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

Yasmin Rabaioli Rama

COBERTURAS VERDES EXTENSIVAS: UMA COMPARAÇÃO ENTRE SOLUÇÕES CONSTRUTIVAS EMPREGADAS EM CASOS CONSTRUÍDOS ATÉ 2005 COM PRÁTICAS ATUAIS NA REGIÃO METROPOLITANA DE PORTO ALEGRE

Porto Alegre
junho 2015

YASMIN RABAIOLI RAMA

COBERTURAS VERDES EXTENSIVAS: UMA COMPARAÇÃO ENTRE SOLUÇÕES CONSTRUTIVAS EMPREGADAS EM CASOS CONSTRUÍDOS ATÉ 2005 COM PRÁTICAS ATUAIS NA REGIÃO METROPOLITANA DE PORTO ALEGRE

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

Orientadora: Beatriz Fedrizzi

Porto Alegre

junho 2015

YASMIN RABAIOLI RAMA

COBERTURAS VERDES EXTENSIVAS: UMA COMPARAÇÃO ENTRE SOLUÇÕES CONSTRUTIVAS EMPREGADAS EM CASOS CONSTRUÍDOS ATÉ 2005 COM PRÁTICAS ATUAIS NA REGIÃO METROPOLITANA DE PORTO ALEGRE

Este Trabalho de Diplomação foi julgado adequado como pré-requisito para a obtenção do título de ENGENHEIRO CIVIL e aprovado em sua forma final pela Professora Orientadora e pelos Coordenadores da disciplina Trabalho de Diplomação Engenharia Civil II (ENG01040) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Porto Alegre, junho de 2015

Prof.a Beatriz Fedrizzi
Dra. pela Swedish University of Agricultural Sciences, Suécia
Orientadora

Prof.a Carin Maria Schmitt
Dra. pelo PPGA/UFRGS
Coordenadora

Prof. Jean Marie Désir
Dr. pelo COPPE/UFRJ
Coordenador

BANCA EXAMINADORA

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

Prof.a Lisandra Fachinello Krebs (UFPel)
MsC. pelo PPGEC/UFRGS

Dedico este trabalho à minha mãe, Seli, e ao meu noivo, Lucas, pelo apoio incondicional durante todo o período da faculdade. Dedico, também, ao meu pai, que sempre incentivou meus estudos e me guiou em minha trajetória até aqui, de onde quer que esteja.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à professora Beatriz Fedrizzi, orientadora deste trabalho, pela atenção concedida e pelo conhecimento repassado, e por toda a contribuição para a realização deste trabalho.

Agradeço à professor Carin Maria Schmitt, pela dedicação e sabedoria transmitida durante os meses iniciais deste projeto.

Agradeço aos profissionais Lisandra Krebs, Marcelus Oliveira e Marco Antônio Backes por terem auxiliado com informações referentes aos casos abordados, bem como esclarecimentos acerca do tema.

Agradeço aos colegas que ajudaram com informações e apoio, durante o período de execução do projeto, e também a todos com quem convivi durante o período da graduação, tornando-o inesquecível e repleto de bons momentos.

Agradeço, também, a todos os professores com quem tive a oportunidade de ter aula e que me ajudaram, mesmo que indiretamente, com este trabalho.

Agradeço, por fim, mas não menos importante, aos meus amigos e familiares que me apoiaram e me incentivaram durante os cinco anos de faculdade,

Se não houver frutos,
valeu a beleza das flores.
Se não houver flores,
valeu a sombra das folhas.
Se não houver folhas,
valeu a intenção das sementes.

Henrique de Souza Filho

RESUMO

Com o desenvolvimento sustentável como diretriz de inúmeros segmentos do mercado nacional e internacional, ocasionado pelo acelerado aquecimento global e suas consequências ao redor do mundo, a construção sustentável surge visando aplicar estes conceitos em todo o ciclo construtivo, minimizando os impactos causados por esta indústria, conhecida por consumir uma ampla gama de recursos naturais e energia. A utilização de coberturas verdes em construções pode ser utilizada, então, como uma das medidas para se reduzir os impactos, uma vez que gera inúmeros benefícios para a edificação. Estes benefícios aliam o tripé do desenvolvimento sustentável, abrangendo aspectos ambientais, econômicos e sociais. Contudo, para que todos os benefícios sejam atingidos, um correto projeto, planejamento e execução devem ser pensados, de acordo com as características da obra em questão. Além disso, todas as camadas devem ser implantadas visando reduzir retrabalhos, desde a superfície portante, sistema impermeabilizante, barreira de proteção contra raízes e camada de drenagem até a colocação do substrato e escolha da vegetação. Dependendo do caso, camadas adicionais, como de irrigação, podem ser necessárias, além de que, como substituição de algumas delas, pode-se utilizar sistemas pré-fabricados, desde que atendam às necessidades da cobertura verde a ser implantada. Isto posto, pôde-se verificar diferentes maneiras de se projetar e construir coberturas verdes, com variações ao longo do tempo, conforme casos estudados neste projeto. Atualmente, projetos detalhados e de fácil aplicação já estão disponíveis e em aplicação pelas construtoras em obras na cidade de Porto Alegre, demonstrando vantagens em relação a projetos executados até o ano de 2005. Com isso, pode-se entender que houve um avanço nos estudos e aplicações desta solução construtiva na região de estudo, possibilitando sua maior difusão. A partir deste desenvolvimento, poderá se avaliar, então, os benefícios das coberturas verdes em maior escala, verificando sua eficiência na redução dos impactos causados pela construção civil e demais indústrias, contribuindo para a redução, assim, dos efeitos do aquecimento global.

Palavras-chave: Coberturas Verdes Extensivas, Telhados Verdes, Construção Sustentável, Técnicas Construtivas de Coberturas Verdes

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Etapas da pesquisa 25
Figura 2 – Tripé do desenvolvimento sustentável 28
Figura 3 – Cobertura verde no prédio do TJDFT, em Brasília 43
Figura 4 – Corte esquemático de uma cobertura verde extensiva típica 46
Figura 5 – Planta baixa da Cobertura Nova 1 56
Figura 6 – Corte detalhado da Cobertura Nova 1 56
Figura 7 – Camada de proteção mecânica finalizada da Cobertura Nova 1 58
Figura 8 – Corte esquemático da Cobertura Nova 2 59
Figura 9 – Teste da camada de impermeabilização da Cobertura Nova 2 60
Figura 10 – Camada de caixas com função de reter água da Cobertura Nova 2 60
Figura 11 – Parte da Cobertura Nova 2 recém finalizada 62

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Conjunto de indicadores de sustentabilidade de empreendimentos 31
Quadro 2 – Comparação quanto às características entre coberturas verdes dos tipos intensivo e extensivo 35
Quadro 3 – Comparação quanto às vantagens e desvantagens entre coberturas verdes dos tipos intensivo e extensivo 36
Quadro 4 – Benefícios das coberturas verdes associados aos indicadores de sustentabilidade de empreendimentos do CBCS 37
Quadro 5 – Descrição das coberturas executadas até 2005 51
Quadro 6 – Aspectos construtivos das coberturas executadas até 2005, parte I 52
Quadro 7 – Aspectos construtivos das coberturas executadas até 2005, parte II 53
Quadro 8 – Comparação entre as coberturas analisadas 64

LISTA DE SIGLAS

CBCS – Conselho Brasileiro de Construção Sustentável

LEED – *Leadership in Energy and Environmental Design*

PVC – policloreto de vinila

PEAD – polietileno de alta densidade

EPDM - *ethylene proprlene diene membrane*

OSB – *Oriented Strand Boad*

PDDUA – Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano Ambiental

PMPA – Prefeitura Municipal de Porto Alegre

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 19
2 DIRETRIZES DA PESQUISA 23
2.1 QUESTÃO DE PESQUISA 23
2.2 OBJETIVOS DA PESQUISA 23
2.2.1 Objetivo principal 23
2.2.2 Objetivos secundários 23
2.3 PRESSUPOSTO 24
2.4 DELIMITAÇÕES 24
2.5 DELINEAMENTO 24
3 O DESENVOLVIMENTO E A CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL 27
4 COBERTURAS VERDES 33
4.1 HISTÓRICO 33
4.2 CLASSIFICAÇÃO 34
4.3 BENEFÍCIOS 36
4.3.1 Benefícios ambientais 36
4.3.1.1 Ampliação da biodiversidade e habitats naturais locais 37
4.3.1.2 Retenção de água 38
4.3.1.3 Redução de partículas poluentes do ar 38
4.3.1.4 Redução das ilhas de calor em grandes centros urbanos 39
4.3.1.5 Isolamento acústico 39
4.3.2 Benefícios econômicos 40
4.3.2.1 Aumento da vida útil da cobertura 40
4.3.2.2 Eficiência energética 40
4.3.2.3 Certificação sustentável e incentivos financeiros 40
4.3.3 Benefícios sociais 41
4.3.3.1 Espaço adicional disponível 41
4.3.3.2 Efeitos psicológicos 41
4.4 LEGISLAÇÕES E REGULAMENTAÇÕES EXISTENTES 42
5. COBERTURAS VERDES EXTENSIVAS 45
5.1 COMPOSIÇÃO 45
5.1.1 Superfície portante 45
5.1.2 Membrana impermeabilizante 46
5.1.3 Barreira de proteção contra raízes 47

5.1.4 Camada de drenagem 47
5.1.5 Substrato 48
5.1.6 Vegetação 48
5.2 SISTEMAS E PRÁTICAS ATUAIS NO BRASIL 49
6 ANÁLISE DOS CASOS 51
6.1 ANÁLISE DOS CASOS EXECUTADOS ATÉ 2005 51
6.2 ANÁLISE DOS CASOS ATUAIS 55
6.2.1 Cobertura Nova 1 55
6.2.2 Cobertura Nova 2 58
7 COMPARAÇÃO ENTRE COBERTURAS ANALISADAS 63
8 CONSIDERAÇÕES FINAIS 67
REFERÊNCIAS 69

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, questões relativas à sustentabilidade têm se tornado tópico de inúmeros trabalhos e discussões no meio acadêmico e profissional ao redor do mundo. Na construção civil — mais especificamente — pesquisas relativas a soluções construtivas e componentes sustentáveis ganham adeptos e se tornam cada vez mais aprofundadas, na medida em que assuntos como mudanças climáticas e aquecimento global se difundem por entre as áreas. Para Medeiros (2012, p. 38), a grande quantidade de informações referente aos problemas ambientais que vêm assolando a humanidade contribui para a motivação de empreendedores em abordar o tema, motivação esta provocada pelo intuito de gerar benefícios à sociedade e ao meio ambiente em que se enquadram.

Frente a isto, a construção sustentável torna-se um campo de pesquisa e de negócios de grandes oportunidades, principalmente pelo fato de a indústria da construção civil consumir uma ampla gama de recursos naturais e energia. Conforme *The International Council for Research and Innovation in Building and Construction* e *United Nations Environmental Programme* (2002, p. 6, tradução nossa):

> Construção sustentável significa que os princípios de desenvolvimento sustentável são aplicados ao ciclo construtivo, desde a extração e beneficiamento de matérias-primas, passando pelo planejamento, *design* e construção de edifícios e infraestrutura, até a desconstrução final e manejo do resíduo produzido. É um processo global que visa restaurar e manter a harmonia entre o meio natural e o construído, enquanto cria princípios que afirmam a dignidade humana e incentivam a equidade econômica.

