

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL**

Luíza Emília Dedecek Gertz

**COBERTURA VEGETAL EM TELHADOS: ANÁLISE DOS
ASPECTOS CONSTRUTIVOS EM EDIFICAÇÃO NO
MUNICÍPIO DE NOVA PETRÓPOLIS/RS**

Porto Alegre
julho 2014

LUÍZA EMÍLIA DEDECEK GERTZ

**COBERTURA VEGETAL EM TELHADOS: ANÁLISE DOS
ASPECTOS CONSTRUTIVOS EM EDIFICAÇÃO NO
MUNICÍPIO DE NOVA PETRÓPOLIS/RS**

Trabalho de Diplomação apresentado ao Departamento de
Engenharia Civil da Escola de Engenharia da Universidade Federal
do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos para obtenção do
título de Engenheiro Civil

Orientador: Miguel Aloysio Sattler

Porto Alegre

julho 2014

LUÍZA EMÍLIA DEDECEK GERTZ

**COBERTURA VEGETAL EM TELHADOS: ANÁLISE DOS
ASPECTOS CONTRUTIVOS EM EDIFICAÇÃO NO
MUNICÍPIO DE NOVA PETRÓPOLIS/RS**

Este Trabalho de Diplomação foi julgado adequado como pré-requisito para a obtenção do título de ENGENHEIRA CIVIL e aprovado em sua forma final pelo Professor Orientador e pela Coordenadora da disciplina Trabalho de Diplomação Engenharia Civil II (ENG01040) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Porto Alegre, julho de 2014

Prof. Miguel Aloysio Sattler
PhD. pela University of Sheffield, Inglaterra
Orientador

Profa. Carin Maria Schmitt
Dra. pelo PPGA/UFRGS
Coordenadora

BANCA EXAMINADORA

Prof. Miguel Aloysio Sattler (UFRGS)
PhD. pela University of Sheffield

Prof. Luis Carlos Bonin (UFRGS)
MSc. pela Universidade do Rio Grande do Sul

Juliana Pasquetti Comelli (PUCRS)
Arq. e Urbanista pela Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul

Dedico este trabalho a família, amigos e professores que sempre me apoiaram e, especialmente durante o período do meu Curso de Graduação, estiveram ao meu lado.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Prof. Miguel Aloysio Sattler, orientador deste trabalho, pelo conhecimento transmitido, pelos apontamentos e pela atenção e por toda a contribuição para a realização deste trabalho.

Agradeço à Profa. Carin Maria Schmitt, pela atenção e o esclarecimento de dúvidas durante a realização deste trabalho.

Agradeço ao arquiteto Carlos Alberto Menz, ao engenheiro agrônomo Marco Antônio Toni Backes e ao Marcelus Cruz por terem compartilhado seu conhecimento acerca do tema comigo.

Agradeço aos meus professores e aos meus amigos e colegas, pelo apoio que tive durante o curso de graduação.

Agradeço a minha família pelo incentivo e compreensão.

Semeai a educação e a sustentabilidade, pois essas são as estradas que levam ao futuro perfeito e eterno.

Jorge Clésio

RESUMO

Cada vez mais o uso de técnicas mais sustentáveis vem ganhando espaço em diferentes áreas, e na construção civil isso não é diferente. Entre elas o uso de cobertura vegetal sobre edificações, que além de características estéticas, proporcionam, também, conforto térmico e acústico para o interior das edificações e um retardo no escoamento das águas pluviais para o meio externo. Com base nisso, o objetivo principal deste trabalho é analisar e descrever os materiais e as técnicas construtivas utilizados para a construção de uma cobertura vegetal sobre edificação. Apesar de não ser uma técnica nova, o fato de seu uso ainda ser pouco difundido no Brasil, gera alguns receios quanto à execução deste tipo de cobertura. Porém, garantindo que o projeto e a execução de coberturas vegetais sobre edificações sejam realizados de forma cautelosa, com controle estrito sobre todas as etapas do processo, evita que ocorram patologias na estrutura, garante o bom desempenho delas e o usufruto dos benefícios trazidos por elas. Apesar da existência de técnicas mais industrializadas de execução de coberturas verdes, que também são citadas neste trabalho a título de exemplificação, optou-se por estudar edificações, cujas coberturas ecológicas foram concebidas pelo método mais artesanal de execução, como uma forma de comparação entre os métodos. A análise dos aspectos construtivos das coberturas verdes executadas pelo método artesanal, apesar de mais simples do que os métodos industriais presentes no mercado atual, demonstrou ter um custo um pouco menor e igual desempenho aos sistemas industrializados, garantindo a plena satisfação dos seus usuários.

Palavras-chave: Aspectos Construtivos de Coberturas Vegetais. Sistemas Construtivos de Coberturas Vegetais. Características Gerais de Coberturas Vegetais.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Etapas do trabalho	15
Figura 2 – Componentes do sistema alveolar em perspectiva	27
Figura 3 – Componentes do sistema alveolar em planta	27
Figura 4 – Sistema modular do Instituto Cidade Jardim	29
Figura 5 – Componentes sistema laminar	30
Figura 6 – Cobertura estudada 1	41
Figura 7 – Cobertura estudada 2	42
Figura 8 – Cobertura estudada 3	43
Figura 9 – Panorama do protótipo	44
Figura 10 – Protótipo com detalhe lona vinílica	45
Figura 11 – Elementos drenantes	46
Figura 12 – Espécies vegetais em cobertura verde concluída	47
Figura 13 – Detalhe da vegetação e do substrato do protótipo	47
Figura 14 – Sistema de drenagem do protótipo com argila expandida	48
Figura 15 – Saída do tubo de drenagem do protótipo pela parte inferior da cobertura	49

LISTA DE SIGLAS

CP-IV – cimento Portland pozolânico

EVA – etileno acetato de vinila

ONU – Organização das Nações Unidas

PEAD – polietileno de alta densidade

PETG – polietileno tereftalado modificado com glicol

PVC – policloreto de vinila

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 DIRETRIZES DA PESQUISA	13
2.1 QUESTÃO DA PESQUISA	13
2.2 OBJETIVOS DO TRABALHO	13
2.2.1 Objetivo Principal	13
2.2.2 Objetivo Secundário.....	13
2.3 PRESSUPOSTO	13
2.4 PREMISA	13
2.5 DELIMITAÇÕES	14
2.6 LIMITAÇÕES.....	14
2.7 DELINEAMENTO.....	14
3 CARACTERÍSTICAS DAS COBERTURAS VEGETAIS	17
3.1 CLASSIFICAÇÃO DAS COBERTURAS VEGETAIS	17
3.2 SUBSTRATO	18
3.3 VEGETAÇÃO	18
4 PROJETO DE COBERTURAS VEGETAIS	21
4.1 SOBRECARGA NA ESTRUTURA PORTANTE DA COBERTURA	21
4.2 IMPERMEABILIZAÇÃO	22
4.3 SISTEMA DE DRENAGEM	23
4.4 CUSTOS DE PROJETO E EXECUÇÃO	23
5 SISTEMAS CONSTRUTIVOS DE COBERTURAS VEGETAIS	26
5.1 SISTEMA ALVEOLAR	26
5.2 SISTEMA MODULAR	28
5.3 SISTEMA LAMINAR	29
6 BENEFÍCIOS E INCONVENIENTES NO USO DE COBERTURAS VEGETAIS	32
6.1 BENEFÍCIOS AO MEIO EXTERNO	32
6.2 BENEFÍCIOS AO MEIO INTERNO	33
6.3 INCONVENIENTES	34
7 DESEMPENHO DE COBERTURAS VEGETAIS	36

7.1 DESEMPENHO TÉRMICO	36
7.2 RETENÇÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS	38
8 DESCRIÇÃO E ANÁLISE DOS ASPECTOS CONSTRUTIVOS DAS COBERTURAS VEGETAIS ESTUDADAS	40
8.1 DESCRIÇÃO DAS EDIFICAÇÕES	40
8.2 SUPORTE DOS COMPONENTES	43
8.3 COMPONENTES IMPERMEABILIZANTES E DRENANTES	44
8.4 SUBSTRATO E VEGETAÇÃO	46
8.5 SISTEMA DE DRENAGEM	48
8.6 ANÁLISE DOS ASPECTOS CONSTRUTIVOS	49
9 CONSIDERAÇÕES FINAIS	52
REFERÊNCIAS	53

1 INTRODUÇÃO

Desde que se chegou à conclusão de que os recursos naturais não eram inesgotáveis e que o aquecimento do Planeta e suas consequências eram uma certeza, um novo conceito entrou no vocabulário do dia a dia: o de sustentabilidade. Sustentabilidade essa que não engloba somente o desenvolvimento sustentável do meio ambiente, mas também o desenvolvimento nos âmbitos econômicos e sociais. Segundo o relatório da Comissão Mundial para o Meio Ambiente e Desenvolvimento da ONU (UNITED NATIONS, 1987), intitulado *Nosso Futuro Comum*, o desenvolvimento sustentável é aquele que satisfaz as necessidades do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras de satisfazerem as suas próprias necessidades. Esse mesmo documento cita algumas medidas, no que tange ao planejamento urbano e ao desenvolvimento sustentável na construção civil, entre elas o uso mais constante de opções ecologicamente inteligentes na produção e a pesquisa de novos materiais de construção e de novas técnicas construtivas, que tornem as obras mais sustentáveis em todos os âmbitos, da sua execução à pós-execução.

Com base nesses direcionamentos, o objetivo deste trabalho é estudar, através de pesquisa bibliográfica e estudo da construção de edificações no município de Nova Petrópolis/RS, os materiais e as características construtivas de um dos sistemas ditos sustentáveis, a cobertura vegetal sobre edificações. Esse tipo de cobertura ecológica pode ser encontrado, por exemplo, na recente construção do complexo cultural do Multipalco, ao lado do Theatro São Pedro, em Porto Alegre/RS. A opção de se usar a cobertura verde no projeto do Multipalco surgiu com o intuito, não só de trazer características estéticas para os arredores da construção, mas, também, de proporcionar conforto termoacústico e uma maior retenção das águas das chuvas (HUNGRIA, 2012).

As edificações estudadas se encontram no município de Nova Petrópolis, na região da Serra Gaúcha, cerca de 90 km de Porto Alegre/RS. Por ser uma região rodeada por vegetação abundante e que se sustenta, principalmente, através do turismo e da agricultura, os municípios que a compõem estão em constante busca por desenvolver boas práticas no âmbito da sustentabilidade ambiental. Por isso, a construção civil na região vem empregando algumas técnicas de construção sustentável, dentre elas a execução de coberturas vegetais sobre

edificações, como um meio de garantir características de sustentabilidade ambiental à região e também atrair um maior número de turistas.

Após este capítulo introdutório, são apresentadas as diretrizes da pesquisa, sua questão, seus objetivos, pressupostos e suas premissas, bem como suas delimitações e limitações, contando com uma breve explicação sobre as etapas a serem realizadas até a conclusão do trabalho. O terceiro capítulo refere-se às características das coberturas vivas, no que tange a sua classificação e aos aspectos do substrato e da vegetação mais frequentemente encontrados.

