processo de projeto e a ISO 9001/2000.In: I CONFERÊNCIA LATINO AMERICANA DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL, X ENTAC, 2004,São Paulo.

Disponível em: < [www.proarq.fau.ufrj.br/pesquisa/geparq/wp/12.pdf](http://www.proarq.fau.ufrj.br/pesquisa/geparq/wp/12.pdf)> . Acesso em:13/08/2010.

SATTLER, M. A. **Edificações e Comunidades Sustentáveis**. ENTAC. Foz do guacu,2002 .Disponível em: <[habitare.infohab.org.br/pdf/publicacoes/arquivos/189.pdf](http://habitare.infohab.org.br/pdf/publicacoes/arquivos/189.pdf)> . Acesso em:11/08/2010.



SILVA, Neusiane da Costa. **Telhado Verde**: sistema construtivo de maior eficiência e menor impacto ambiental. 2011. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização Construção Civil)- Ênfase: Tecnologia e produtividade das construções. Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte , 2011. Disponível em: < [www.cecc.eng.ufmg.br/trabalhos/pg2/73.pdf](http://www.cecc.eng.ufmg.br/trabalhos/pg2/73.pdf) > . Acesso em: 25/08/2011.

VECCHIA, Francisco. Cobertura verde Leve (CVL): ensaio experimental. In: VI ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUIDO (ENCAC), 2005, Maceió. Disponível em: <[http://www.eesc.usp.br/shs/attachments/121\\_COBERTURA\\_VERDE\\_LEVE\\_ENSAIO\\_EXPERIMENTAL.pdf](http://www.eesc.usp.br/shs/attachments/121_COBERTURA_VERDE_LEVE_ENSAIO_EXPERIMENTAL.pdf)> . Acesso em: 27/05/2012.

VILELA, Soraia. "**Telhados Verdes**": pequenos pulmões para grandes cidades. Deutsche Welle, Legal notice. 2005. Disponível em: <<http://www.dw.de/dw/article/0,2144,1772334,00.html>> . Acesso em: 04/06/2012.

ZANETTI, Eder. Arquitetura, agricultura e floresta sustentável. *Eco Terra Brasil*. 2005. Disponível em: <[www.ecoterrabrasil.com.br/home/index.php?pg=temas&tipo](http://www.ecoterrabrasil.com.br/home/index.php?pg=temas&tipo)> . Acesso em: 25/09/2010.