Contudo, para isto, os desafios a serem superados são muitos, dentre os quais pode-se destacar a otimização do consumo de materiais e energia e a melhoria da qualidade do ambiente construído. Isso se enquadra, por exemplo, no âmbito da edificação, quando da utilização de coberturas verdes (BRASIL, [201-?]). Para Krebs (2006, p. 20), “As coberturas vivas representam uma opção que, juntamente com tantas outras técnicas, compõem uma efetiva possibilidade de mudança de paradigmas projetuais.”. Tal técnica, apesar de bastante difundida em países da Europa e América do Norte, conta com poucas pesquisas e experimentos no Brasil (KREBS, 2006, p. 21; ROSSETI, 2009, p. 3), o que gera um ciclo vicioso em que, como não há comprovações de seus benefícios e relatos de aplicações e práticas adequadas, não se

incentiva sua aplicação e, sem aplicabilidade, não são realizados novos estudos e assim sucessivamente.

Este projeto, então, visa difundir o tema no meio acadêmico brasileiro, de forma a aumentar a quantidade de informações relativas a resultados aplicados, utilizando-se de números quantificáveis quando possível. Tomar-se-á, como área de estudo, a Região Metropolitana de Porto Alegre e a Serra Gaúcha, regiões localizadas no estado do Rio Grande do Sul, estado mais ao sul do Brasil e que se situa em região de clima subtropical. Nestes locais, há estações bem definidas, com invernos rigorosos, principalmente na Serra, e verões quentes e abafados, o que torna o objeto de estudo ainda mais fundamental, já que alguns benefícios da cobertura verde podem ser usufruídos tanto no verão, quando a temperatura interna do ambiente tende a ficar mais fresca, quanto no inverno, quando o interior tende a ficar mais aquecido (KREBS, 2006)

Além de amenizar a temperatura interna, diminuindo variações térmicas, de acordo com ZinCo (2013, p. 5), empresa alemã desenvolvedora de sistemas de coberturas ecológicas, estes telhados aumentam a umidade relativa do ar, ajudam a filtrar a poeira e outras partículas poluentes e reduzem a perda da água das chuvas, uma vez que retêm parcialmente o volume precipitado, fazendo com que o escoamento para redes de drenagem se dê de forma lenta e gradual. Pode-se citar, também, o isolamento acústico e a proteção estrutural provenientes da implantação deste tipo de cobertura, devido à diminuição da variação térmica. A empresa afirma, ainda, que pode haver uma redução no consumo de energia, uma vez que a implantação da cobertura verde aumenta o desempenho dos sistemas de ar condicionado, resultando, assim, na minimização do impacto ambiental tanto pela menor quantidade de energia consumida como pela atenuação de emissões de carbono consequentes da utilização destes aparelhos. Adicionalmente, coberturas verdes propiciam espaços verdes que foram perdidos quando da construção da edificação, reproduzindo ambientes passíveis de manutenção da vida ecológica em grandes centros urbanos, restaurando habitats de insetos e aves e integrando a vida animal à humana.

Assim, considerando ambos os pontos positivos e negativos desta técnica da construção civil, pretende-se analisar casos aplicados na Região de abordagem deste trabalho, verificando as interferências provocadas e suas consequências com o intuito de promover um maior conhecimento de sua aplicabilidade nos locais em questão, de forma a dar consistência aos benefícios e, com isso, propiciar um meio apto e que aceite o maior desenvolvimento da

utilização de coberturas verdes. Finalmente, com mais respaldo experimental, será possível difundir o processo e, com o tempo, verificar seus resultados não somente na edificação em que se insere, mas também no microclima local como um todo. Com isso, poder-se-á analisar os resultados que possam ser mais efetivos para a atenuação dos efeitos do aquecimento global, principal motivo para o início de pesquisas na área de construção sustentável, já citada anteriormente, em que, entre tantas, se compreende a técnica de coberturas verdes, base deste trabalho acadêmico.

2 DIRETRIZES DA PESQUISA

As diretrizes para desenvolvimento do trabalho são descritas nos próximos itens.

2.1 QUESTÃO DE PESQUISA

A questão de pesquisa do trabalho é: quais as diferenças entre os métodos construtivos dos telhados verdes implantados até 2005 e as técnicas utilizadas atualmente na Região Metropolitana de Porto Alegre?

2.2 OBJETIVOS DA PESQUISA

Os objetivos da pesquisa estão classificados em principal e secundários e são descritos a seguir.

2.2.1 Objetivo principal

O objetivo principal do trabalho é a comparação dos métodos construtivos das coberturas verdes estudados em 2005, com práticas atuais na Região Metropolitana de Porto Alegre e Serra Gaúcha.

2.2.2 Objetivos secundários

Os objetivos secundários do trabalho são:

a) levantamento das técnicas construtivas das coberturas verdes do estudo de casos realizado em 2005;

b) identificação e descrição das técnicas construtivas utilizadas atualmente na cidade de Porto Alegre;

c) comparação entre os objetivos secundários anteriores.

2.3 PRESSUPOSTO

O trabalho tem por pressuposto que o estudo de casos elaborado por Lisandra Fachinello Krebs em 2005 como Trabalho de Conclusão de Curso de Mestrado Profissionalizante em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (KREBS, 2006), abordou de forma coerente e sistemática os casos aplicados na região de abrangência deste trabalho, podendo ser utilizado como referência na elaboração deste comparativo.

2.4 DELIMITAÇÕES

O trabalho se delimita a coberturas verdes do tipo extensivo aplicadas na Região Metropolitana de Porto Alegre e Serra Gaúcha.

A delimitação temporal se restringe a 10 obras executadas entre 1970 e 2005, conforme estudo de caso utilizado como pressuposto, sendo cinco delas com informações atualizadas, e duas obras em fase de execução, considerando etapas de projeto e construção, nos anos de 2014 e 2015.

2.5 DELINEAMENTO

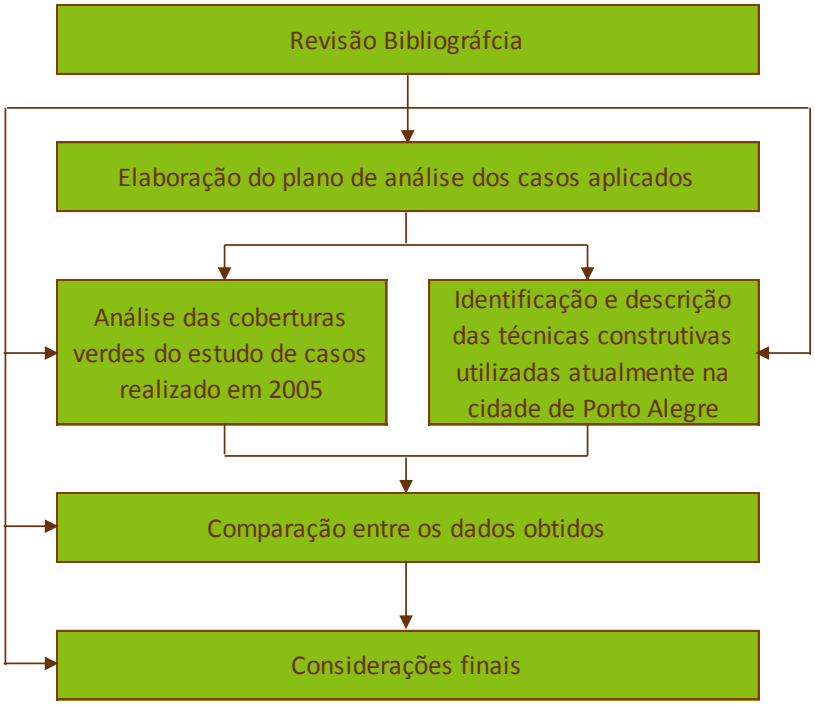
O trabalho foi realizado através das etapas apresentadas a seguir, que estão representadas na figura 1 e descritas nos parágrafos subsequentes:

a) pesquisa bibliográfica;
b) elaboração do plano de análise de casos aplicados;
c) análise das coberturas verdes do estudo de casos realizado em 2005;
d) identificação e descrição das soluções construtivas utilizadas atualmente na cidade de Porto Alegre;
e) comparação entre os dados obtidos;
f) considerações finais.

Inicialmente, através de revisão bibliográfica, identificaram-se publicações referentes ao tema deste trabalho, focando em sistemas de coberturas verdes do tipo extensivo, com vistas a analisar as técnicas utilizadas e demais especificações, como composição, benefícios e restrições. Através de uma base técnica bem fundamentada, fez-se o plano de análise dos casos

aplicados, com a definição de pontos específicos para análise com o intuito de melhor apresentar a comparação, objetivo principal deste estudo.

Figura 1 – Etapas da pesquisa



(fonte: elaborado pelo autor)

A partir disso, os objetivos secundários deste trabalho puderam ser abordados de forma eficiente, elencando os principais aspectos analisados de acordo com tópicos capazes de descrever a cobertura em estudo. A análise dos casos atuais aplicados na cidade de Porto Alegre contou, ainda, com visitas técnicas, análise de projetos e entrevistas.

Por fim, com os dados obtidos e tópicos especificados, pôde-se fazer a comparação entre as técnicas, obtendo como resultado suas diferenças e semelhanças. Assim, foi possível definir, como consideração final do trabalho, as melhorias alcançadas e outras que ainda precisam ser desenvolvidas.

3 O DESENVOLVIMENTO E A CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL

Diante da crise ambiental atual, amplamente noticiada e estudada, inúmeros aspectos têm se tornado alvo de discussão quanto à necessidade de mudanças que aliem o crescimento econômico a práticas que não agridam o meio ambiente. Frente a isso, inúmeros encontros e conferências mundiais já debateram o tema, como a Conferência das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Sustentável realizada em 2012, também conhecida como Rio+20, que contribuiu para firmar as diretrizes de um desenvolvimento mais sustentável para as próximas décadas. Sendo assim, é válido considerar que um melhor entendimento do assunto pode ser importante para o estabelecimento de planos e projetos futuros, visto que o "Desenvolvimento sustentável é o desenvolvimento que satisfaz as necessidades do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras de satisfazerem as suas próprias necessidades." (WORLD COMISSION ON ENVIRONMENT AND DEVELOPMENT, 1987, p. 41, tradução nossa).