O quarto capítulo trata de questões referentes ao projeto de coberturas vegetais genéricas, levantando questões referentes ao carregamento que elas impõem sobre a estrutura suporte e às necessidades diferenciadas na impermeabilização e no sistema de drenagem da edificação, bem como alguns pontos referentes aos custos de projeto e execução deste tipo de cobertura. O capítulo seguinte descreve alguns dos sistemas construtivos de coberturas verdes mais encontrados no mercado atual.

O sexto capítulo versa sobre os benefícios trazidos por este método construtivo aos meios externo e interno às edificações, porém também levanta alguns receios na utilização do sistema. O sétimo capítulo do presente trabalho aborda questões de desempenho térmico e de retenção das águas pluviais apresentados pelas coberturas vegetais.

No oitavo capítulo, é feita a descrição dos materiais e do sistema construtivo empregados nas coberturas verdes das edificações estudadas em Nova Petrópolis/RS e, como capítulo de fechamento, são apresentadas as considerações finais tiradas deste estudo.

2 DIRETRIZES DA PESQUISA

Nos próximos itens, são descritas as diretrizes da pesquisa deste trabalho.

2.1 QUESTÃO DA PESQUISA

A questão da pesquisa deste trabalho é: como se dá o processo construtivo, da escolha dos materiais à execução da técnica, de uma cobertura vegetal sobre uma edificação no município de Nova Petrópolis/RS?

2.2 OBJETIVOS

O objetivo deste trabalho encontra-se descrito no próximo item.

2.2.1 Objetivo Principal

O objetivo principal deste trabalho é a análise e descrição dos materiais e das técnicas construtivas, utilizados para a construção de uma cobertura vegetal sobre edificação.

2.3 PRESSUPOSTO

É pressuposto deste trabalho que as coberturas vegetais desempenham um papel fundamental na retenção e/ou no retardo do escoamento das águas pluviais e trazem conforto térmico e acústico para o interior das edificações.

2.4 PREMISSA

É premissa deste trabalho que o projeto e a execução de coberturas vegetais sobre edificações sejam realizados de forma cautelosa com controle estrito sobre todas as etapas do processo, a fim de evitar que ocorram patologias na estrutura.

2.5 DELIMITAÇÕES

Este trabalho delimita-se ao estudo de materiais e técnicas construtivas empregados na construção de uma cobertura vegetal sobre edificação no município de Nova Petrópolis/RS.

2.6 LIMITAÇÕES

Como limitações deste trabalho, pode-se citar:

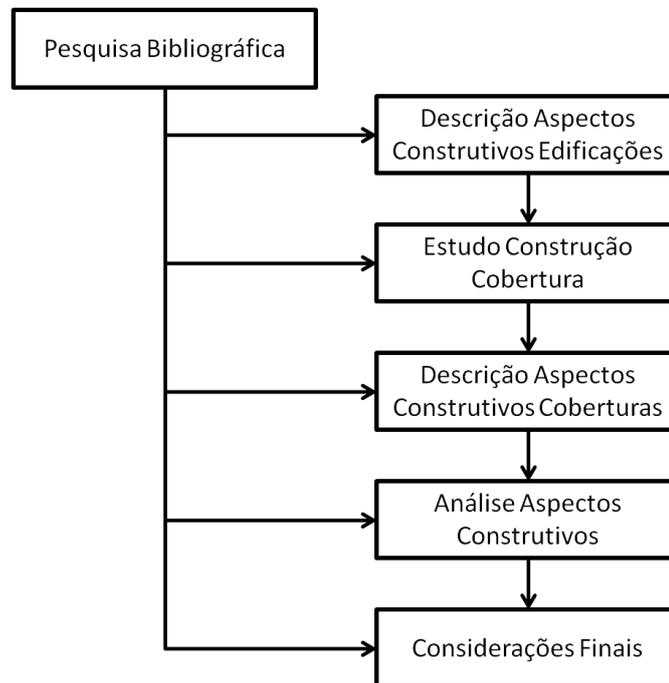
- a) o estudo de apenas quatro edificações construídas com a técnica de cobertura vegetal sobre a edificação;
- b) as edificações e, conseqüentemente, suas coberturas serem de pequeno porte, cujas características observadas podem não se aplicar a obras de maior porte.

2.7 DELINEAMENTO

As etapas a seguir, também representadas na figura 1, delimitam o escopo deste trabalho:

- a) pesquisa bibliográfica;
- b) descrição dos aspectos das edificações e das coberturas que foram acompanhadas;
- c) estudo das construções das coberturas vegetais;
- d) descrição dos materiais e aspectos construtivos das coberturas vegetais;
- e) análise dos aspectos construtivos das coberturas vegetais;
- f) considerações finais.

Figura 1 – Etapas do trabalho



(fonte: elaborada pelo autor)

A primeira etapa do trabalho consistiu na pesquisa bibliográfica do tema, focando, principalmente, no primeiro momento, em características, vantagens e possíveis problemas das coberturas vegetais sobre edificações. A pesquisa bibliográfica foi contínua, durante todas as etapas posteriores, por ser de extrema importância para a confirmação e análise dos dados ao final do processo.

Na segunda etapa do trabalho, foram descritos os aspectos construtivos das edificações que receberam as coberturas vegetais, que são analisadas ao final deste trabalho, com base na bibliografia existente. A etapa seguinte, estudo das construções das coberturas vegetais, se caracterizou pela visualização *in loco* das coberturas vegetais, propriamente ditas, executadas sobre as edificações descritas na etapa seguinte.

Dando prosseguimento às etapas do trabalho, procedeu-se à etapa de descrição dos materiais e da técnica construtiva utilizados na execução das coberturas das referidas edificações no município de Nova Petrópolis/RS. Como quinta etapa, foi feita a análise dos aspectos construtivos, no que tange a sua execução, para confirmação do pressuposto e da premissa

deste trabalho. Essa etapa ocorreu a partir de abril e maio de 2014, sequencialmente à etapa de descrição dos aspectos construtivos da construção, finalizando as etapas em maio de 2014.

3 CARACTERÍSTICAS DAS COBERTURAS VEGETAIS

A principal função de qualquer cobertura em uma edificação é a de proteger o espaço sob ela. Essa proteção pode ser contra intempéries, animais, ruídos e radiação, proporcionando aos habitantes conforto, privacidade e segurança.

O que diferencia as coberturas convencionais das ecológicas, além dos parâmetros, que são tratados nos próximos itens, é a camada de substrato e vegetação que recobre essas últimas. Essa camada de vegetação pode ser composta por espécies de plantas rasteiras, bem como por flores e até pequenas árvores. Para Britto et al. (2003, p. 66, tradução nossa), a diferença fundamental entre as coberturas convencionais e as ecológicas é o poder que a cobertura vegetal tem de se adaptar às condições climáticas e de interagir com o meio circundante em que se encontra.

3.1 CLASSIFICAÇÃO DAS COBERTURAS VEGETAIS

No que diz respeito às coberturas verdes, essas podem ser classificadas em dois tipos principais: extensivas ou intensivas. A classificação depende da espessura da camada de substrato, colocada sobre a estrutura suporte, que, por sua vez, delimita o porte dos vegetais que podem ser acoplados a ela. Segundo Britto et al. (2003, p. 66, tradução nossa), as coberturas verdes do tipo extensivas são as que tem, no máximo, 10 cm de espessura de camada vegetal, constituindo-se de “[...] plantas de pequeno porte (geralmente autóctones), com abastecimento de água e substâncias nutritivas através de processos naturais.”. As coberturas verdes intensivas, também conhecidas como coberturas ajardinadas, ainda segundo a autora, apresentam uma camada de substrato de, no mínimo, 20 cm, o que propicia o plantio de plantas de maior porte, como arbustos e até pequenas árvores. Apesar de as coberturas intensivas terem características estéticas mais interessantes do que as coberturas extensivas, elas exigem uma necessidade maior de manutenção e cuidados, já que se assemelham a qualquer jardim. A construção da cobertura acompanhada pelo autor utiliza o sistema de cobertura verde do tipo extensiva, pela estrutura da edificação que recebeu a vegetação ser de pequeno porte.

3.2 SUBSTRATO

O substrato é parte fundamental na concepção de uma cobertura ecológica, pois, sem ele, não haveria a possibilidade de crescimento de vegetação. Para Correa (2001, p. 857-858, tradução nossa), além de essa base ser responsável pela nutrição, e consequente desenvolvimento das espécies de plantas, ela é responsável, por um lado, pelo escoamento de parte das águas das chuvas, o que evita o apodrecimento das raízes, e, por outro, pela retenção de parte dessas águas pluviais, o que permite a manutenção das plantas.

A presença de água e umidade produz, tanto nas estações mais quentes, quanto nas mais frias do ano, efeitos semelhantes no substrato. Segundo Correa (2001, p. 859, tradução nossa), durante o verão, a temperatura do substrato umedecido decai através do processo de evapotranspiração dos vegetais, apesar de sua condutividade térmica aumentar levemente, conforme o aumento do teor de umidade. A mesma coisa acontece no inverno, pois a umidade em contato com a radiação solar favorece o processo de evaporação da água pelas plantas, gerando uma queda na temperatura do substrato e, conseqüentemente, perdas térmicas através da cobertura (CORREA, 2001, p. 859, tradução nossa).

No que diz respeito às propriedades físicas dos substratos de coberturas verdes, Correa (2001, p. 859, tradução nossa) “[...] detectou que quanto mais poroso o substrato, menor é sua condutividade térmica, o que gera menores temperaturas abaixo dessa camada [...]”. Para a autora, essa condução térmica baixa do substrato favorece o retardo das variações das temperaturas internas e externas – apesar de os substratos experimentais de sua pesquisa terem pouca espessura, o que produz um resultado final aproximado.

3.3 VEGETAÇÃO

A vegetação desempenha diferentes funções, tanto no meio ambiente, quanto no ambiente construído. Conforme Minke¹ (1980 apud KIST, 2011, p. 29), ela pode:

- a) contribuir com o bem-estar e melhoramento dos estados psicológicos humanos;
- b) contribuir ecologicamente para o ambiente;
- c) contribuir de forma estética para o ambiente;

¹ MINKE, G. **Alternatives Bauen**. Grebenstein: Öko-Buchversand, 1980.

- d) exercer funções de partes das construções, como telhados e/ou paredes;
- e) substituir partes das construções, desempenhando suas tarefas.

A escolha do tipo certo de vegetação a ser plantada no substrato sobre a cobertura garante as características estéticas e de durabilidade da mesma. Para a seleção das plantas, é importante levar em consideração aspectos relacionados ao clima do local onde a edificação se encontra, às características físico-químicas do substrato, ao tipo de cobertura ecológica (extensiva ou intensiva) e à manutenção das espécies. Além disso, deve-se optar por espécies nativas da região na qual a cobertura será construída, o que garante a fácil adaptabilidade das plantas e diminui os custos, tanto de obtenção, quanto de manutenção das mesmas. Krebs (2005, p. 60) cita que, para que seja feita a escolha da vegetação mais adequada à cobertura, também se deve levar em consideração a variação de temperatura do ciclo dia (temperaturas mais altas) e noite (temperaturas mais baixas). A mesma autora apresenta quatro características que ela acredita serem comuns às plantas com fácil adaptabilidade em coberturas verdes, como:

- a) resistência à radiação solar direta;
- b) resistência a períodos secos;
- c) resistência a ventos fortes e geadas;
- d) boa capacidade de regeneração.

Outro aspecto é que a vegetação, muitas vezes, faz sombra ao “[...] substrato, reduzindo o superaquecimento, além de parte significativa da radiação solar ser refletida ou absorvida [...]” (CORREA, 2001, p. 863, tradução nossa). Por sua vez, segundo Kist (2011, p. 20), é importante que a vegetação, em si, não seja encoberta por construções vizinhas ou outros obstáculos, pois ela necessita da radiação solar para realizar seus processos biológicos.

A contribuição da vegetação para o bem-estar das pessoas é um dos aspectos menos evocados quando se pensa em construir uma cobertura verde. Porém, Krebs (2005, p. 47) cita que resultados de estudos acadêmicos apontam para muitos benefícios psicológicos trazidos pelas plantas no ambiente construído. Pouey² (1998 apud KREBS, 2005, p. 47) também se refere a algumas vantagens da presença de plantas nas zonas urbanas, no que tange a aspectos psicológicos humanos, como:

² POUHEY, M. T. F. **Estudo Experimental do Desempenho Térmico de Coberturas Planas:** vegetação e terraço. 1998. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1998.

- a) a introdução de elementos naturais entre as edificações;
- b) a assimilação da mudança das estações;
- c) o embelezamento das cidades.

4 PROJETO DE COBERTURAS VEGETAIS

As etapas projetuais e de planejamento de edificações que utilizem técnicas construtivas sustentáveis, segundo Figuerola (2008, p. 46)³, podem ser “[...] mais demoradas e custosas, mas vão trazer economia de recursos, tempo e dinheiro nas fases de construção, uso e manutenção [...]”. Rocha (2010, p. 35) salienta que “Para [...] manter esses novos ecossistemas [...]”, é fundamental que todos os componentes da cobertura vegetal colaborem “[...] para seu desempenho ao longo do tempo [...]”. Para que a cobertura vegetal apresente um bom desempenho após sua construção, é importante considerar três aspectos básicos do projeto: a sobrecarga na estrutura portante da cobertura, a impermeabilização da laje e o sistema de drenagem. Esses aspectos são abordados separadamente nos próximos itens.

4.1 SOBRECARGA NA ESTRUTURA PORTANTE DA COBERTURA

Segundo Britto et al. (2003, p. 67, tradução nossa), os principais constituintes de uma cobertura ecológica são:

- a) uma camada vegetal com espécies autóctones, perfeitamente adaptadas ao clima local e com uma manutenção nula ou mínima;
- b) um substrato orgânico ou inorgânico de pouca espessura, pouco peso, e nutrientes suficientes para o desenvolvimento vegetal das espécies;
- c) retentor de água, em forma de gel, painéis sintéticos ou painéis de lã de rocha;
- d) filtro sintético para a retenção das partículas finas do substrato, abaixo deste;
- e) isolamento térmico adicional, dependendo das necessidades térmicas do lugar;
- f) uma chapa de impermeabilização, geralmente, anti-raiz;
- g) suporte estrutural.

No momento de se conceber o projeto de uma cobertura ecológica, deve-se levar em conta que, o substrato e a vegetação sobre ele, além dos outros constituintes elencados acima, causam uma sobrecarga na estrutura suporte da cobertura. Sendo assim, “A consideração

³ Entrevista concedida pela arquiteta Alexandra Lichtenberg, mestre em conforto ambiental e eficiência energética pela Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Rio de Janeiro.

construtiva mais importante na hora de incorporar a vegetação sobre a cobertura, é proteger a integridade da cobertura e da estrutura que se encontra abaixo [...]” (CORREA, 2001, p. 105, tradução nossa). Pouey⁴ (1998 apud KREBS, 2005, p. 67) complementa que se deve considerar, para fins de cálculo do carregamento total sobre a estrutura suporte, “[...] dois tipos de cargas [...]: as permanentes e as acidentais.”. Cargas permanentes, segundo a mesma autora, são compostas pelo peso de todos os componentes que constituem a cobertura verde, mais o peso das águas pluviais que ficam retidas nela. Já, as cargas acidentais são basicamente compostas pelo peso das pessoas e utensílios usados durante os períodos de manutenção da cobertura. Nakamura (2011, p. 94) cita que, numa cobertura do tipo extensiva, o aumento da carga permanente sobre a estrutura pode variar entre 70 a 170 kg/m². Já, as coberturas intensivas, podem “[...] impor um peso adicional de 290 a 970 kg/m².”.

4.2 IMPERMEABILIZAÇÃO

No que diz respeito à impermeabilização da laje, Daudt⁵ (2006 apud KIST, 2011, p. 19) “[...] salienta [...] que a presença de elementos impermeabilizantes é imprescindível para que haja um bom desempenho da cobertura verde.”. Logo (CORREA, 2001, p. 105, tradução nossa):

[...], a laje deve ser dimensionada de maneira a suportar a carga extra, [...], e impermeabilizada de maneira que assegure uma longa duração à cobertura, ao mesmo tempo, que a proteja de infiltrações. A impermeabilização é responsável pela proteção contra a penetração de água sob a laje.

Para garantir a integridade e durabilidade da impermeabilização, e assim evitar custos frequentes com manutenção, é geralmente recomendado o uso de uma proteção antirraiz, já que, com o desenvolvimento das plantas e o conseqüente crescimento de suas raízes, pode haver danos à simples impermeabilização asfáltica da laje. Segundo Correa (2001, p. 151, tradução nossa), a proteção antirraiz pode ser acoplada sobre a impermeabilização usual, ou ser incorporada a ela. Caso se escolha essa última opção, Correa (2001, p. 151, tradução nossa) sugere que, “[...] o material deve incluir um aditivo herbicida, que iniba o contato e a

⁴ POUHEY, M.T.F. **Estudo Experimental do Desempenho Térmico de Coberturas Planas**: Vegetação e Terraço. 1998. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1998.

⁵ DAUDT, P. D. **Bioconstrução em Terra Crua**: a utilização de técnicas de autoconstrução com adobes e fardos de palha nas cidades de Picada Café e Sentinela do Sul-RS. 2006. 84 f. Trabalho de Conclusão (Especialização em Construção Civil) – Departamento de Engenharia Civil, Núcleo Orientado para Inovação da Edificação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.

perfuração pelas raízes, desviando seu curso.”. D’Elia (2009, p. 36) indica alguns outros materiais que podem funcionar como proteção, como mantas de PEAD ou geotêxteis, cimento polimérico e outros.

4.3 SISTEMA DE DRENAGEM

Apesar de os vegetais reterem boa parte das águas das chuvas numa cobertura verde, o que não é retido deve ser drenado, como em qualquer telhado convencional. A maneira mais prática de se fazer isso, conforme Correa (2001, p. 106, tradução nossa), é utilizando o mesmo sistema de drenagem já existente no edifício, “[...] já que não se necessita duplicar ou adicionar outro sistema de drenos.”. Segundo a mesma autora, a execução de um bom sistema de drenagem é fundamental no caso de coberturas ecológicas, já que evita danos ocasionados pela água estagnada, que, como visto no primeiro item deste capítulo, aumenta a carga atuante sobre a estrutura, podendo causar danos a ela, se esta for mal dimensionada.

4.4 CUSTOS DE PROJETO E EXECUÇÃO

Comparando-se os custos de execução de uma cobertura verde e uma plana, não ecológica, apesar de a primeira apresentar um gasto a mais com o substrato e as plantas, é difícil mensurar alguma diferença significativa. Para Kist (2011, p. 33), baseado nos quadros de Krebs (2005, p. 178), a comparação dos custos de uma cobertura vegetal com uma cobertura convencional, com telhas francesas, apresentou muita semelhança entre os custos totais, uma diferença de menos de 3%. Segundo o mesmo autor, “É muito comum, em obras de bioarquitetura, a utilização de materiais oriundos do próprio local da obra para a construção, [...], o que, muitas vezes, acaba por reduzir os custos.”. Diferentemente, para Kist (2011, p. 32):

[...] construir um telhado convencional, que assegure um bom comportamento térmico, pode ter altos custos e os materiais utilizados contribuem para gerar resíduos de demolição. [...]. Sob esta ótica, coberturas verdes possuem custos de implantação similares aos de uma cobertura convencional.

Pouey⁶ (1998 apud KIST, 2011, p. 32) afirma que, por existir uma grande variedade nas opções de pisos que suportam a cobertura e de espécies vegetais que podem ser usadas sobre o telhado, o preço desses itens sofre muita variação. Kist (2011, p. 31) afirma que, “Isto, inclusive, dificulta a comparação de custos entre edificações que possuem ou não coberturas verdes.” Já, Hungria (2012, p. [2]) aponta que a implantação de uma cobertura verde é algo bastante viável economicamente, visto que, em uma “[...] obra nova, a instalação não traz custos extras.” Porém, a autora ressalta que, caso a construção já esteja concluída e se opte por implantar uma cobertura ecológica, o telhado precisará sofrer adaptações para receber os componentes extras e, nesse caso, haverá gastos com a impermeabilização e com o reforço da estrutura, além dos custos com os materiais característicos das coberturas verdes. Para efeito de ilustração, Camargo (2011, p. 89) avalia o custo total (material e mão de obra), por m², de uma cobertura verde sobre uma residência de padrão médio em empreendimento com certificação LEED, no estado do Rio Grande do Sul, como sendo de R\$ 913,19 em novembro de 2011. Já segundo D’Elia (2009, p. 37), o preço de uma cobertura vegetal industrial do tipo modular de empresa especializada fica em torno de R\$ 173,13/m², sem os custos de mão de obra, mas, mesmo assim, bem mais em conta do que a opção com certificação LEED. Ainda, para Nakamura (2011, p. 94), “Hoje, os sistemas com vegetação mais simples são fornecidos a partir de 70 reais/m².”, tornando a concepção de uma cobertura ecológica bastante viável.

Ainda, no que tange à viabilidade técnico-econômica, Correa (2001, p. 865-866, tradução nossa) indica que as coberturas vegetais se tornam uma alternativa bastante satisfatória sobre coberturas planas, já que são viáveis tecnicamente, ou seja, não representam grande peso extra sobre a estrutura suporte, o que encareceria as fundações e as demais estruturas, além de ter, como vantagem adicional, a proteção dos materiais mais deterioráveis. Segundo a mesma autora, apesar de a cobertura verde ter um incremento de cerca de 50% no custo, em comparação à cobertura plana lisa, devido ao substrato e à vegetação, “[...] este aumento de preço é compensado pelo excelente comportamento térmico e pela economia energética que este implica, [...]”.