Para que tenha sucesso, o desenvolvimento sustentável deve integrar a economia, a sociedade e a natureza de forma dinâmica, equilibrando os três aspectos que sustentam o tripé da sustentabilidade, esquematizado na figura 2, no seu conceito mais tangível (THE INTERNATIONAL COUNCIL FOR RESEARCH AND INNOVATION IN BUILDING AND CONSTRUCTION; UNITED NATIONS ENVIRONMENTAL PROGRAMME, 2002, tradução nossa; WORLD COMISSION ON ENVIRONMENT AND DEVELOPMENT, 1987, tradução nossa). Assim, considerando-se estes pontos como pilares para um adequado avanço de acordo com os princípios sustentáveis, deve-se harmonizá-los de forma a melhor usufruir de cada um de seus benefícios, minimizando suas restrições. De acordo com *The International Council for Research and Innovation in Building and Construction* e *United Nations Environmental Programme* (2002, p. 7, tradução nossa) e Conselho Brasileiro de Construção Sustentável e Sindicato das Empresas de Compra, Venda, Locação e Administração de Imóveis de São Paulo ([2011], p. 13), e através da publicação da Agenda 21 para Construção Sustentável em Países em Desenvolvimento, os princípios sustentáveis nem sempre poderão ser acolhidos em sua integridade, pois podem haver exigências conflitantes que farão com que a solução que melhor otimizar os recursos será a mais adequada para alcançar um produto socialmente justo, ambientalmente correto, economicamente viável e culturalmente aceito

Figura 2 – Tripé do desenvolvimento sustentável

(baseado em: CONSELHO BRASILEIRO DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL; SINDICATO DAS EMPRESAS DE COMPRA, VENDA, LOCAÇÃO E ADMINISTRAÇÃO DE IMÓVEIS DE SÃO PAULO, [2011]; THE INTERNATIONAL COUNCIL FOR RESEARCH AND INNOVATION IN BUILDING AND CONSTRUCTION; UNITED NATIONS ENVIRONMENTAL PROGRAMME, 2002, tradução nossa)

Ainda conforme *The International Council for Research and Innovation in Building and Construction* e *United Nations Environmental Programme* (2002, p. 6-7, tradução nossa), os aspectos econômicos do desenvolvimento sustentável devem propiciar um sistema capaz de facilitar o acesso igualitário aos recursos e oportunidades, além de uma divisão justa dos espaços ecologicamente produtivos. Assim, permitir-se-á o estabelecimento de negócios viáveis que sejam capazes de gerar prosperidade para todos ao invés de apenas lucro para alguns, respeitando os limites ecológicos e os direitos humanos básicos. Os aspectos sociais, por sua vez, exigem o desenvolvimento de sociedades que promovam um crescimento humano de acordo com estes princípios, com limites aceitáveis de qualidade de vida e oportunidades de realizações pessoais de forma digna e íntegra. Já os aspectos ambientais requerem um equilíbrio entre a proteção do meio ambiente e a utilização de seus recursos, fazendo com que seja possível sua extração sem afetar a natureza e sua capacidade de manutenção. Em outras palavras (WORLD COMISSION ON ENVIRONMENT AND DEVELOPMENT, 1987, p. 43, tradução nossa):

> [...] o desenvolvimento sustentável é um processo de mudança no qual a exploração dos recursos, a direção dos investimentos, a orientação do desenvolvimento tecnológico e a mudança institucional estão todas em harmonia e aumentam o potencial atual e futuro de satisfazer as necessidades e aspirações humanas.

Frente a essa mobilização por políticas que visem à manutenção do equilíbrio natural, preservação da biodiversidade e justa distribuição de benefícios entre os indivíduos

(CONSELHO BRASILEIRO DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL; SINDICATO DAS EMPRESAS DE COMPRA, VENDA, LOCAÇÃO E ADMINISTRAÇÃO DE IMÓVEIS DE SÃO PAULO, [2011], p. 13), a indústria da construção civil, responsável por grande parte da geração de resíduos e consumo de energia e matéria prima, também deve se enquadrar nestes princípios. Considerando-se, ainda, que grande parte da população mundial vive em grandes centros urbanos e que estes, por sua vez, são locais de intensa confluência de recursos, a aplicação de conceitos sustentáveis nestes espaços é de suma importância, já que os municípios são responsáveis por 70% do consumo de energia gerada, 80% da produção de resíduos e 60% das emissões de gases do efeito estufa (WORLD COMISSION ON ENVIRONMENT AND DEVELOPMENT, 1987, tradução nossa). Ademais, a indústria da construção consome 40% da energia mundial e cerca de 30% dos recursos naturais. Também é responsável por emitir um terço dos gases de efeito estufa e consumir 12% da água potável, além de produzir quase metade dos resíduos sólidos urbanos. Quando relativo a aspectos sociais e econômicos, essa indústria é responsável pela contratação de 10% da mão de obra do globo e o conjunto das atividades de construção movimenta 10% do PIB global (UNITED NATIONS ENVIRONMENTAL PROGRAMME, 2009, tradução nossa).

Com o intuito de sanar estes problemas, surge a construção sustentável, visando difundir os princípios do desenvolvimento sustentável em todo o ciclo construtivo. De acordo com *The International Council for Research and Innovation in Building and Construction* e *United Nations Environmental Programme* (2002, tradução nossa), a construção sustentável busca restaurar o equilíbrio entre o ambiente natural e o ambiente construído através de um modelo ecológico que os reconhece como interligados e interdependentes. Esse conceito, da mesma forma que o conceito de desenvolvimento sustentável, transcende a sustentabilidade ambiental, atingindo também as esferas econômica e social, enfatizando a qualidade de vida da comunidade e de cada indivíduo a ela pertencente.

Para isso, "[...] todos os participantes das cadeias produtivas associadas à produção do ambiente construído (que envolvem projetistas, produtores de materiais, componentes e sistemas construtivos, construtores, etc.) necessitam se conscientizar da dimensão dos impactos que podem causar [...]" (SATTLER; PEREIRA, 2006, p. 7). Os autores ainda sugerem que algumas estratégias sejam tomadas, como as descritas a seguir:

a) **redução e otimização do consumo de materiais e energia,** através de planejamento ambiental, adoção de métodos que favoreçam e utilizem para seu próprio benefício as características do clima local, redução no uso de recursos e materiais escassos, incentivo ao uso de materiais que necessitem de menor gasto energético na sua produção, bem como fontes de energia limpa e desenvolvimento de componentes com maior vida útil;

b) **redução do volume de resíduos,** a partir da aplicação dos fundamentos dos 3R's, que são reutilização, reciclagem e redução, incentivando a utilização de materiais, sejam eles sólidos, líquidos ou gasosos, que gerem menos desperdício;

c) **preservação e aperfeiçoamento na qualidade do ambiente natural e do construído**, com o desenvolvimento de projetos que garantam a qualidade de vida e preservem a natureza, evitando ou reduzindo materiais que comprometam a saúde e segurança dos indivíduos e priorizando a construção de edificações e comunidades sustentáveis.

Para o Conselho Brasileiro de Construção Sustentável e Sindicato das Empresas de Compra, Venda, Locação e Administração de Imóveis de São Paulo ([2011], p. 17), a adequação da construção civil ao tripé da sustentabilidade deve incluir "[...] a escolha do território, decisões projetuais, técnicas construtivas, atividades no uso e operação do espaço construído, hábitos dos usuários, procedimentos de manutenção e destinação dos materiais no fim de vida [...]", abrangendo, assim, todo o ciclo construtivo. Além disso, ainda afirma que:

> [...] a análise aprofundada das diversas relações entre empreendimento e espaço urbano pode garantir a caracterização precisa do modelo adequado de ocupação, com potencial aumento da qualidade do produto imobiliário desde as fases de concepção e planejamento até a fase de desmonte e desconstrução. No mesmo viés, essas qualidades colocadas em prática nos empreendimentos imobiliários podem contribuir de forma global para o pleno cumprimento da função social das cidades e melhoria da qualidade de vida nas áreas urbanas ocupadas, cuja eficiente e positiva administração é essencial para seu sucesso, renovação e aperfeiçoamento.

Em vista disto, foi criado pelo CBCS (Conselho Brasileiro de Construção Sustentável) um conjunto de indicadores de sustentabilidade de empreendimentos, descritos no quadro 1.

Isto posto, a consideração de inúmeras intervenções pode ser pensada para satisfazer a necessidade de minimização dos impactos gerados pela indústria da construção civil. Neste aspecto, pode-se destacar a utilização de **coberturas verdes**, devidamente detalhadas nos próximos dois capítulos, nos quais também poderá se identificar de quais formas esta técnica se enquadra nos indicadores de sustentabilidade supracitados. E, então, será possível perceber o quanto a utilização de vegetação em áreas urbanas pode fazer para reduzir os custos que estas áreas impõem ao meio ambiente (DUNNETT; KINGSBURY, 2004, tradução nossa).

Quadro 1 – Conjunto de indicadores de sustentabilidade de empreendimentos

Indicadores	Itens a avaliar
Qualidade do ambiente externo e infraestrutura	- Presença de áreas descobertas de convívio - Superfícies externas vegetalizadas - Permeabilidade do solo - Distância entre o empreendimento e o serviço urbano mais importante para o tipo de empreendimento - Investimentos em infraestrutura e equipamentos urbanos executados pelo empreendedor
Seleção e consumo de materiais, componentes e sistemas	- Práticas de seleção e consumo de materiais, componentes e sistemas para estrutura e envelope, quanto à qualidade, respeito à normalização técnica, formalidade e legalidade - Distância entre fabricantes fornecedores da obra e o empreendimento - Perdas no canteiro de obras
Gestão do canteiro de obras	- Massa de resíduos gerados durante as obras e seu nível de reciclagem e reutilização - Canal de comunicação específico com a vizinhança - Massa total de resíduos inertes gerados - Consumo de água durante a execução das obras
Gestão da água [1]	- Gestão da água, considerando o consumo de água potável em diferentes períodos e a capacidade de retenção de águas pluviais,
Eficiência energética [1]	- Consumo energético mensal e anual - Potência instalada por unidade de área - Quantidade de energia não renovável utilizada
Qualidade do ambiente interno e saúde dos usuários	- Conforto térmico no verão sem o uso de condicionamento artificial - Conforto acústico - Conforto visual - Qualidade do ar interno
Operação e Manutenção[1]	- Custos condominiais relacionados ao consumo de água e energia nas áreas comuns - Rotinas de manutenção preventiva dos equipamentos instalados - Parcela de resíduos com possibilidade de reciclagem ou reutilização
Social	- Ações direcionadas à vizinhança - Afastamento do trabalho por acidentes - Capacitação dos trabalhadores do canteiro de obras em sustentabilidade

continua

[1] Para estes casos, considera-se, primeiramente, as etapas de concepção e execução e, posteriormente, as etapas de operação e manutenção.

continuação

Indicadores	Itens a avaliar
Poluição por emissões[2]	- Emissões causadas pelo consumo de energia elétrica - Emissões causadas pela geração de resíduos sólidos - Emissões causadas pela geração de efluentes líquidos - Parcela de CO_2 equivalente compensada quando da implantação do empreendimento

(baseado em: CONSELHO BRASILEIRO DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL, 2011)

[2] Para este caso, considera-se, primeiramente, as etapas de concepção e execução e, posteriormente, as etapas de operação e manutenção.

4 COBERTURAS VERDES

As coberturas verdes são estruturas com pouco desenvolvimento no Brasil, mesmo com resultados satisfatórios quanto à sua aplicação em países como os da Europa e América do Norte. Nas páginas a seguir, mais detalhes quanto à história, classificação, benefícios e legislações existentes em diversos países do mundo serão abordados como introdução ao assunto, com o intuito, também, de repassar os conhecimentos e difundir a técnica na língua portuguesa.

4.1 HISTÓRICO

A utilização de vegetação em coberturas tem como primeiros modelos construções anteriores à Cristo, com exemplos famosos como os jardins suspensos da Babilônia, datados de 800 a 700 anos a.C. (DUNNETT; KINGSBURY, 2004, p. 9, tradução nossa). Esta técnica também pôde ser vista em construções de civilizações antigas de países frios como a Islândia, Escandinávia, Estados Unidos e Canadá, onde eram utilizadas como forma de isolar o ambiente interno das baixas temperaturas externas. Com a mesma intenção, mas condição oposta, exemplos de civilizações antigas da Tanzânia, em que a manutenção de temperaturas internas mais amenas era o principal motivo de sua utilização, também puderam ser verificados (MINKE, 2004, p. 7, tradução nossa).