Agregar características sustentáveis a uma edificação requer, segundo Nagalli (2012, p. 60), que se adotem novos critérios, procedimentos e insumos, além de mão de obra qualificada, o

⁶ POUHEY, M.T.F. **Estudo Experimental do Desempenho Térmico de Coberturas Planas: Vegetação e Terraço**. 1998. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1998.

que acaba por aumentar o valor final repassado ao consumidor. No caso de construtoras que pleiteiem obter certificações, que atestem a sustentabilidade de suas obras, o produto final pode sair ainda mais caro para o comprador. Porém, em sua pesquisa, Alencar e Leite Júnior (2013, p. 14) apontam que, em média, 16,3% dos entrevistados estariam dispostos a pagar a mais por um imóvel residencial com características sustentáveis, comparado a um imóvel residencial convencional. No caso mais específico das coberturas vegetais, já existe, segundo Rocha (2010, p. 35), em algumas cidades, a possibilidade de se receber incentivos fiscais e reduções de impostos para os moradores de residências que utilizem a técnica.

5 SISTEMAS CONSTRUTIVOS DE COBERTURAS VEGETAIS

Com o aprimoramento da técnica, surgiram novas opções de materiais e sistemas construtivos para coberturas vegetais, que podem ser instalados em estruturas inclinadas e, até, em tetos com telhas convencionais (NAKAMURA, 2011, p. 94). Os principais tipos de sistemas construtivos de coberturas verdes, disponíveis no mercado hoje, são os sistemas alveolares, laminares e modulares, além dos projetos especiais oferecidos por algumas empresas (D'ELIA, 2009, p. 37). Para um melhor entendimento, esses sistemas são detalhados nos próximos itens.

5.1 SISTEMA ALVEOLAR

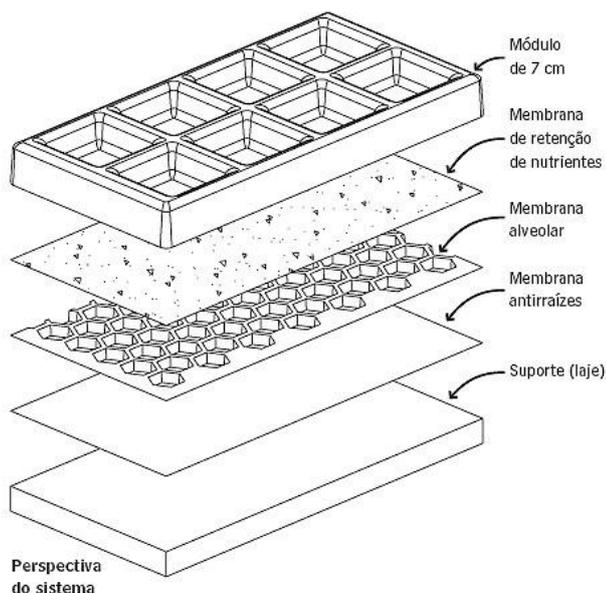
O sistema construtivo do tipo alveolar utiliza membranas com cavidades em formato hexagonal e vegetação. Segundo Silva (2010, p. 74-75), normalmente, o sistema alveolar é constituído por seis componentes, sendo eles:

- a) uma membrana flexível antirraízes de polietileno de alta densidade, com 200 micra de espessura;
- b) a membrana alveolar semiflexível de PETG (polietileno tereftalato, modificado com glicol), um tipo de plástico reciclado, com 2 cm de espessura, sendo que suas cavidades em formato hexagonal servem como reservatório de água, sob as raízes da vegetação. Em placas com espessura de 700 micra e dimensões de 124 cm x 96 cm, a capacidade de retenção de água é de 10 L/m²;
- c) uma membrana filtrante de retenção de nutrientes de material não tecido reciclado, com 5 mm de espessura, responsável por reter água e nutrientes para as raízes das plantas;
- d) um módulo de substrato rígido, com 7 cm de espessura e cavidades retangulares, sendo subdividido em sua parte interna por oito compartimentos de 4 cm de profundidade. A camada é composta por EVA (etileno acetato de vinila), um tipo de espuma sintética reciclada, moída e aglomerada com cimento Portland CP-IV, com adicional de cinzas. Os módulos são instalados sem que precisem ser fixados e tem a função de reter o substrato, evitando que suas partículas sejam carregadas pelas águas das chuvas e fixando a vegetação;
- e) um substrato leve de materiais sintéticos reciclados, que proporcione a retenção de água e nutrientes e não sobrecarregue a laje da cobertura. Nesse sistema, a carga adicional que deve ser considerada sobre a cobertura é de 60 kg/m²;

- f) a camada de vegetação de baixo porte, com pouca necessidade de manutenção e específica da região, para garantir sua durabilidade.

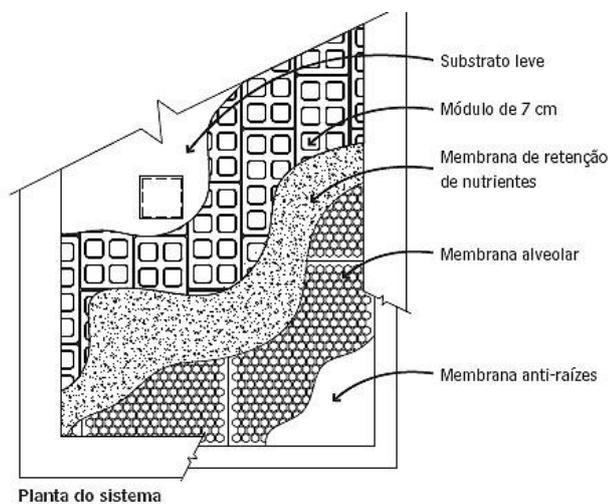
A figura 2 apresenta os componentes de um sistema alveolar em perspectiva, enquanto que, na figura 3, é possível identificar os mesmos componentes em planta.

Figura 2 – Componentes do sistema alveolar, em perspectiva



(fonte: SILVA, 2010, p. 75)

Figura 3 – Componentes do sistema alveolar, em planta



(fonte: SILVA, 2010, p. 75)

A execução desse sistema é feita colocando-se os componentes sequencialmente em camadas, não se necessitando, normalmente, de ferramentas especiais para isso, e com a vantagem que o substrato leve e as plantas crescidas já vêm incorporados aos módulos rígidos (SILVA, 2010, p. 76). O autor aconselha que, após a instalação do sistema, se proceda a rega contínua da vegetação, por um período de 45 dias, para garantir a adaptabilidade da mesma. Após esse período, a frequência varia conforme a região em que a cobertura se encontra.

5.2 SISTEMA MODULAR

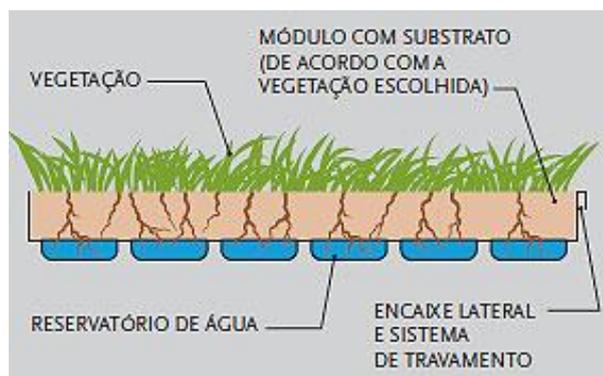
O sistema construtivo do tipo modular utiliza módulos pré-fabricados, de forma quadrada, “[...] composto por material biodegradável, que pode ser usado em coberturas planas ou inclinadas.”, devido ao seu sistema de travamento lateral (D’ELIA, 2009, p. 37). Segundo seus fabricantes, o Instituto Cidade Jardim, este sistema é mais indicado para coberturas do tipo extensivas, pois a profundidade máxima de seu substrato não ultrapassa os 5 cm, inviabilizando o plantio de vegetação de maior porte. Nakamura (2011, p. 96) complementa que, o sistema modular do Instituto Cidade Jardim tem a facilidade de ter todos os componentes em uma única peça, sendo possível recortar os módulos *in loco*, permitindo desenhos curvos sobre as coberturas. Segundo a autora, os módulos são compostos por:

- a) drenagem;
- b) filtro;
- c) reservatório de água;
- d) substrato leve, com cerca de 8 cm de profundidade;
- e) vegetação de pequeno porte.

A instalação deste sistema é feita de modo bastante similar à do sistema alveolar. A figura 4 ilustra o croqui de um módulo do sistema utilizado pelo Instituto Cidade Jardim. Referente à manutenção, D’Elia (2009, p. 38)⁷ “[...] enfatiza cuidados para evitar a compactação do substrato, e, assim, evitar a formação de pontos alagados ou lamacentos no telhado.”

⁷ Entrevista concedida pelo engenheiro agrônomo Sérgio Rocha, diretor do Instituto Cidade Jardim, empresa especializada em coberturas verdes sobre edificações.

Figura 4 – Sistema modular do Instituto Cidade Jardim



(fonte: NAKAMURA, 2011, p. 96)

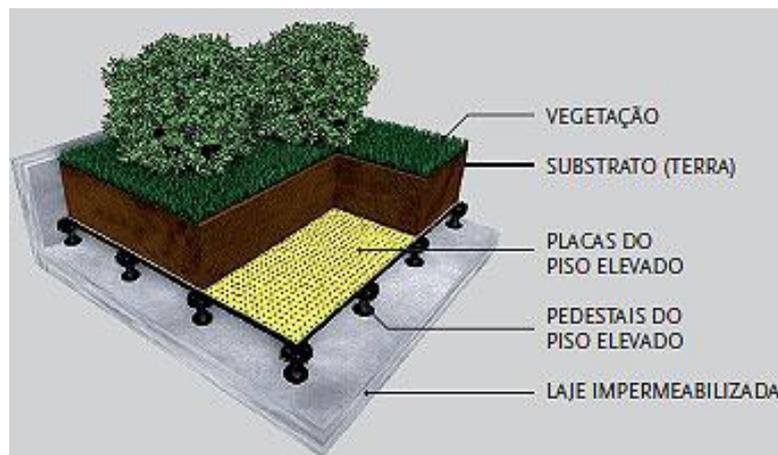
5.3 SISTEMA LAMINAR

Entre os sistemas apresentados neste capítulo, o laminar é o que implica maiores cuidados com a manutenção, pela utilização de lâmina d'água abaixo do piso, no qual a camada de vegetação se encontra (D'ELIA, 2009, p. 39). Por essa razão, ele só pode ser instalado sobre coberturas planas. Esta tecnologia, segundo Paschoal (2010, p. 96), emprega os seguintes componentes:

- a) laje da cobertura, que, além de suportar o piso suspenso e suas camadas, é responsável por armazenar a água da chuva, para posterior abastecimento do solo, devendo, também, ser composta por um ladrão, para manter o nível de água no reservatório estável, escoando o excesso;
- b) piso elevado de polipropileno, e seus componentes do mesmo material;
- c) tubos de irrigação e elemento de capilaridade em PVC, que permitem o contato da água armazenada com o solo por ascensão capilar, que supre a necessidade de água em quantidades adequadas para a vegetação. Para garantir a condução de água por capilaridade é necessário que os tubos contenham terra compactada;
- d) manta de drenagem antirraiz, de material sintético, que reveste os tubos de irrigação e capilaridade, permitindo a passagem livre de água e nutrientes, mas retraindo as partículas sólidas, para que não haja erosão do solo; ou seja, mantendo-o em contato com as raízes;
- e) camada de solo, composto por areia, argila, matéria orgânica e silte, responsável por reter parte da água e também por garantir a umidade e a aeração ideais nas raízes das plantas;
- f) camada de vegetação, podendo ser de pequeno ou grande porte.