Já no século 19, com o desenvolvimento do uso do concreto em coberturas, a execução de coberturas planas começou a se difundir, ganhando espaço na Exibição Mundial de 1868 em Paris, França, onde um modelo de cobertura natural foi exposto, tornando-se o primeiro projeto experimental da Europa Oriental. Depois disto, já no início do século 20, outros exemplos começaram a surgir, como os desenvolvidos pelo arquiteto Le Corbusier em edificações luxuosas para clientes da elite econômica, um dos pioneiros na utilização sistemática desta cobertura (DUNNETT; KINGSBURY, 2004, p. 9, tradução nossa). Na década de 1940, Pós-Guerra, esta técnica foi utilizada por países como Suíça, Alemanha e Áustria na campanha de reconstrução, com a justificativa de que, como as cidades estavam ganhando espaço até mesmo no interior, ela reduziria os impactos do desenvolvimento, ajudando a filtrar e purificar o ar e a

conter a vazão da água precipitada, além dos aspectos estéticos (SNODGRASS, 2006, p. 15, tradução nossa).

Na segunda metade do século passado, com numerosos experimentos e projetos na área, países de língua alemã passaram a ser reconhecidos como originários das técnicas de coberturas verdes contemporâneas. Mais especificamente na Alemanha, a combinação das tecnologias e sistemas desenvolvidos aliados às questões ambientais enraizadas na cultura da população fizeram com que o país adotasse políticas de regulamentação da técnica, estabelecendo sua obrigatoriedade diante de certas condições e oferecendo benefícios a quem a utilizasse (DUNNETT; KINGSBURY, 2004, p. 13-15, tradução nossa; SNODGRASS, 2006, p. 15-17, tradução nossa).

Atualmente, as coberturas verdes ganharam espaços em universidades e centros de pesquisa em diversos países, apesar de ainda haver pouco desenvolvimento além dos horizontes de sua origem. De qualquer forma, a utilização de vegetação em coberturas já deixou de ser apenas uma técnica de civilizações antigas, tornando-se, inclusive, tema de seminários e congressos no âmbito mundial. Ademais, este novo campo de negócio já atraiu até mesmo o investimento privado, sendo possível encontrar empresas focadas em projeto, construção e manutenção de coberturas verdes em diversos países do mundo, inclusive no Brasil.

4.2 CLASSIFICAÇÃO

As coberturas verdes podem ser classificadas como intensivas e extensivas, de acordo com aspectos construtivos e de operação que elas exigem. Pode haver, também, coberturas cuja vegetação seja de crescimento espontâneo, não planejado, porém estes casos não serão abordados neste projeto.

O tipo de cobertura verde denominado intensivo se refere, basicamente, às coberturas ajardinadas, onde as espécies de plantas atingem portes de médio a grande e exigem uma profundidade de substrato maior para o adequado crescimento de suas raízes. Nestes casos, a superfície deve ser plana e cuidados com manutenção, como rotinas de poda e irrigação, devem ser levados em conta desde a execução do projeto, que também deve considerar as elevadas cargas solicitadas pelo peso da vegetação, substrato e demais sistemas componentes (KUHN; PECK, [200-?], p. 4-5, tradução nossa; MINKE, 2004, p. 25-28, tradução nossa; SNODGRASS, 2006, p. 18, tradução nossa).

As coberturas verdes extensivas, por sua vez, podem ser implantadas em superfícies tanto planas quanto inclinadas, e não exigem manutenção, visto que são vegetadas com espécies de pequeno porte e crescimento restrito. Com isto, as solicitações têm valor relativamente mais baixo quanto comparado ao tipo intensivo, exigindo menos da estrutura portante (KUHN; PECK, [200-?], p. 4-5, tradução nossa; MINKE, 2004, p. 25-28, tradução nossa; SNODGRASS, 2006, p. 18, tradução nossa). Para melhor visualização, foram elaborados quadros que analisam de forma comparativa as características, no quadro 2, e as vantagens e desvantagens, no quadro 3, das coberturas verdes intensivas e extensivas.

Quadro 2 – Comparação quanto às características entre coberturas verdes dos tipos intensivo e extensivo

Aspectos	Coberturas verdes extensivas	Coberturas verdes intensivas
Inclinação	0º a 30º, com limite superior variando em função do sistema projetado	Superfícies planas (0º)
Espessura do substrato	6 a 15 centímetros	15 a 100 centímetros, com limite superior variando em função da exigência da vegetação selecionada
Peso (substrato e vegetação)	60 a 180 kg/m²	180 a 500 kg/m², com limite superior variando em função da vegetação
Vegetação	Gramínea, sedum, ervas, entre outros	Espécies perenes, arbustos, árvores, entre outros
Sistemas adicionais necessários	Nenhum, desde que o clima local não exija	Sistemas de drenagem e irrigação
Manutenção	Pouca ou nenhuma	Poda e irrigação, bem como controle de pragas

(baseado em: DUNNETT; KINGSBURY, 2004, tradução nossa; INTERNATIONAL GREEN ROOF ASSOCIATION, [20--?], tradução nossa; MINKE, 2004, tradução nossa; SNODGRASS, 2006, tradução nossa)

Apesar desta distinção, os benefícios alcançados quando da utilização de um ou de outro tipo são basicamente os mesmos, o que torna esta diferença fundamental para execução de projetos adequados e que aliem a necessidade do usuário com o valor disponível para investimento. Além disso, os cuidados na execução devem ser mantidos independentemente do tipo de cobertura verde escolhido, visto que problemas oriundos desta fase podem ser prejudiciais tanto para um quanto para o outro.

Quadro 3 – Comparação quanto às vantagens e desvantagens entre coberturas verdes dos tipos intensivo e extensivo

	Coberturas verdes extensivas	Coberturas verdes intensivas
Vantagens	- Menor carga devida ao peso próprio - Possibilidade de aplicação em grandes áreas - Possibilidade de aplicação em coberturas inclinadas - Pouca ou nenhuma necessidade de cuidados pós-implantação - Custos de manutenção e investimento inicial menores - Possibilidade de implantação em reformas - Pouca necessidade de conhecimento técnico - Possibilidade de ser exigido por lei	- Possibilidade de diversas espécies de plantas - Possibilidade de simular ambientes naturais - Visualmente atrativo, possibilitando a execução de projetos paisagísticos - Acessível, possibilitando local para recreação, cultivo de vegetais para consumo, espaço aberto, entre outros
Desvantagens	- Seleção da vegetação limitada a espécies específicas - Com acesso restrito para uso, em comparação com o tipo intensivo - Pouco atrativo estético, impossibilitando projetos paisagísticos elaborados	- Grande carga devida ao peso próprio - Necessidade de sistemas de drenagem e irrigação - Maiores custos de investimento inicial e de manutenção - Sistemas complexos e que exigem maior capacidade técnica no projeto e execução

(baseado em: DUNNETT; KINGSBURY, 2004, tradução nossa; MINKE, 2004, tradução nossa; PECK; KUHN, [200-?], tradução nossa; SNODGRASS, 2006, tradução nossa)

4.3 BENEFÍCIOS

Os benefícios deste tipo de cobertura são muitos e ajudam a garantir a solução para grande parte dos indicadores citados no quadro 1. Nos próximos parágrafos, divididos de acordo com princípios sustentáveis (conforme tripé da sustentabilidade ilustrado na figura 3), estes benefícios serão descritos e associados aos indicadores estabelecidos pelo CBCS no quadro 4.

4.3.1 Benefícios ambientais

Os benefícios ambientais das coberturas verdes são listados e descritos a seguir.

Quadro 4 – Benefícios das coberturas verdes associados aos indicadores de sustentabilidade de empreendimentos do CBCS

Benefícios	Indicadores associados
Ampliação da biodiversidade e habitats naturais locais	Qualidade do ambiente externo e infraestrutura
Retenção de água	Gestão da água Operação e manutenção
Redução de partículas poluentes do ar	Qualidade do ambiente externo e infraestrutura Social Poluição por emissões
Redução das ilhas de calor em grandes centros urbanos	Qualidade do ambiente externo e infraestrutura Eficiência energética Poluição por emissões
Isolamento acústico	Qualidade do ambiente interno e saúde dos usuários
Aumento da vida útil da cobertura	Seleção e consumo de materiais, componentes e sistemas Operação e manutenção
Eficiência energética	Eficiência energética Qualidade do ambiente interno e saúde dos usuários
Certificação sustentável e incentivos financeiros	Operação e manutenção
Espaço adicional disponível	Qualidade do ambiente externo e infraestrutura
Efeitos psicológicos	Qualidade do ambiente externo e infraestrutura

(fonte: elaborado pelo autor)

4.3.1.1 Ampliação da biodiversidade e habitats naturais locais

A implantação da vegetação na cobertura da edificação auxilia na preservação da biodiversidade em grandes centros urbanos, espaços perdidos quando da sua construção. De acordo com *Earth Pledge* (2005, p. 19, tradução nossa), coberturas verdes podem criar habitats saudáveis e funcionais, principalmente quando incluem plantas nativas em sua composição. A replicação de ecossistemas locais e a preservação de espécies em extinção também pode ser implementada em coberturas verdes, mas a instituição reitera que, mesmo que as espécies selecionadas sejam nativas da região, provavelmente não o são do local específico da construção e, portanto, sugere que a implantação de coberturas marrons seja priorizada. Estas coberturas nada mais são do que as coberturas verdes sem a plantação da vegetação, deixando todas as camadas instaladas prontas para o crescimento da flora, que se dá através da dispersão das sementes pelo vento e fauna local.

Para Grime[3] (2002) apud Dunnett e Kingsbury (2004, p. 37, tradução nossa), o valor da biodiversidade das coberturas verdes tende a ser cada vez mais importante, principalmente pelo fato de que, quanto menor o espaço e fertilidade para crescimento de vegetação nas grandes cidades, mais as espécies dominantes predominam, havendo, então, uma grande extinção de espécies mais delicadas, o que também resulta em condições semelhantes para a fauna. Para o autor, uma grande variedade de espécies de plantas tende a suportar uma grande diversidade de espécies animais.

4.3.1.2 Retenção de água

A redução da variação da umidade relativa do ar também é um dos benefícios desta técnica, uma vez que as plantas, através da atividade biótica, evaporam água em dias mais secos e auxiliam na condensação em dias mais úmidos, através da formação do orvalho (MINKE, 2004, p. 13, tradução nossa).

Além disso, a retenção da água da chuva pode ser citada como uma das principais vantagens de sua utilização, principalmente em regiões tropicais, onde a média de precipitação é elevada (DUNNETT, KINGSBURY, 2004, p. 20, tradução nossa). Isso se deve ao fato de que "[...] coberturas vegetadas retêm e detêm as águas pluviais, reduzindo o volume de água escoado e diminuindo a taxa com que ela atinge os sistemas de esgoto pluvial." (EARTH PLEDGE, 2005, p. 18, tradução nossa). Com isso, pode-se mitigar e até eliminar problemas de alagamentos por mau funcionamento dos sistemas de drenagem, geralmente associados ao acelerado crescimento e desenvolvimento das cidades (SNODGRASS, 2006, p. 21, tradução nossa). O autor ainda afirma que essa cobertura é capaz de filtrar e melhorar a qualidade da água escoada, otimizando o processo de tratamento e o dimensionamento das redes de drenagem.