A figura 5 ilustra os componentes de um sistema laminar.

Figura 5 – Componentes sistema laminar



(fonte: NAKAMURA, 2011, p. 96)

Como a maioria dos componentes desse sistema são pré-fabricados, sua execução, apesar de parecer, não apresenta tanta complexidade. Paschoal (2010, p. 95) cita que o processo executivo, normalmente, é composto por cinco etapas, sendo elas:

- a) a adequada impermeabilização da laje, garantindo que a água que ficará armazenada entre ela e o piso suspenso, não infiltre, causando danos à estrutura suporte;
- b) a instalação dos pisos elevados e seus componentes, bem como dos tubos de irrigação e elementos de capilaridade, que já vêm revestidos com a manta de drenagem antirraiz;
- c) a colocação de terra dentro dos tubos de irrigação, tomando o cuidado para que não fiquem vazios dentro deles;
- d) a colocação de terra sobre o sistema, cuidando para que as camadas sejam compactadas adequadamente. Se necessário, nessa etapa, é feita a correção das propriedades do solo;
- e) o plantio da vegetação.

No que tange à manutenção deste sistema construtivo, ainda segundo Paschoal (2010, p. 95), é indicado que:

- a) se realize a troca periódica das boias que regulam o nível d'água sob o piso;
- b) se proceda com a limpeza regular dos drenos, para evitar seu entupimento;
- c) se faça a correção anual dos nutrientes do solo, para garantir o desenvolvimento e a perenidade das plantas.

Nakamura (2011, p. 96) conclui que a principal vantagem desse sistema, além dos benefícios já conhecidos trazidos pelo uso de coberturas verdes, é a possibilidade de irrigação das plantas, sem a necessidade de aparelhos específicos, garantindo a economia de água e energia elétrica.

6 BENEFÍCIOS E INCONVENIENTES NO USO DE COBERTURAS VEGETAIS

Quanto mais as cidades crescem, mais aumentam suas zonas urbanas e, conseqüentemente, as áreas verdes vão sendo substituídas por áreas pavimentadas, com grande concentração de edificações. Essas zonas são as grandes responsáveis por problemas de cunho ambiental nas cidades, como:

- a) enchentes, já que impedem o escoamento das águas das chuvas;
- b) falta de circulação de ar;
- c) formação de ilhas de calor;
- d) acréscimo da temperatura externa, aumentando o gasto com energia para refrigeração do ambiente interno às edificações.

Sendo assim, uma forma de melhorar a umidificação do ar e abrandar as temperaturas nas zonas extremamente edificadas, que são as cidades, é a utilização de vegetação sobre coberturas (KREBS, 2005, p. 20). Nos próximos itens são apresentados os benefícios do uso de coberturas vegetais, tanto para o meio externo, quanto para o meio interno às edificações que as possuem, bem como alguns inconvenientes que podem ocorrer quando da utilização desse tipo de cobertura.

6.1 BENEFÍCIOS AO MEIO EXTERNO

Uma maneira eficiente e esteticamente agradável de resolver os problemas trazidos pela urbanização é a utilização de vegetação sobre as coberturas das edificações. Para Hungria (2012, p. [1])⁸, “A implantação de telhados verdes é uma tendência da arquitetura e da construção civil, por ser funcional e de fundamental importância para solucionar problemas urbanos, cada vez mais frequentes.”. No que tange à diminuição de enchentes e inundações nas cidades, “[...] um telhado verde pode ser de grande ajuda [...]”. Isso se deve ao fato de as

⁸ Entrevista concedida pelo engenheiro agrônomo João Manuel Feijó, proprietário da Ecotelhado, empresa especializada no desenvolvimento e na implantação de estruturas verdes urbanas.

plantas da cobertura captarem parte das águas pluviais que, posteriormente, evaporam, devido ao ciclo biológico dos vegetais, ao invés de escoarem para as ruas.

Diferentemente, para Kist (2011, p. 26), a grande vantagem do uso de vegetação no ambiente construído é a diminuição das ilhas de calor nas áreas urbanas. Conforme Spirn⁹ (1995 apud KIST, 2011, p. 26), as ilhas de calor podem representar, tanto um benefício, quanto um prejuízo na conservação de energia das edificações, já que, no inverno, esse efeito é responsável por elevar a temperatura interna da edificação, reduzindo a demanda por energia para aquecimento da mesma; porém, no verão, a ilha de calor é agravada pelo aumento na demanda por refrigeração do ar interno à construção, o que gera calor para o meio externo.

Além das vantagens relacionadas à melhoria térmica, retenção de águas pluviais e questões estéticas, um dos maiores, porém menos citados, benefícios dos telhados ecológicos é a purificação do ar, causada pelo aumento das superfícies verdes nas cidades. Segundo Britto et al. (2003, p. 66, tradução nossa), as plantas da cobertura, além de reterem pó e absorverem substâncias poluentes, filtram as partículas de ar e liberam oxigênio sem impurezas. Assim (BRITTO et al., 2003, p. 66, tradução nossa):

A atmosfera se limpa de substâncias nocivas e o aumento da temperatura provocado pelos gases de combustão, pela falta de circulação natural de ar e pela poluição, diminuiria, com a conseqüente melhora do clima na região.

6.2 BENEFÍCIOS AO MEIO INTERNO

As coberturas ecológicas não trazem benefícios apenas para o meio externo, mas também para o interior das edificações. Para Britto et al. (2003, p. 66, tradução nossa), o telhado verde melhora as condições de conforto do ambiente interno à edificação, por oferecer uma proteção contra a radiação solar, que é feita pela constante reflexão dessa radiação pelas folhas plantadas na cobertura, protegendo o ponto mais vulnerável da edificação e contribuindo para a minimização dos fluxos energéticos entre os meios externo e interno. Ainda, para a mesma autora, as coberturas verdes contribuem para o isolamento térmico da edificação. No verão, “A evapotranspiração [das plantas] consome energia que é afastada, antes de transmitir-se para a cobertura.”, o que causa um “Resfriamento dos espaços abaixo do telhado, [...]”

⁹ SPIRN, A. W. **O Jardim de Granito**: a natureza no desenho da cidade. São Paulo: Edusp, 1995.

(BRITTO et al., 2003, p. 67). Já, no inverno, o invólucro vegetal contribui para a diminuição das perdas de calor para o meio externo (BRITTO et al., 2003, p. 67, tradução nossa):

Para isso, contribuem a camada protetora, que é a vegetação, o poder isolante do solo ou substrato orgânico, geralmente de baixa condutividade térmica, o ar existente entre as folhas das plantas e a camada superior de substrato, que funcionam como uma camada isolante, que diminui a troca térmica entre a cobertura e o exterior.

Segundo Britto et al. (2003, p. 67, tradução nossa), além das vantagens relacionadas ao comportamento térmico, os telhados verdes também são responsáveis:

- a) pela absorção de ruídos, já que o substrato e as plantas absorvem parte das ondas sonoras;
- b) por prolongar a vida útil da cobertura, já que a protegem da radiação solar e de mudanças de temperatura;
- c) pela retenção das águas das chuvas, melhorando o grau de umidade no ar.

Hungria (2012, p. [1]) nos dá o exemplo dos benefícios que vieram com a implantação de uma cobertura verde sobre o complexo do Multipalco do Theatro São Pedro, em Porto Alegre/RS, como:

- a) a redução da temperatura, no ambiente interno ao teatro;
- b) a economia de energia elétrica, em cerca de 30%;
- c) a melhora da vedação acústica do local;
- d) o custo baixo com manutenção.

6.3 INCONVENIENTES

Apesar dos benefícios supracitados, muitas pessoas ainda tem dúvidas quanto às vantagens do uso de coberturas vegetais. Os principais inconvenientes são quanto à atração de animais, principalmente insetos indesejados, e à ocorrência de patologias nas coberturas. Para Kist (2011, p. 11), “Além dessas, existem outras incertezas, quanto a custos e durabilidade, que conduzem a uma baixa utilização deste tipo de técnica.”

Britto et al. (2003, p. 67, tradução nossa) afirmam que as desvantagens da utilização das coberturas ecológicas “[...] diminuem com o avanço da técnica, mas é importante [...] ter em conta [...]” alguns aspectos relacionados ao projeto e à execução, tanto da cobertura, quanto

da estrutura sob ela. Segundo a autora, o dimensionamento da laje abaixo da cobertura deve ser adequado para suportar a sobrecarga causada pela camada vegetal e manter a integridade da estrutura, já que, quando umedecida, o peso dessa cobertura extra aumenta, podendo produzir deformações nas vigas. Ainda, para a mesma autora, é importante que se tome cuidado para que os grânulos da camada de substrato dos vegetais não se infiltrem, pela ação da chuva, na camada drenante, tampando-a e causando a presença de umidade e infiltrações. A autora complementa que, “Com uma membrana filtrante, [...], evita-se, com toda segurança, este processo.”.

Como visto, os receios quanto aos problemas estruturais e patológicos podem ser facilmente sanados se os projetos da cobertura ecológica e da camada suporte forem bem executados. Quanto à apreensão pelo aparecimento de animais indesejados, Valesan (2009, p. 62) cita, em seu trabalho, “[...] que não há insetos ou outros animais em número significativo a ponto de se diferenciar de uma outra residência e consideram que a pele-verde não exerce influência sobre tais fatores.”. Em sua pesquisa de satisfação com moradores de edificações que empregaram a técnica de coberturas ecológicas, o engenheiro civil Rubens Kist (2011) concluiu que, em média, eles encontram-se satisfeitos com suas coberturas. Além disso, a maioria dos moradores optaria novamente por esse tipo de cobertura e a totalidade dos entrevistados recomenda seu uso. Portanto, pode-se constatar que, se bem projetadas, executadas e mantidas, as coberturas verdes trazem mais vantagens do que desvantagens às edificações e seus residentes.

7 DESEMPENHO DE COBERTURAS VEGETAIS

Certamente, o item mais tratado na bibliografia, no que se refere ao desempenho das coberturas vivas, é o comportamento térmico, principalmente, quando se compara este tipo de cobertura com as convencionais, pois (BRITTO et al., 2003, p. 66, tradução nossa):

A cobertura é a parte da edificação que está sujeita às maiores variações térmicas: durante o dia atinge elevadas temperaturas, pela exposição direta à radiação solar, e, durante a noite, é a parte da construção que mais perde calor, por radiação ao espaço.

Devido a isso, na maioria das vezes, apesar do fator estético, elas são mais utilizadas com o intuito de gerar economia energética. A arquiteta Celina Britto Correa realizou um longo estudo experimental acerca do efeito térmico nas coberturas verdes. A autora concluiu que a vegetação sobre as coberturas estudadas exerce um excelente efeito térmico sobre a edificação, principalmente durante o verão. Em sua pesquisa, Correa (2001, p. 855, tradução nossa) comparou as temperaturas superficiais sobre construções com e sem vegetação e constatou que as primeiras experimentaram diferenças térmicas menores do que as segundas, “[...] o que resulta em benefícios para os materiais de construção, para o bem-estar sob a cobertura e para o consumo de energia.”. Ainda segundo ela, essa constatação vale também para as coberturas ecológicas que possuam, ou não, isolamento térmico extra, se comparadas às coberturas convencionais planas.

Talvez um pouco menos citado, mas não menos importante é o papel que as coberturas verdes desempenham na retenção e no retardo do escoamento das águas das chuvas. Por isso, nos próximos itens são abordados, com base em estudos de autores estudados durante a etapa de pesquisa bibliográfica, como se dá o desempenho térmico e de retenção de águas pluviais nas coberturas vegetais.

7.1 DESEMPENHO TÉRMICO

O efeito térmico de redução da temperatura causado pelo uso de plantas sobre a cobertura se deve ao fato, segundo Krebs (2005, p. 50), de a vegetação proporcionar sombreamento às

superfícies, o que garante a “[...] eficiência no controle do efeito da radiação direta sobre as edificações.”. A autora complementa que as temperaturas amenas no interior das construções com cobertura verde são resultantes da “[...] capacidade do vegetal de reduzir a incidência de insolação direta sobre as superfícies, durante o dia; e de liberar o calor, durante a noite, [...]”. Além da capacidade de redução da radiação solar sobre as edificações, Minke¹⁰ (2000 apud KREBS, 2005, p. 50) cita que as plantas também podem reduzir a diferença de temperatura do dia para a noite, dentro das edificações, através dos seus ciclos de evapotranspiração e de condensação da água. Para Mascaró e Mascaró ([2002], p. 108), basicamente, então, a vegetação “[...] resfria diretamente por sombreamento e indiretamente por evapotranspiração.”. D’Elia¹¹ (2009, p. 35) especifica que “[...] a redução da temperatura da superfície das lajes após a instalação das coberturas diminui cerca de 15° C, [...]”. Ainda, segundo a mesma autora, citando a pesquisa do arquiteto alemão Jörg Spangenberg, “[...] a utilização em larga escala dos telhados verdes poderia reduzir 1° C ou 2° C a temperatura nas grandes cidades.”.

Pelos relatos e respostas da pesquisa qualitativa com moradores de edificações que possuem coberturas ecológicas, Kist (2011, p. 61) afirma que, no verão, pode-se depreender que esse tipo de cobertura serve como isolamento térmico, de uma forma mais eficiente, já que nessa época do ano a incidência de radiação solar sobre a edificação é mais intensa do que nos períodos de inverno, preservando as temperaturas baixas dentro da edificação. Essa afirmativa é confirmada também por Correa (2001, p. 123, tradução nossa), que concluiu que, se bem projetadas, as coberturas vegetais se comportam como um meio de isolamento térmico e de resfriamento de ótima qualidade no verão. Referentes a aspectos que a vegetação e o substrato das coberturas verdes devem possuir, para que sirvam como um bom isolante térmico, a mesma também identificou os três parâmetros:

- a) a capacidade de sombreamento da vegetação é dada pelo índice de área foliar, que é “[...] a superfície total de folhas contida em um volume unitário básico, [...]”, e o seu ângulo de distribuição, que “[...] determinam a transmissão da onda curta e da onda longa da camada de vegetação.”;
- b) a difusão térmica é determinada pela espessura, densidade aparente e teor de umidade do substrato. Quanto maior a densidade aparente, maior a difusão

¹⁰ MINKE, G. **Dächer Begrünen Einfach und Wirkungsvoll**. Freiburg: Ökobuch Verlag, 2000.

¹¹ Entrevista concedida pelo arquiteto alemão Jörg Spangenberg, doutorando pela Bauhaus em convênio com a Universidade de São Paulo (USP).

térmica do substrato. De forma inversamente proporcional, quanto maior o teor de umidade, menor a difusão térmica;

- c) o conforto higrotérmico proporcionado pela vegetação se deve ao ciclo de evapotranspiração delas e às trocas convectivas entre elas e o ar externo. Porém, esses parâmetros desempenham um efeito secundário no fluxo térmico que atravessa a cobertura vegetal.

Por meio de seu trabalho experimental, Correa (2001, p. 863, tradução nossa) relata que, nas estações mais quentes do ano, as coberturas com vegetação foram as que apresentaram as temperaturas mais baixas e, também, as menores oscilações térmicas. Desse último fato, pode-se inferir, “[...] que os materiais que compõem as coberturas ecológicas estão sujeitos a menores flutuações térmicas, o que garante maior vida útil aos materiais.” (CORREA, 2001, p. 863, tradução nossa). Através do mesmo experimento, a autora destaca duas outras propriedades das coberturas verdes, que são válidas para as estações de verão e inverno:

- a) a maior capacidade de absorção e amortecimento do fluxo de calor externo à cobertura;
- b) a maior capacidade de acúmulo de calor e retardo térmico. Sendo essa propriedade mais evidente no verão, por ser a época em que a variação da temperatura externa é quase o dobro da do inverno.

7.2 RETENÇÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS

Como discutido no item acerca de benefícios e desvantagens, as coberturas ecológicas desempenham também um excelente papel na retenção e “[...] no retardo do tempo de escoamento das águas das chuvas, que possibilita o alívio dos sistemas de drenagem pluvial.”, evitando, assim, as inundações nas cidades (KREBS, 2005, p. 52). Pouey¹² (1998 apud KREBS, 2005, p. 52) faz uma comparação da porcentagem de águas pluviais retidas por coberturas convencionais e coberturas vivas. Segundo ela, há estudos que mostram que, nas coberturas convencionais, no máximo, 20% das águas das chuvas ficam retidas e evaporam posteriormente; ou seja, 80% ou mais dessas águas devem escoar para as canalizações de esgotos pluviais. Já, nas coberturas verdes, o percentual de retenção sobe para 70%, ou seja,

¹² POUHEY, M.T.F. **Estudo Experimental do Desempenho Térmico de Coberturas Planas: Vegetação e Terraço**. 1998. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1998.

apenas 30% das águas pluviais são conduzidas para as ruas, o resto voltará à atmosfera por evaporação.

8 DESCRIÇÃO E ANÁLISE DOS ASPECTOS CONSTRUTIVOS DAS COBERTURAS VEGETAIS ESTUDADAS

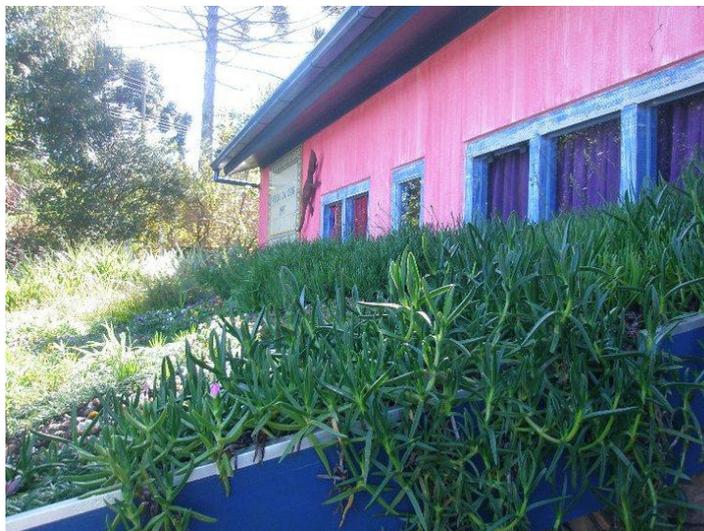
Apesar da evolução da técnica, com o surgimento de sistemas construtivos mais industrializados, como os citados no capítulo 5 deste trabalho, em algumas regiões, ainda são executadas coberturas vegetais sobre edificações por um método mais artesanal. Uma dessas regiões é a Serra Gaúcha, cujos municípios têm focado esforços no desenvolvimento de políticas de sustentabilidade ambiental. Para o desenvolvimento deste trabalho, foram visitadas quatro construções, que se encontram no município de Nova Petrópolis. Quanto às funções das edificações visitadas, duas são de uso comercial, uma de uso residencial e a quarta edificação é um protótipo de cobertura ecológica. Porém, todas têm em comum a concepção de suas coberturas vegetais pelo método construtivo artesanal. Um fato interessante é que, das quatro edificações estudadas, apenas uma já havia sido concebida para receber uma cobertura ecológica desde a fase de projeto. Os usuários das outras duas edificações optaram pela execução de uma cobertura verde, após a conclusão total da edificação e seu uso por um determinado período de tempo. Nos próximos itens, são descritas cada uma das coberturas vegetais visitadas e, para detalhar os materiais e os aspectos construtivos das mesmas, optou-se pela descrição da concepção do protótipo, que ilustra a concepção destas coberturas pelo método artesanal.

8.1 DESCRIÇÃO DAS EDIFICAÇÕES

A primeira edificação visitada tinha função residencial e sua cobertura apresentava a peculiaridade de possuir uma abertura zenital, além dos componentes de uma cobertura verde e de uma inclinação de cerca de 30°. A cobertura ecológica não havia sido planejada no início, porém, a estrutura do telhado, já contava com um suporte de treliças. Sendo assim, não foi necessário reforço estrutural na edificação para receber a cobertura vegetal. Além disso, utilizou-se o mesmo sistema de drenagem já existente na edificação, com a saída dos tubos de drenagem sendo feita pelas laterais da cobertura e a proteção mecânica do tubo sendo composta por brita. Para a proteção da impermeabilização da cobertura, fez-se o arremate das laterais da mesma com a colocação de um rufo metálico. Como mostrado na figura 6, essa

cobertura apresenta predominância de plantas suculentas do tipo *Sedum*, ainda com algumas variações de floríferas e gramíneas em segundo plano.

Figura 6 – Cobertura estudada 1



(fonte: foto do autor)

A segunda cobertura verde estudada foi concebida pelo mesmo arquiteto da obra supracitada, tendo a construção da cobertura ocorrido alguns anos após a finalização da edificação. Porém, diferentemente da primeira edificação, esta apresentava função comercial. Optou-se pela realização de uma cobertura vegetal inclinada cerca de 45° e projetada para fora da edificação. Para isso, foi necessário realizar um reforço na estrutura, através de mãos-francesas acopladas à parede da edificação. Referente ao sistema de drenagem, assim como a edificação de uso residencial, a cobertura verde desta edificação utiliza-se do mesmo sistema de drenagem já pré-existente na edificação, sendo a saída do tubo feita pela parte inferior da cobertura e a proteção mecânica do mesmo sendo composta por brita. Como arremate e proteção à lona vinílica impermeabilizante também optou-se pela utilização de um rufo metálico cobrindo as laterais da cobertura. Referente à vegetação, como pode-se notar na figura 7, nesta cobertura predominam as gramíneas.