4.3.1.3 Redução de partículas poluentes do ar

Dependendo da composição e espessura da camada de substrato, bem como das espécies de plantas selecionadas, a cobertura verde pode auxiliar na purificação do ar, filtrando a poeira e outras partículas poluentes que se aderem às folhas e são levados ao solo pela ação da chuva (MINKE, 2004, p. 10, tradução nossa). A vegetação pode também absorver partículas nocivas que se apresentam em forma de gás e aerossóis, além de, através do processo de fotossíntese,

[3] GRIME, J. P. **Plant Strategies, Vegetation, Processes and Ecosystem Properties**. Chichester: John Wiley, 2002.

capturar o gás carbônico e liberar oxigênio, auxiliando na diminuição do efeito estufa (MINKE, 2004, p. 10, tradução nossa; SNODGRASS, 2004, p. 50, tradução nossa).

4.3.1.4 Redução das ilhas de calor em grandes centros urbanos

Ilhas de calor geram sérios problemas para o meio ambiente e saúde humana, sendo que há, basicamente, duas formas de mitigar estas consequências: seja aumentando a área vegetada, seja aumentando a refletividade das superfícies de coberturas. Isto posto, a implantação de coberturas verdes pode contribuir de ambas as formas (EARTH PLEDGE, 2005, p. 17, tradução nossa).

Para isto, a vegetação, além de refletir os raios solares, utiliza o calor proveniente deles como energia no processo de evapotranspiração, alcançando efeitos refrescantes, já que a energia é retida no vapor de água e deixa de ser convertida em calor na superfície (DUNNETT; KINGSBURY, 2004, p. 50-52, tradução nossa). O efeito de redução da oscilação da temperatura, percebido em todas as estações do ano, é ainda mais relevante no verão, diminuindo a temperatura interna da edificação. E os efeitos da fotossíntese, já destacados no item 4.3.1.3 também são relevantes enquanto diminuem o volume de gás carbônico na atmosfera, auxiliando na mitigação do aquecimento global (MINKE, 2004, p. 10-17, tradução nossa).

4.3.1.5 Isolamento acústico

Como último benefício ambiental, as coberturas verdes também são capazes de reduzir ruídos mediante a absorção, reflexão e deflexão da energia sonora (MINKE, 2004, p. 17-20, tradução nossa). Minke ainda afirma que para um ângulo vertical de incidência do som, a camada de vegetação consegue, por absorção, apenas uma insignificante diminuição do ruído de alta frequência, enquanto a absorção pela camada de um substrato com 12 centímetros de espessura é de aproximadamente 40 decibéis, chegando a 46 decibéis para uma espessura de 20 centímetros. De acordo com Dunnett e Kingsbury (2004, p. 53, tradução nossa), considerando-se que quanto maior a espessura do substrato, melhor é o seu isolamento acústico, sistemas intensivos tendem a ser mais eficazes neste quesito.

4.3.2 Benefícios econômicos

Os benefícios econômicos das coberturas verdes são listados e descritos a seguir.

4.3.2.1 Aumento da vida útil da cobertura

Com a adição de substrato e vegetação à cobertura da edificação, a ação do sol, através da radiação ultravioleta, é minimizada, aumentando a durabilidade do sistema impermeabilizante. Além disso, a estrutura da cobertura também fica protegida das variações de temperatura diárias, diminuindo efeitos de retração devido a esta condição. Assim, com menores necessidades de manutenção e aumento da vida útil da cobertura como um todo, o custo da implantação pode retornar em benefício (DUNNETT; KINGSBURY, 2004, p. 29, tradução nossa; MINKE, 2004, p. 15, tradução nossa).

4.3.2.2 Eficiência energética

Assim como auxilia na amenização das ilhas de calor, citadas no item 4.3.1.4, as coberturas verdes auxiliam no controle da temperatura interna, e isso resulta em menor gasto energético com eletricidade tanto para condicionamento do ar como para calefação. (EARTH PLEDGE, 2005, p. 17, tradução nossa; MINKE, 2004, p. 16, tradução nossa). Minke (2004, p. 13, tradução nossa) ainda demonstra, através de um estudo de caso na Alemanha, que para uma temperatura externa de 30ºC ao meio dia, a temperatura na base da vegetação era de 23ºC, e chegava aos 17,5ºC no limite inferior do substrato. Para esta mesma cobertura foi feito um estudo no inverno, quando a temperatura externa chegava aos -14ºC. Neste caso, a temperatura no limite inferior do substrato ficou em 0ºC. Para o autor, uma densa cobertura verde em dias quentes do verão tem um efeito de resfriamento considerável e nas temperaturas baixas do inverno mostra um ótimo efeito de isolamento térmico.

4.3.2.3 Certificação sustentável e incentivos financeiros

Assegurando-se, com a utilização de coberturas verdes, inúmeros benefícios ao meio ambiente, a construção pode, aliada a outras medidas sustentáveis, conseguir um certificado de sustentabilidade para a edificação, como o *Leadership in Energy and Environmental Design* (LEED), por exemplo. Além do LEED, outros sistemas de análise são utilizados em diversos países do mundo. Com isso, o benefício econômico pode ser atribuído tanto ao valor agregado adicionado à construção por ela obedecer os princípios sustentáveis como por possíveis

incentivos financeiros, geralmente em forma de descontos fiscais, cedidos conforme regulamentação governamental (DUNNETT; KINGSBURY, 2004, p. 36, tradução nossa; EARTH PLEDGE, 2005, p. 21, tradução nossa).

Para Dunnett e Kingsbury (2004, p. 36, tradução nossa),

> O potencial de ganhar certo crédito em taxações pode ajudar a permitir um planejamento. E há um considerável valor social em utilizar coberturas verdes para projetar uma imagem ambientalmente correta para a construção ou organização; uma cobertura verde visível é provavelmente a maneira mais simples e eficaz que um edifício pode utilizar para expressar uma atitude ambiental.

4.3.3 Benefícios sociais

Os benefícios sociais das coberturas verdes são listados e descritos a seguir.

4.3.3.1 Espaço adicional disponível

Na grande maioria das vezes, coberturas de grandes centros urbanos são espaços amplos e inutilizados. Tendo isto em vista, e considerando a estrutura capaz de suportar a carga adicional da cobertura verde e a circulação de pessoas, a utilização deste espaço como local de recreação, por exemplo, pode ser pensada (DUNNETT; KINGSBURY, 2004, p. 24, tradução nossa). O autor ainda afirma que a existência de espaços verdes pode não ser apenas um desejo dos possíveis compradores, mas sim se tornar uma necessidade, considerando-se o gradativo aumento na busca por qualidade de vida que por parte dos usuários. Esse espaço adicional pode também servir para outros fins, como para produção de alimentos em hortas orgânicas. Nestes casos, inclusive as coberturas verdes do tipo extensivo podem satisfazer a necessidade de espessura de substrato exigida, não sendo necessário grandes investimentos na construção de uma cobertura verde intensiva.

4.3.3.2 Efeitos psicológicos

Por fim, a consideração dos efeitos psicológicos da existência de um espaço verde adicional também deve ser considerada. Para Minke (2004, p. 21, tradução nossa), a paisagem pode prevenir estados depressivos e aumentar o rendimento dos usuários a ela expostos. O autor ainda afirma que a oscilação da vegetação com o vento atua tranquilizando as pessoas

estressadas e estimulando as cansadas. Ulrich e Simmons[4] (1986 apud DUNNETT; KINGSBURY, 2004, p. 28, tradução nossa) afirmam que os benefícios terapêuticos por estar próximo à natureza são consideráveis e incluem a redução da pressão sanguínea, alívio das tensões musculares e aumento de sentimentos positivos, além da redução de estresse já citada. Estes efeitos podem também ser atingidos pelo olfato, visto que algumas espécies produzem aromas agradáveis (MINKE, 2004, p. 21, tradução nossa).

4.4 LEGISLAÇÕES E REGULAMENTAÇÕES EXISTENTES

As coberturas verdes vêm ganhando espaço em diversos países do mundo, e os fatores motivacionais para implementação da vegetação no topo das construções podem ser bastante distintos, podendo ser em função do clima, da cultura ou de políticas públicas, por exemplo (DUNNETT; KINGSBURY, 2004, p. 16, tradução nossa). Na Alemanha, país origem das coberturas verdes modernas, legislações baseadas em princípios do desenvolvimento sustentável começaram a se difundir ainda na década de 70, sendo que investimentos específicos em coberturas verdes para revitalização de distritos históricos são datados de mais de 50 anos (EARTH PLEDGE, 2005, p. 109-110, tradução nossa).

Em Tóquio, a severidade dos problemas climáticos que atingiam as zonas urbanas da cidade e, consequentemente, a saúde da população, fez necessárias, em 2001, novas alterações no plano diretor da cidade. Dentre estas modificações, passou-se a obrigar a implantação de coberturas verdes em pelo menos 20% da cobertura em construções com área superior a 1.000m² em negócios privados e 250m² em negócios públicos. Com isso, o *Green Tokyo Plan*, como foi chamado, duplicou a área de superfícies verdes em coberturas em apenas um ano. Dois anos após a iniciativa na cidade de Tóquio, o governo japonês anunciou revisões nas regulamentações de conservação do meio ambiente, ordenando a implantação de no mínimo 20% de cobertura verde nas novas construções de edifícios residenciais e comerciais (EARTH PLEDGE, 2005, p. 114-115, tradução nossa).

Na América do Norte, cidades como Portland, nos Estados Unidos, e Toronto, no Canadá, também já adotaram medidas que incentivam a implementação desta técnica construtiva. A última é sede da organização *Green Roofs for Healthy Cities*, dedicada à expansão das

[4] ULRICH, R. S., SIMMONS, R. Recovery from stress during exposure to everyday outdoor environments. In: **Conference of the Environmental Research Association**, 17., 1986, Washington

coberturas verdes no norte do continente e responsável por uma extensa gama de pesquisas na área, principalmente quanto aos benefícios na atenuação dos efeitos das ilhas de calor em grandes centros urbanos (DUNNETT; KINGSBURY, 2004, p. 18-19, tradução nossa).