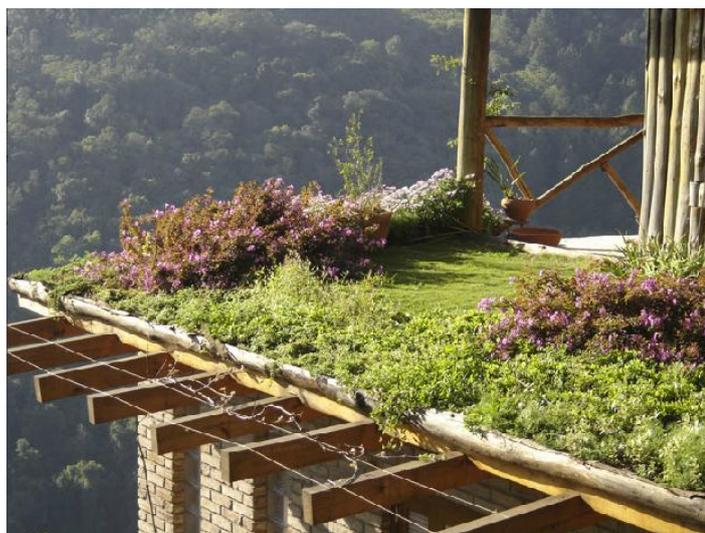
Figura 7 – Cobertura estudada 2



(fonte: MENZ, [2009])

A terceira edificação estudada também apresentava uso comercial, porém, diferentemente, das outras duas, sua cobertura vegetal já havia sido previamente planejada antes da finalização da construção da edificação. Entretanto, esta cobertura não possuía inclinação acentuada como as outras duas, cerca de 5% apenas, sendo praticamente plana. Seguindo os padrões anteriores, o sistema de drenagem utilizado nesta cobertura era o mesmo já existente na edificação, com a saída do tubo pela parte inferior da cobertura e a proteção mecânica do mesmo sendo feita pela colocação de britas. Além da predominância de floríferas e suculentas do tipo *Sedum*, esta cobertura apresentava a particularidade de ser composta por um beiral de madeira rústico sem arremate com rufo metálico, como mostrado na figura 8. Durante os sete anos de existência desta cobertura, o único problema apresentado foi um rasgo na lona vinílica durante uma manutenção mal executada, em que o jardineiro utilizou material cortante.

Figura 8 – Cobertura estudada 3



(fonte: TONI BACKES, [2009])

Próximo a esta mesma edificação, foi construído um protótipo de cobertura vegetal para fins de demonstração e estudo, pela mesma equipe que concebeu a terceira cobertura visitada, a Toni Backes Paisagismo e Arquitetura. A escolha dos materiais e a concepção do protótipo são muito semelhantes, senão iguais, ao método artesanal utilizado para a construção das três coberturas visitadas. Por isso, optou-se por descrever com maior profundidade, nos próximos itens, os materiais e os aspectos construtivos utilizados para a construção do protótipo, a fim de ilustrar a concepção das coberturas vegetais pelo método artesanal.

8.2 SUPORTE DOS COMPONENTES

A concepção de uma cobertura verde pelo método artesanal começa pela execução de uma caixa de madeira, no formato da cobertura da edificação, podendo ser inclinada ou não. Essa caixa será o recipiente para todos os outros componentes da cobertura ecológica, e suas laterais devem ter uma altura que impeça que o substrato e a vegetação caiam para fora da cobertura. No caso do protótipo, a altura das laterais da caixa ficou em torno de 30 cm, pela opção de se ter o plantio apenas de vegetação rasteira: ervas, gramíneas e suculentas. Caso se opte pelo plantio de vegetação com um porte um pouco maior, é necessário que as laterais da caixa sejam também maiores em altura.

Também é importante que se tome alguns cuidados, quando da execução em coberturas inclinadas. Para que os componentes da cobertura vegetal não sejam carregados pelas águas das chuvas, vento ou ação da gravidade, quando se trabalha com uma cobertura inclinada, é necessário que se use ripas de madeira em diagonal, como método de travamento. Como se optou pela construção do protótipo sem inclinação, não foram necessários tomar esses cuidados com o travamento. A figura 9 apresenta um panorama geral do protótipo de 1,30 x 2,10 m.

Figura 9 – Panorama do protótipo



(fonte: foto do autor)

8.3 COMPONENTES IMPERMEABILIZANTES E DRENANTES

Para garantir a durabilidade de todo o sistema, e evitar patologias na edificação, é necessário que se faça a impermeabilização da caixa-recipiente. Essa impermeabilização, no protótipo, assim como nas demais coberturas visitadas, foi feita pela colocação de uma lona vinílica, que abrangia toda a área da caixa-recipiente, pregada às laterais da caixa, como mostra a figura 10. Para garantir a eficácia e proteção da impermeabilização e para um melhor acabamento da cobertura, aconselha-se fazer a colocação de um rufo metálico sobre todo o perímetro da lateral da caixa de madeira, como ocorreu nas duas primeiras coberturas visitadas, mas não no protótipo. Por se tratar de um protótipo demonstrativo e bastante rústico, deixaram-se essas laterais com a lona vinílica exposta, o que não é aconselhável nem em obras residenciais nem

comerciais, visto que podem ocorrer danos a esta lona, que causam patologias à impermeabilização e, conseqüentemente, à estrutura da cobertura e da edificação abaixo dela.

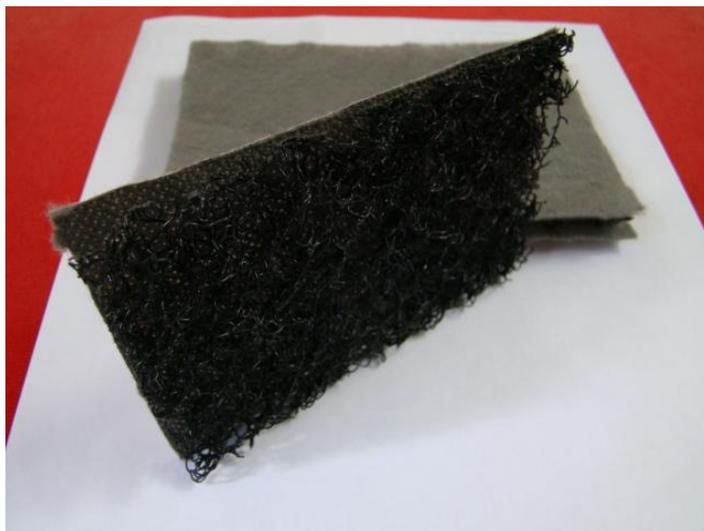
Figura 10 – Protótipo com detalhe lona vinílica



(fonte: foto do autor)

Sobre a lona vinílica foram colocados elementos geodrenantes, que tem a função de facilitar o escoamento das águas pluviais e, também, proteger a impermeabilização da cobertura. Essa membrana geodrenante era composta por um interior de PEAD rijo, que tem a finalidade de permitir a percolação das águas pluviais até o dreno, entre duas camadas de um tecido geotêxtil, conhecido como manta de bidim, que evita a infiltração de partículas de solo e raízes para os drenos e também protegem a impermeabilização da cobertura. A figura 11 ilustra o detalhe do elemento geodrenante, em primeiro plano, e a manta de bidim, ao fundo. Esse componente geodrenante é, muitas vezes, utilizado também na execução de taludes, fundações, cortinas, entre outras estruturas, dada a sua alta capacidade de escoar a vazão das águas das chuvas, ao mesmo tempo em que protege o sistema de impermeabilização da estrutura.

Figura 11 – Elementos drenantes



(fonte: MENZ, [2009])

8.4 SUBSTRATO E VEGETAÇÃO

No sistema artesanal de coberturas verdes, executado em Nova Petrópolis, busca-se utilizar, tanto o substrato, quanto a vegetação da própria região, principalmente pelo clima ser ameno, durante o verão, e bastante frio, nos meses de inverno, o que dificulta o plantio de algumas espécies menos resistentes a temperaturas extremas. Boa parte dos substratos das edificações visitadas era natural, composto por terra convencional com adubo orgânico.

Com relação à vegetação utilizada nas coberturas verdes visitadas, a totalidade era composta por ervas, gramíneas e plantas de pequeno porte. As espécies mais utilizadas eram suculentas do gênero *Sedum*, que são espécies capazes de armazenar água; Grama Esmeralda; Grama Amendoim; Bulbine (conhecidas popularmente como Cebolinha de Jardim); Capim Chorão e algumas espécies floríferas, como Saião, Capuchinha e Mal-Me-Quer. A figura 12 ilustra uma cobertura verde concluída com predominância de suculentas do gênero *Sedum*, em primeiro plano.

Figura 12 – Espécies vegetais de cobertura verde concluída



(fonte: MENZ, [2009])

No caso específico do protótipo, o substrato era composto por 60% de terra preta, 30% de casca de arroz e 10% de cama de aviário, com predominância de vegetação suculenta, algumas gramíneas e ervas que cresceram naturalmente na área da cobertura. A figura 13 ilustra o detalhe da vegetação de suculentas e do substrato do protótipo em vista superior. Na parte mais inferior da figura 13, também, é possível vislumbrar a lona vinílica da impermeabilização saindo pela lateral da caixa suporte do protótipo sem o rufo metálico.

Figura 13 – Detalhe da vegetação e do substrato do protótipo



(fonte: foto do autor)

8.5 SISTEMA DE DRENAGEM

A drenagem das coberturas verdes das quatro edificações visitadas, assim como a do protótipo, era feita através das membranas geodrenantes, citadas no item 8.2, e de um dreno localizado na beirada interior da cobertura, na parte mais afastada da edificação, responsável por escoar as águas das chuvas para fora da cobertura. O dreno nada mais era do que um tubo de PVC, de diâmetros entre 100 mm e 200 mm, com furos por toda a sua circunferência, para que pudesse receber as águas vindas da membrana geodrenante, do substrato e diretamente do exterior, pela chuva. Para garantir que não houvesse infiltração de partículas de solo ou raízes, comprometendo a drenagem do sistema, o tubo, tanto nas edificações quanto no protótipo, era envolto por uma camada de manta de bidim. Na beirada, na qual se encontrava o dreno, não era colocado o substrato e a vegetação, mas, sim, uma camada de brita, garantindo a proteção mecânica do mesmo e facilitando a drenagem. No caso específico do protótipo, a camada de brita foi substituída por uma camada de argila expandida sobre o tubo, como apresentado na figura 14.

Figura 14 – Sistema de drenagem do protótipo com argila expandida



(fonte: foto do autor)

O escoamento das águas para o meio externo à cobertura era feito pelo mesmo sistema de calhas e coletores que já existia na edificação, antes da execução da cobertura vegetal. No protótipo, assim como na obra comercial e na segunda obra residencial visitada, a saída do tubo de drenagem era feita pela parte inferior da cobertura, como ilustrado na figura 15. Na

figura, ainda é possível visualizar o corte na lona vinílica, em preto, para propiciar o correto escoamento das águas pela abertura.