No Brasil, consequência do ciclo vicioso causado pela falta de pesquisas e exemplos práticos (KREBS, 2006, p. 21; ROSSETI, 2009, p. 3), pouco se desenvolveu a capacidade de atender às necessidades do desenvolvimento sustentável com auxílio de coberturas verdes. Apesar de alguns casos já implantados, como no prédio do Fórum do Meio Ambiente e da Fazenda Pública do Distrito Federal, na figura 3, o país ainda está atrás de países como Canadá e Alemanha, citados anteriormente. Estes e outros países com bom desenvolvimento de técnicas nesta área contam com tecnologia avançada em relação aos acessórios de acabamento, irrigação, manutenção e a própria integração da vegetação com sistemas como o de painéis solares (NAKAMURA, 2011)

Figura 3 – Cobertura verde no prédio do TJDFT, em Brasília

(fonte: ZANETTINI ARQUITETURA[5], 2010 apud NAKAMURA, 2011)

Mesmo com pequeno desenvolvimento, foi criado o Projeto de Lei de número 1.703, em 2011, pelo deputado e engenheiro civil Jorge Tadeu Mudalen, e este segue em tramitação na Câmara dos Deputados, na capital federal. Sua ementa, caso aprovada, decretará que os projetos de edificações com mais de três pavimentos prevejam a construção de coberturas verdes, evidenciando, como uma de suas justificativas, o fato de contribuir com a economia de 20% da

[5] ZANETTINI ARQUITETURA, 2010. Projeção virtual da obra Fórum do Meio Ambiente e da Fazenda Pública do Distrito Federal. Autor: Siegbert Zanettini. Coautora: Sandra Henriques.

energia gasta com aparelhos de condicionamento de ar (BRASIL, 2011). Contudo, para o Conselho Brasileiro de Construção Sustentável (2014), a obrigatoriedade da execução de tetos verdes em todo o território nacional é pouco sustentável, pois o país ainda não tem uma cadeia suficiente de fornecedores capacitados, além de que coberturas verdes mal instaladas podem acarretar em graves consequências para a saúde dos usuários. A entidade ainda ressalta que o fato de não haver normas técnicas específicas pode gerar conflitos, deixando tanto projetistas, quanto executores e usuários desamparados.

Ainda assim, a Lei Complementar nº 646, de 22 de julho de 2010 incluiu no Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano e Ambiental (PDDUA) da Prefeitura Municipal de Porto Alegre (PMPA) a possibilidade de adoção terraços e coberturas vegetados, como medida alternativa para a área livre em alguns casos específicos (PORTO ALEGRE, 2010). De acordo com o autor, como terraços e coberturas vegetados entende-se toda "[...] área descoberta, em estrutura permanente e fixa, totalmente vegetada, com uma camada de substrato – terra –, sendo que a área de terraço ou cobertura vegetados deverá ser de, no mínimo, o dobro da AL [área livre] não atendida no terreno[...]". Além disso, em 2014 foi sancionada a Lei Complementar nº 734, que inclui no Código de Edificações de Porto Alegre a permissão para o uso de telhados verdes sobre lajes e demais coberturas do último pavimento de edificações, sendo que este telhado deverá ter "[...] vegetação natural extensiva e não configurará pavimento utilizável, reservada a área para circulação de acesso e equipamento técnico." (PORTO ALEGRE, 2014).

5 COBERTURAS VERDES EXTENSIVAS

Conforme limitado no item 2.5 das diretrizes de pesquisa deste trabalho, o foco se dará apenas em coberturas verdes do tipo extensivo. Este assunto será abordado mais a fundo neste capítulo, dando ênfase à sua composição e sistemas e práticas utilizados no Brasil, bem como aspectos importantes das fases de execução e manutenção.

A escolha por focar neste tipo de cobertura verde se dá pelo fato de considerar aspectos construtivos mais viáveis econômica e estruturalmente. Além disso, não exigem técnicas específicas de manutenção, o que o torna menos restrito, ampliando sua possibilidade de utilização, justificando ainda mais a necessidade de pesquisas e experimentos para servirem como base e, então, interromper o ciclo vicioso citado por Krebs (2006, p. 21) e Rosseti (2009, p. 3).

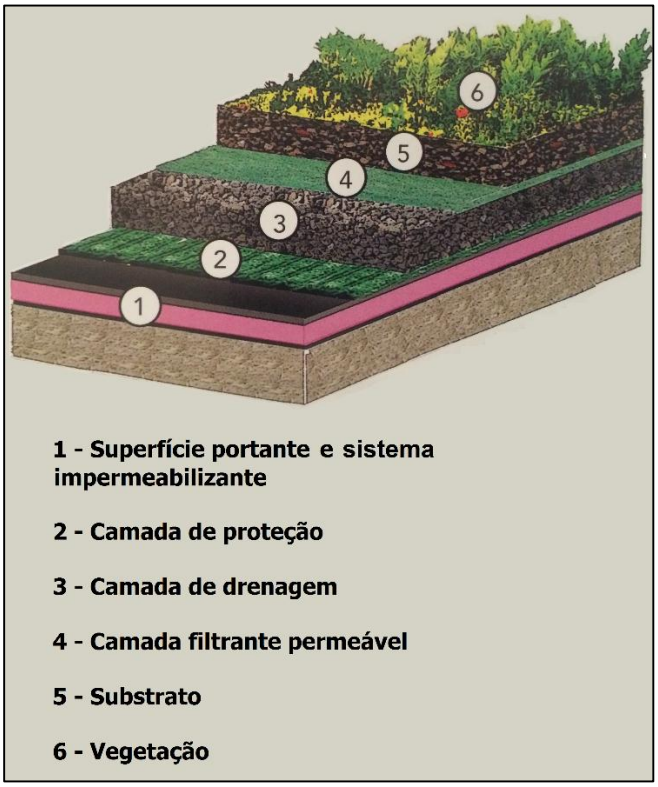
5.1 COMPOSIÇÃO

As coberturas verdes extensivas são compostas por diversas camadas, cada qual com sua função específica, e que devem trabalhar em conjunto para manter o sistema adequadamente funcionando. Algumas delas, em alguns casos, podem não ser utilizadas, desde que devidamente projetado. A figura 4 demonstra a distribuição destas camadas, que são descritas nos próximos parágrafos.

5.1.1 Superfície portante

A primeira camada se refere à superfície, seja ela inclinada ou plana, que suportara as demais camadas da cobertura verde. Ela é responsável por repassar às estruturas da construção as cargas de todo o sistema. Este estrato pode ser composto de materiais como concreto armado, madeira, aço ou plástico (SNODGRASS, 2006, p. 39, tradução nossa). De acordo com o autor, construções em laje de concreto são excelentes candidatas a coberturas verdes inicialmente porque são resistentes, mas também porque a laje não degrada da mesma maneira que a madeira, no caso de haver problemas de infiltração e umidade no sistema portante.

Figura 4 – Corte esquemático de uma cobertura verde extensiva típica



(baseado em: GREEN ROOF SERVICE LLC[6], [2005] apud SNODGRASS, 2006, p. 39, tradução nossa)

5.1.2 Membrana impermeabilizante

Em alguns casos, dependendo do projeto, a impermeabilização é alocada logo acima da superfície portante. Para Dunnett e Kingsbury (2004, p. 66, tradução nossa), uma efetiva camada de impermeabilização é essencial para um adequado funcionamento do sistema como um todo. Snodgrass (2006, p. 39-40, tradução nossa) enfatiza:

> Qualquer ponto de fragilidade ou falha na camada pode ser difícil de se detectar porque ela estará inteiramente coberta. Reparar vazamentos pode requerer a remoção de todo o sistema, incluindo vegetação e substrato, e isso deve ser evitado a qualquer custo. O tempo extra e valor despendido para assegurar uma vedação eficaz e durável valem o investimento.

Para esta camada, há diversos materiais disponíveis no mercado, sendo eles sistemas pré-moldados, tais quais manta polímero-elastano-betuminosas, manta de policloreto de vinila (PVC), manta de polietileno de alta densidade (PEAD), manta de tela com revestimento de poliolefina, mantas de etileno polimerizado betuminoso, mantas de borracha de etileno-

[6] GREEN ROOF SERVICE LLC, 2005. Cortesia de Jorg Breuning. Correspondência eletrônica, 14 abr. 2005.

propileno-dieno (ethylene proprlene diene membrane, EPDM), fluidos selantes, entre outros (MINKE, 2004, p. 40, tradução nossa), e sistemas executados *in loco*, chamados de membranas.

5.1.3 Barreira de proteção contra raízes

Considerando-se que estas coberturas comportam seres vivos com crescimento espontâneo, uma camada que impossibilite a penetração das raízes nas camadas de isolamento térmico e impermeabilização é fundamental (SNODGRASS, 2006, p. 41, tradução nossa). Principalmente se a última é composta por material betuminoso, asfáltico ou orgânico, compostos mais suscetíveis à atividade de microrganismos (DUNNETT; KINGSBURY, 2004, p. 68, tradução nossa).

Para Dunnett e Kingsbury (2004, p. 68, tradução nossa), essa camada geralmente é composta de rolos de manta de PVC, apesar de críticas quanto aos problemas ambientais da industrialização deste material. Os autores ainda relatam a necessidade de uma adequada instalação desta camada, com correto acabamento nas extremidades e possíveis aberturas ou projeções na cobertura. Além disso, deve-se certificar que todas as transposições e emendas da manta estejam bem seladas, pois qualquer falha ou abertura será caminho preferencial para as raízes das plantas.

5.1.4 Camada de drenagem

A camada de drenagem tem como função dirigir a água excedente para os pontos de coleta e também armazenar o volume de fluido necessário para manutenção da vegetação. É composta, basicamente, de materiais granulares, argila expandida, minerais porosos e materiais reciclados de cerâmica (MINKE, 2004, p. 41, tradução nossa), mas pode também ser construída a partir de módulos pré-fabricados de plástico leve ou poliestireno (DUNNETT; KINGSBURY, 2004, p. 71, tradução nossa). Para Snodgrass (2006, p. 42-43, tradução nossa):

> Uma drenagem adequada é crítica tanto para o telhado como para a saúde das plantas. Telhados planos são especialmente mais suscetíveis a água parada, e materiais vegetais serão rapidamente decompostos sem um substrato bem drenado ou um sistema de drenagem construído na membrana do telhado. Garantir que a água seja drenada das raízes das plantas pode ser feito através do próprio substrato em grande parte das coberturas extensivas, especialmente em superfícies inclinadas e onde a precipitação é limitada. Para áreas que têm muita umidade, entretanto, ou onde condições não contribuem para boa drenagem, sistemas de drenagem pré-montados

> existem, geralmente como parte de um completo sistema de telhados. [...] O tipo e dimensão do sistema de drenagem são determinados por considerações locais específicas, como capacidade de suporte de carga, altura do edifício, e custo.

5.1.5 Substrato

Diferentemente de solos de jardins, que dependem da riqueza em materiais orgânicos, coberturas verdes extensivas requerem um material para crescimento da vegetação que seja leve e poroso, e que tenha a capacidade de reter e absorver as quantidades ideais de oxigênio, água e nutrientes, provendo estabilidade para as raízes das plantas (SNODGRASS, 2006, p. 43, tradução nossa). Além disso, substratos muito férteis não são adequados pois facilitam o crescimento de espécies suscetíveis às mudanças climáticas, o que tornaria a cobertura fraca em épocas de mudança de estações. Mas, também, a baixa fertilidade implica no desenvolvimento de diversas plantas indesejadas, impedindo a dominância de espécies mais vigorosas (DUNNETT; KINGSBURY, 2004, p. 72, tradução nossa).

Ademais, a espessura do substrato depende da vegetação a ser implantada. Dunnett e Kingsbury (2004, p. 75, tradução nossa) sugerem espessuras de 2 a 3 centímetros para vegetação composta por musgos ou Sedum de pequeno porte e de 5 a 8 centímetros para gramíneas, espécies de Sedum maiores e plantas herbáceas. Deve-se considerar, também, que a taxa de retenção de água é variável em função da profundidade desta camada e de sua composição.

É importante observar, também, que a inclinação da cobertura deve ser levada em conta na colocação do substrato, visto que inclinações elevadas podem não permitir uma adequada aderência do material à superfície inferior, e a fixação das raízes da vegetação pode não ser suficiente para manter o material fixo, ocorrendo deslizamentos. Em casos mais críticos, pode-se fazer uso de estruturas auxiliares de madeira, por exemplo, tornando possível a implantação de coberturas verdes em superfícies com inclinação de até 58% (DUNNETT; KINGSBURY, 2004, p. 61-62, tradução nossa).

5.1.6 Vegetação

Como última camada, e responsável pela nominação desta técnica, a vegetação deve ser bem especificada para que a estrutura seja eficiente e eficaz ao cumprir os benefícios por ela trazidos.

Minke (2004, p. 44-45, tradução nossa) sugere alguns critérios a serem avaliados para melhor se fazer a seleção das espécies:

a) espessura do substrato e sua capacidade de armazenar água;
b) inclinação da cobertura;
c) exposição ao vento;
d) orientação solar;
e) sombra;
f) volume de precipitação.

Estes itens, que devem ser determinados para a viabilização do projeto da cobertura verde, influenciam diretamente na quantidade de água disponibilizada para retenção no substrato e, por isso, são fundamentais para a sobrevivência das espécies.

Snodgrass (2006, p. 50-61, tradução nossa), cita como vegetação recomendada poucas espécies de plantas anuais, algumas herbáceas perenes, além de gramas, ervas, bulbos, rizomas e flores sazonai. Mas aponta para as plantas suculentas resistentes como mais aptas a sobreviverem e gerarem benefícios à construção em que se inserem. Isso porque essas plantas são capazes de reduzir a perda de água abrindo seus estômatos à noite, para estocar gás carbônico para fotossíntese, e os fechando durante o dia, diminuindo a perda por transpiração.

5.2 SISTEMAS E PRÁTICAS USUAIS NO BRASIL

Quanto às técnicas disponíveis no mercado, além do sistema convencional, correspondente à construção de camada por camada da cobertura verde, conforme citado no item 5.1, existem também soluções pré-montadas, utilizando sistemas modulares que podem, inclusive, conter a vegetação já desenvolvida, conforme cita Nakamura (2011). A autora ainda afirma que esta técnica pode reduzir os custos de mão de obra, visto que agiliza o processo de montagem. No Brasil, já existem algumas tecnologias deste tipo, como os modelos Tekgarden, da empresa Remaster, o revestimento vivo Premium, do Instituto Cidade Jardim e o Ecotelhado Laminar, da empresa Ecotelhado.

Sistemas pré-fabricados tendem a ser mais confiáveis, já que foram especialmente projetados para tal situação. Contudo, em áreas pequenas e simples, a construção da cobertura é mais vantajosa economicamente se feita do modo convencional (DUNNETT; KINGSBURY, 2004,

p. 77, tradução nossa). Além disso, de acordo com o Conselho Brasileiro de Construção Sustentável (2011), o Brasil ainda apresenta uma grande lacuna no mercado de coberturas verdes a ser desenvolvida nos próximos anos.

6 ANÁLISE DOS CASOS

Neste capítulo, serão apresentados os casos analisados, dividindo-os em casos executados até 2005 e casos atuais.

6.1 ANÁLISE DOS CASOS EXECUTADOS ATÉ 2005

Krebs (2005) estudou dez coberturas verdes implantadas até aquele ano localizadas em diversos pontos da Região Metropolitana de Porto Alegre e Serra Gaúcha. Tais coberturas, descritas conforme quadro 5, serão analisadas nos parágrafos subsequentes, de forma a avaliar as técnicas construtivas utilizadas. Das dez coberturas estudadas por Krebs (2005), cinco puderam ser analisadas atualmente, sendo constatado que as coberturas 1, 6, 9 e 10 ainda estão implantadas e que a cobertura 5 foi desfeita. Sobre as outras cinco coberturas, não foram encontradas informações a respeito dos seus estados atuais.

Quadro 5 – Descrição das coberturas executadas até 2005

Nomeação Cobertura	Cobertura conforme Krebs (2005)	Ano da Cobertura
Cobertura 1	Residência 1 no bairro Assunção	1978
Cobertura 2	Residência no Assentamento Belo Monte	2003
Cobertura 3	Anexo na Casa de Sofia	2004
Cobertura 4	Cobertura no bairro Moinhos de Ventos	2005
Cobertura 5	Pousada Villa Flor	2003
Cobertura 6	Residência unifamiliar em Nova Petrópolis	2004
Cobertura 7	Condomínio Horizontal Ecoovila I	2002
Cobertura 8	Sede da Arcoo	2000
Cobertura 9	Residência 2 no bairro Assunção	1981
Cobertura 10	Residência no Assentamento do MST Filhos de Sepé	2004

(fonte: elaborado pelo autor)

Considerando-se os aspectos construtivos destas coberturas, foi verificado, conforme demonstrado nos quadros 6 e 7, que 60% das coberturas estudadas tem ao menos uma das águas com orientação voltada para o norte, e 70% delas tem inclinação máxima superior à 20º. Além disso, sete delas utilizaram manta de PEAD para impermeabilizar a estrutura portante e duas

utilizaram manta asfáltica. Uma das coberturas foi implantada sobre telhas cerâmicas, não sendo executada impermeabilização.

Quadro 6 – Aspectos construtivos das coberturas executadas até 2005, parte I

Nomeação Cobertura	Orientação Solar	Sistema Estrutural	Inclinação	Peso Considerado	Motivo da Escolha
Cobertura 1	Sul	Vigas e laje em concreto armado	20º-30º	Sem informação	Estética
Cobertura 2	Todas	Estrutura e assoalho de madeira	3,6º-16º	250kg/m²	Benefícios térmicos e estética
Cobertura 3	Norte	Estrutura e assoalho de madeira	0º	180kg/m²	Estética
Cobertura 4	Leste	Estrutura de madeira com telhas cerâmicas	30º [7]	110kg/m²	Estética
Cobertura 5	Norte	Estrutura e assoalho de madeira	30º	160kg/m²	Construção adotando conceitos de bio-arquitetura
Cobertura 6	Nordeste	Vigas e laje em concreto armado	44º	160kg/m²	Estética
Cobertura 7	Norte e sul	Estrutura de concreto armado, caibreamento de madeira e painel de tiras de madeira (*Oriented Strand Boad* - OSB)	33º-45º	160kg/m²	Isolamento térmico e otimização do desempenho das placas solares
Cobertura 8	Norte e sul	Estrutura de madeira e chapas OSB	29º-37º	160kg/m²	Teste
Cobertura 9	Sul	Vigas e laje em concreto armado	25º	Sem informação	Estética
Cobertura 10	Norte e sul	Estruturas de madeira e assoalho de bambu	5º	200kg/m²	Construção adotando conceitos de bio-arquitetura

(baseado em: KREBS, 2005)

[7] Valor para inclinação sugerido, pois na referência indica apenas ser de forte inclinação.

Quadro 7 – Aspectos construtivos das coberturas executadas até 2005, parte II

Nomeação Cobertura	Drenagem	Impermeabilização	Altura do Substrato
Cobertura 1	Calha de concreto moldado *in loco*	Manta asfáltica	25cm
Cobertura 2	Brita e pedras no beiral	Manta PEAD	13cm
Cobertura 3	Dreno de plástico perfurado e gárgula	Manta PEAD	10cm
Cobertura 4	Calha metálica externa	Sem impermeabilização	5cm
Cobertura 5	Calha metálica preenchida com brita	Manta PEAD	15cm
Cobertura 6	Tubos perfurados e calha em concreto armado preenchido com brita	Pintura asfáltica e lona PEAD	15cm
Cobertura 7	Calha metálica preenchida com brita e dreno protegido por tela Bidim	Pintura asfáltica e lona PEAD	10cm
Cobertura 8	Calha em chapa galvanizada	Pintura asfáltica e lona PEAD	10cm
Cobertura 9	Calha em concreto preenchida com brita	Manta asfáltica	25cm
Cobertura 10	Sem informação	Manta PEAD	14cm

(baseado em: KREBS, 2005)

Quanto ao sistema estrutural utilizado, 60% utilizaram estrutura de madeira e os 40% restantes utilizaram estrutura de concreto armado, sendo que duas utilizaram chapas OSB como superfície portante e três utilizaram assoalho com tábuas de madeira com esta função. Como camada de drenagem, seis coberturas utilizaram calhas e três utilizaram drenos, sendo que algumas utilizaram ambas as soluções. Além disso, a execução de camadas de brita com função drenante foi identificada em grande parte dos casos analisados.

Considerando-se a camada de substrato, foi constatada uma média de 14,2cm de espessura com moda de 10cm. Além disso, fazendo-se a divisão do peso considerado pela espessura, quando há as informações, foi constatado uma média de aproximadamente 16kg/m².cm. Ademais, mais da metade das coberturas teve como motivo principal para sua escolha o aspecto estético proporcionado pela vegetação recobrindo a cobertura, sendo que em apenas duas delas foi citado o benefício de isolamento térmico assegurado por esta técnica. Nenhum outro benefício citado no item 4.3 deste trabalho foi considerado como motivo para implantação das coberturas executadas até 2005.

Outros aspectos interessantes sobre as coberturas estudadas são:

a) na cobertura 1 fez-se uso de tijolos em meio ao substrato para auxílio na manutenção da umidade do solo, uma vez que não estando impermeabilizados, absorvem água e a retém por mais tempo;

b) na cobertura 2, devido à grande quantidade de detalhes no projeto, foram necessários diversos pontos de emendas na manta de PEAD utilizada, o que tornou a obra mais suscetível à infiltração de água nestes locais e ocasionou retrabalhos na camada de impermeabilização após a cobertura finalizada;

c) na cobertura 3 foi ressaltado pelo projetista a importância da camada de drenagem estar bem dimensionada, pois tanto o acumulo excessivo de água é prejudicial, podendo sobrecarregar a estrutura portante, como o escoamento e consequente ressecamento do substrato também, pois torna o solo ácido por falta de oxigênio e prejudica o desenvolvimento da vegetação;

d) na cobertura 4 foi utilizado um sistema pré-pronto, onde a empresa Ecotelhado, de Porto Alegre, forneceu módulos em que a vegetação já estava desenvolvida, agilizando o processo na obra, porém diminuindo o peso disponível para o substrato, já que o sobrepeso total admissível deve ser considerado juntamente com o peso de cada módulo;

e) na cobertura 5, por se tratar de telhados implantados em diversos pontos de uma área de 10 hectares, foi feita análise caso a caso para a correta escolha da vegetação de acordo com as condições de cada local, e em um mesmo telhado, lugares com maior tendência de acúmulo de água também foram apontados, com o intuito de definir a melhor espécie de planta para estes pontos;

f) na cobertura 6 foi adotada uma estrutura auxiliar na superfície portante a fim de evitar deslizamentos do substrato por erosão composta por muretas de 10cm de altura;

g) na cobertura 7 foi utilizada uma geo-membrana com estrutura alveolar e perfurações que permitem a passagem da água em toda a área da cobertura devido à forte inclinação da superfície portante e com o mesmo objetivo das muretas citadas na alínea f;

h) na cobertura 8, como foram construídas duas áreas de cobertura verde, foi possível fazer testes para analisar como cada uma se portava frente às condições em que se inseria, ou seja, enquanto uma tinha camada de substrato mais profunda que a outra, por exemplo, algumas espécies de plantas se desenvolviam melhor que outras. Outros testes foram de insolação, plantação de mais de uma espécie em conjunto, entre outros;

i) na cobertura 9, projetada como para ser do tipo extensivo, foi constatado que o usuário fazia manutenção excessiva, sendo verificado, até mesmo, uma horta com substrato de 40cm no local;

j) na cobertura 10 foram retiradas leivas de grama do próprio local para implantação na cobertura, isto favoreceu o desenvolvimento adequado da vegetação, uma vez que a espécie escolhida era adequada para o clima local.