Figura 15 – Saída do tubo de drenagem do protótipo pela parte inferior da cobertura



(fonte: foto do autor)

8.6 ANÁLISE DOS ASPECTOS CONTRUTIVOS

Em se tratando do projeto das três edificações que receberam a cobertura vegetal após a conclusão da obra, apenas uma necessitou de reforço estrutural para receber a nova cobertura. Isso se deveu ao fato de que o usuário da edificação optou por construir uma marquise inclinada, a qual receberia os componentes da cobertura verde, sobre a calçada da propriedade. O reforço se deu através da execução de mãos francesas ligadas à edificação existente. Com relação às outras duas edificações e ao protótipo, que receberam coberturas do tipo extensivas, não foi necessário fazer o reforço da estrutura, e as coberturas podem, inclusive, receber cargas acidentais em períodos de manutenção.

Pelo suporte dos componentes ser constituído de madeira, o momento da impermeabilização recebeu atenção especial. A lona vinílica, que será responsável por impermeabilizar o recipiente de madeira, deve se moldar a toda área da caixa de madeira, subindo por suas laterais até, pelo menos, o topo destas. O ideal é que se faça o arremate dessas laterais com um rufo metálico, que complementa o processo de impermeabilização. A proteção antirraiz, necessária para garantir a durabilidade da lona impermeabilizante, é feita pelas duas camadas

de manta de bidim do componente geodrenante, que deixa passar a água, mas retém partículas de solo, além das raízes das plantas. Segundo os usuários das edificações, que possuem coberturas ecológicas executadas há algum tempo na região, ainda não houve infiltrações ou patologias em suas edificações por conta da cobertura verde, o que os deixa satisfeitos com a construção.

A utilização da membrana geodrenante de PEAD, nas quatro coberturas estudadas, é o principal facilitador no escoamento das águas pluviais, evitando que a água fique estagnada, criando uma componente de peso extra ao conjunto da cobertura ecológica. Além disso, a brita ou a argila expandida sobre o tubo drenante também tem um papel muito importante na facilitação do escoamento do fluxo d'água para fora da cobertura, pois se este fosse coberto de substrato, reteria por mais tempo a água, também gerando um peso extra na estrutura. Outro ponto importante com relação ao sistema de drenos é garantir que eles apresentem furos por toda sua circunferência, caso contrário, a água não escoará através deles e o sistema de drenagem deverá ser refeito. A saída do dreno, nas obras visitadas, seja em coberturas planas ou inclinadas, se dava pela parte inferior ou lateral da caixa-recipiente.

Devido aos materiais, como a madeira para a caixa de suporte, o substrato e os vegetais, serem oriundos da própria região, na qual as edificações estudadas foram concebidas, os custos das coberturas ecológicas diminuam. Porém, segundo seus usuários, ainda ficavam um pouco acima, se comparados à construção de uma cobertura de telhas convencionais ou laje. Mesmo assim, confirmando o que foi estudado durante a etapa de pesquisa bibliográfica, eles afirmavam que esses custos um pouco maiores eram compensados pelo desempenho térmico que as coberturas vegetais exerciam sob a edificação, tanto no verão, quanto no inverno. Em nenhuma das edificações visitadas foi visto aparelho de climatização. Com relação ao protótipo, por ele estar circundado por uma zona de vegetação intensa e ser apenas o protótipo de uma cobertura vegetal, sem edificação construída embaixo, não foi possível depreender se havia alguma diferença entre a temperatura abaixo e acima da cobertura verde.

No geral, pode-se constatar que a concepção de uma cobertura ecológica pelo método artesanal é bastante simples, demorando, no máximo, dois dias para ser concluída. Entretanto, ela é um pouco mais trabalhosa e demorada que coberturas concebidas pelos métodos industrializados alveolar e modular, que já vem com todos os componentes incorporados aos módulos, bastando só serem colocados sobre a cobertura existente. No sistema artesanal

também deve-se tomar um cuidado maior com a impermeabilização da caixa-recipiente, já que está é feita de madeira, correndo um risco maior de sofrer de infiltrações, quando comparada as várias camadas de membranas impermeabilizantes e drenantes que constituem os sistemas alveolares e modulares. Os sistemas industrializados também tem a vantagem de possuírem membranas que retém a água e os nutrientes, por um período maior, para as plantas, que o sistema artesanal não possui. Porém, por ser uma região com um regime regular de chuvas, esse fator não influencia tanto no bom funcionamento de uma cobertura verde artesanal. Além disso, a membrana geodrenante, que compõe o sistema artesanal, facilita muito mais o escoamento da água, não causando um peso extra para a cobertura, como acontece nos sistemas industrializados que retém água através dos módulos ou alvéolos.

Durante a visita às obras concluídas, pode-se constatar que, de maneira geral, os usuários das edificações, que optaram pela construção de uma cobertura ecológica, estavam satisfeitos com sua escolha. Em momento algum eles relataram inconvenientes, como atração de insetos, infiltrações ou outras patologias, que poderiam ocorrer nesse tipo de cobertura. Ao contrário, relataram muitos benefícios, como conforto térmico, sensação de bem-estar, características estéticas, dentre outras já citadas neste trabalho, trazidos pela concepção deste tipo de cobertura sobre suas edificações.

9 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao longo da realização deste trabalho, desde a etapa inicial de pesquisa bibliográfica, até à visita às obras citadas, pode-se constatar o quanto a técnica de construção de coberturas vegetais sobre edificações, realmente traz uma série de benefícios, tanto para o meio externo, quanto para o meio interno às construções, bem como para seus usuários, em termos psicológicos, de bem-estar e qualidade de vida. Pôde-se constatar, pela visita às três edificações que possuíam coberturas ecológicas, que, em nenhuma delas, havia sistema de aquecimento ou refrigeração. Sendo assim, o pressuposto deste trabalho, de que as coberturas vegetais desempenham um papel fundamental na retenção e/ou no retardo do escoamento das águas pluviais e trazem conforto térmico e acústico para o interior das edificações, é assegurado.

Durante a parte prática deste trabalho, em todas as obras estudadas, não se constatou problemas ou patologias maiores advindos da construção das coberturas verdes, sendo que duas delas já possuíam cinco ou mais anos de construção, o que atesta a premissa deste trabalho, de que se o projeto e a execução de coberturas vegetais sobre edificações forem realizados de forma cautelosa, com controle estrito sobre todas as etapas do processo, evita-se que ocorram patologias na estrutura. Também, por entrevistas informais com os usuários, não houve reclamações quanto à infestações de insetos após a concepção da cobertura verde sobre suas edificações, principalmente, na segunda obra visitada, que era um estabelecimento de comércio de alimentos.

Comparando-se o método artesanal com os métodos industriais existentes no mercado atual, apesar das diferenças nas suas execuções, não parece haver diferenças de desempenho entre eles, devendo o usuário escolher entre o método que for mais em conta para suas necessidades, em matéria de custos e tempo de execução.

REFERÊNCIAS

- ALENCAR, C. T.; LEITE JÚNIOR, H. de F. **Percepções de profissionais do setor imobiliário e proprietários de imóveis, em relação aos custos, benefícios e dificuldades da construção sustentável no Brasil**. [S. l.], 2013. Disponível em: <http://www.hamiltonleite.com.br/Pesquisa_HFLJ.pdf>. Acesso em: 23 de nov. 2013.
- BACKES, T. [Apresenta o trabalho e os projetos desenvolvidos pela equipe do engenheiro agrônomo Toni Backes na Toni Backes Paisagismo e Arquitetura]. Nova Petrópolis, [2009]. Disponível em: <<http://www.tonibackes.com.br>>. Acesso em: 28 mai. 2014.
- BRITTO, C.; NEILA, J.; MACHADO, M. V. El Cálculo de la Conductividad Térmica Equivalente en la Cubierta Econológica. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, p. 65-76, jul./set. 2003.
- CAMARGO, A. C. F. de. Telhado Verde. **Arquitetura e Urbanismo**, São Paulo: Pini, ano 26, n. 213, p. 88-89, dez. 2011.
- CORREA, C. B. **Análisis de Viabilidad y Comportamiento Energético de la Cubierta Plana Ecológica**. 2001. 878 f. Tesis (Doctorado Arquitectura) – Departamento de Construcción y Tecnología Arquitectónicas, Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, España, 2001.
- D'ELIA, R. Telhados vivos. **Téchne**, São Paulo: Pini, ano 17, n. 148, p. 34-39, jul. 2009.
- FIGUEROLA, V. Projeto sustentável. **Téchne**, São Paulo: Pini, ano 16, n. 138, p. 44-52, abr. 2008.
- HUNGRIA, C. **Eficiência Energética: sustentabilidade no teto de sua construção com um telhado verde**. [S. l.]: Allianz Brasil, 2012. Disponível em: <<http://sustentabilidade.allianz.com.br/?2032/sustentabilidade-no-teto-de-sua-construcao-com-um-telhado-verde>>. Acesso em: 26 ago. 2013.
- KIST, R. S. **Coberturas verdes sobre edificações: avaliação da satisfação de moradores de um condomínio horizontal na cidade de Porto Alegre**. 2011. 70 f. Trabalho de Conclusão (Graduação em Engenharia) – Curso de Graduação em Engenharia, Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.
- KREBS, L. F. **Coberturas vivas extensivas: análise da utilização em projetos na região metropolitana de Porto Alegre e Serra Gaúcha**. 2005. 179 f. Trabalho de Conclusão (Mestrado em Engenharia) – Curso de Mestrado Profissionalizante em Engenharia, Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.
- MASCARÓ, J.; MASCARÓ, L. **Vegetação Urbana**. Porto Alegre, [2002].
- MENZ, C. A. [Apresenta o trabalho e os projetos desenvolvidos pela equipe do arquiteto Carlos Alberto Menz na instituição Villa da Cor]. Nova Petrópolis, [2009]. Disponível em: <http://www.villadacor.arq.br/site/index.php?option=com_content&view=article&id=66&Itemid=53&yt_color=red>. Acesso em: 28 mai. 2014.

NAGALLI, A. Comparativo técnico e econômico entre obras comerciais com características sustentáveis e convencionais. **Téchne**, São Paulo: Pini, ano 20, n. 179, p. 60-63, fev. 2012.

NAKAMURA, J. Coberturas Vivas. **Arquitetura e Urbanismo**, São Paulo: Pini, ano 26, n. 212, p. 94-98, nov. 2011.

PASCHOAL, P. Sistema de irrigação para jardim sobre lajes. **Téchne**, São Paulo: Pini, ano 18, n. 162, p. 94-96, set. 2010.

ROCHA, S. Telhados verdes. **Téchne**, São Paulo: Pini, ano 18, n. 162, p. 35, set. 2010.

SILVA, F. B. da. Telhado verde alveolar. **Téchne**, São Paulo: Pini, ano 18, n. 162, p. 74-77, set. 2010.

UNITED NATIONS. The World Commission on Environment and Development. **Report of the World Commission on Environment and Development: our common future**. Oslo, 1987. Disponível em: <<http://www.un-documents.net/wced-ocf.htm>>. Acesso em: 2 set. 2013.

VALESAN, M. **Percepção Ambiental de Moradores de Edificações Residenciais com Pele-Verde em Porto Alegre**. 2009. 189 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.