Isto posto, pode-se verificar inúmeras situações diferentes, cada qual com soluções diferentes, e muitas vezes inesperadas. Isto leva a considerar que conhecimentos prévios sobre o assunto deviam ser escassos ou pouco acessíveis, o que, certamente, gerava pouca procura por este tipo de cobertura. Outras considerações, levantadas nos capítulos 7 e 8, a seguir, abordam mais a fundo os aspectos contidos neste tópico.

6.2 ANÁLISE DOS CASOS ATUAIS

Neste tópico, serão apresentadas duas coberturas verdes executadas durante o período deste trabalho. Para isto, foram feitas visitas ao local da obra, com acompanhamento do responsável técnico, com vistas a melhor obter as informações da obra. Nos próximos itens, estas coberturas serão descritas e detalhadas, de forma a explicitar todos os pontos possíveis de observação em campo e em projeto.

6.2.1 Cobertura Nova 1

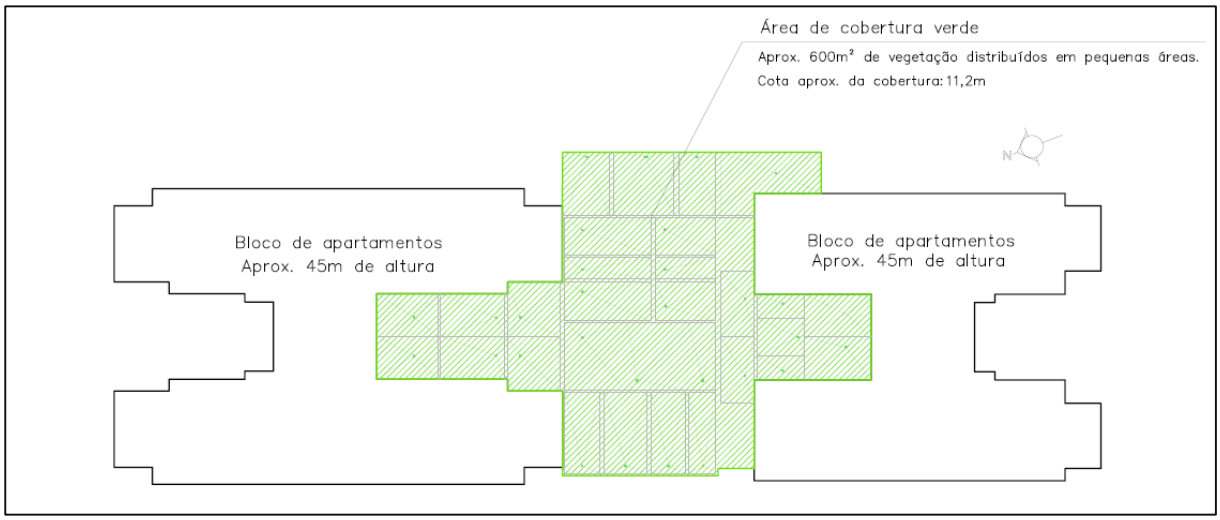
A cobertura apresentada neste item localiza-se no bairro Menino Deus, em Porto Alegre, RS, e compreende uma área de cerca de 600 m². O empreendimento é residencial de padrão médio-alto, sendo composto por sete blocos com 44 unidades por bloco, totalizando 308 unidades habitacionais. A obra iniciou em janeiro de 2012 e tem previsão de conclusão para junho de 2015, sendo que a cobertura verde foi executada em diversas etapas ao longo dos três anos planejados para a construção completa. De acordo com o entrevistado, este tipo de cobertura foi adotado como medida para atingir o percentual de área permeável exigido pelo PDDUA de Porto Alegre.

Desde sua concepção, o empreendimento foi considerado com cobertura verde, porém o entrevistado não soube informar o peso considerado em projeto. A superfície portante é uma superfície plana, executada em concreto com resistência de 30Mpa e espessura de 8cm, armado e moldado no local. As inclinações existentes, implantadas na camada de regularização, são da ordem de 1% a 2% e têm a função de auxiliar no escoamento da água para os pontos de coleta, conforme figura 5. A figura 6 demonstra um corte detalhado desta obra.

Por ser plana, a cobertura não tem orientação solar específica, mas pode-se considerar que ela estará exposta ao sol diariamente, principalmente ao sol do meio dia pois, por estar entre blocos

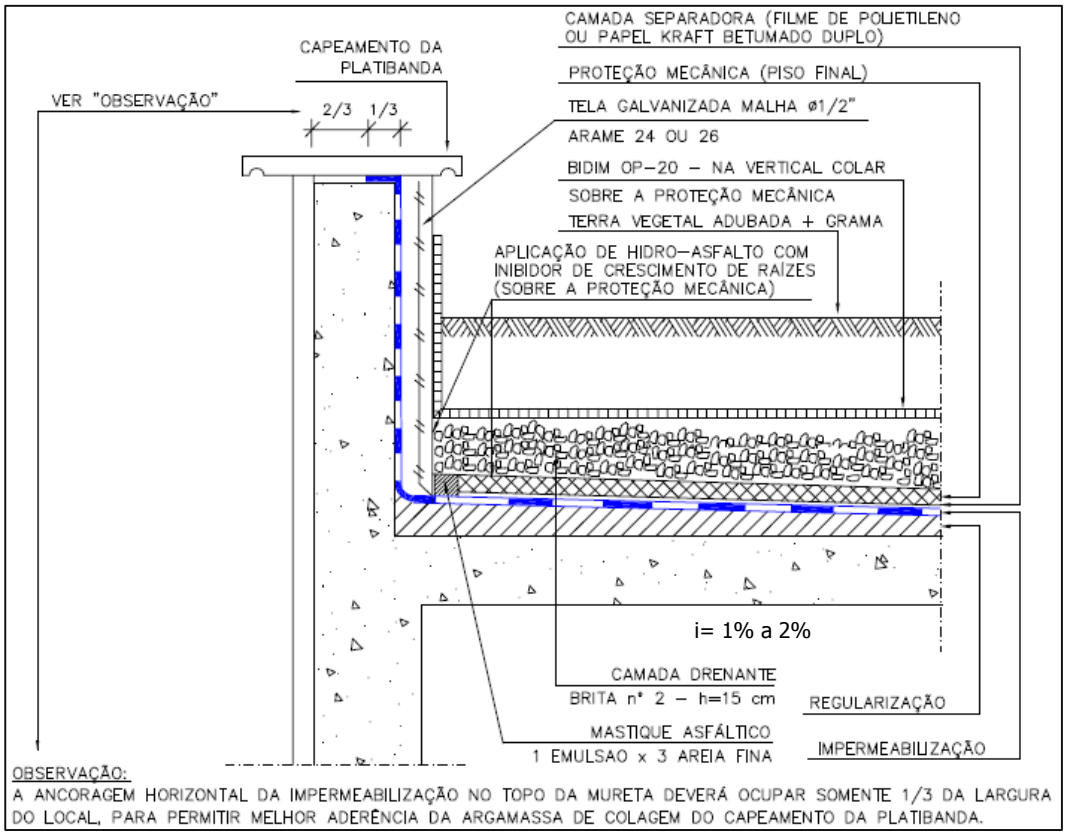
de edifícios altos, haverá sombreamento de algumas áreas em certos períodos do dia. Além disso, estas áreas sombreadas podem se alternar em função da época do ano, o que deve ser levado em consideração na manutenção da vegetação ao longo da vida da cobertura.

Figura 5 – Planta baixa da Cobertura Nova 1



(fonte: elaborado pelo autor)

Figura 6 – Corte detalhado da Cobertura Nova 1



(fonte: elaborado pelo autor)

A camada de regularização, executada em argamassa 1:3 (traço em volume), com cimento convencional e areia média lavada e peneirada, foi executada considerando-se uma espessura mínima de 2cm e cantos arredondados com diâmetro de 75mm. Acima da regularização, foi executada a camada de impermeabilização em manta asfáltica de 4mm, sistema flexível e aderido à superfície, que permite a identificação do local mais provável da infiltração, caso ela ocorra. Nesta camada, é importante ressaltar o cuidado na sobreposição da impermeabilização horizontal com a vertical, que considerou a execução da camada horizontal antes, subindo 15cm na parede, e posterior execução da camada vertical, sobrepondo aquela em 30cm. Nas superfícies verticais, a impermeabilização foi executada até 40cm acima da altura final da cobertura verde. Em platibandas, esta camada foi executada até 1/3 da largura da parede, e em paredes de alturas menores, entre coberturas verdes, a camada de impermeabilização envolveu toda a parede.

Sobre a impermeabilização, foi colocado papel *kraft* betumado duplo como camada separadora, para permitir uma adequada movimentação entre as camadas e, em seguida, foi executada a proteção mecânica da superfície, em argamassa com tela galvanizada em malha e espessura de 30mm. Nos encontros dos planos horizontais e verticais dessa camada, foi executada uma junta de 3cm preenchida com mastique asfáltico com traço de 1:3, sendo 1 de emulsão e 3 de areia fina. É importante ressaltar que até esta camada foi mantida a inclinação da camada de regularização, sendo todas as camadas executadas com espessura contínua. A figura 7 demonstra a cobertura em questão, após a execução da camada de proteção mecânica, momento em que foi feita a entrevista.

Acima da camada de proteção mecânica, será aplicado hidro-asfalto com inibidor de crescimento de raízes nos locais onde a cobertura verde estiver em contato com a camada de proteção. Posteriormente, será executada a camada de drenagem, com brita nº 2 e espessura de 15cm. Nesta camada será regularizado o nível da cobertura, ou seja, próximo aos ralos, haverá uma espessura maior de camada drenante, pois é onde a inclinação da camada de proteção resultou na menor cota da cobertura. Nestes pontos, foi deixada uma espera para coleta da água, onde será inserido tubo de PVC com diâmetro de 100mm, perfurado na espessura da camada drenante.

Sobre a camada drenante, para impedir o ingresso de partículas menores nos vazios da camada de brita, será colocado uma manta Bidim modelo OP-20 que deve, também, ser colada na

camada de proteção vertical até a altura final da cobertura verde. Sobre esta camada, então, será colocado o substrato, composto orgânico com espessura de 20cm, base para o crescimento e desenvolvimento da vegetação, cujo tipo escolhido foi a grama esmeralda, em leivas.

Figura 7 – Camada de proteção mecânica finalizada da Cobertura Nova 1

(fonte: elaborado pelo autor)

Após a implantação da vegetação, a construtora ainda executará um sistema de drenagem, provavelmente composto por mangueiras perfuradas e ativação manual, mesmo sistema projetado para as demais áreas verdes do empreendimento. Sobre este sistema, porém, o entrevistado não soube fornecer maiores detalhes técnicos.

Esta cobertura, projetada e construída pela construtora e incorporadora do empreendimento, já foi e provavelmente continuará sendo aplicada em outras obras, de acordo com o entrevistado, demonstrando que os benefícios por ela alcançados podem ser contabilizados.

6.2.2 Cobertura Nova 2

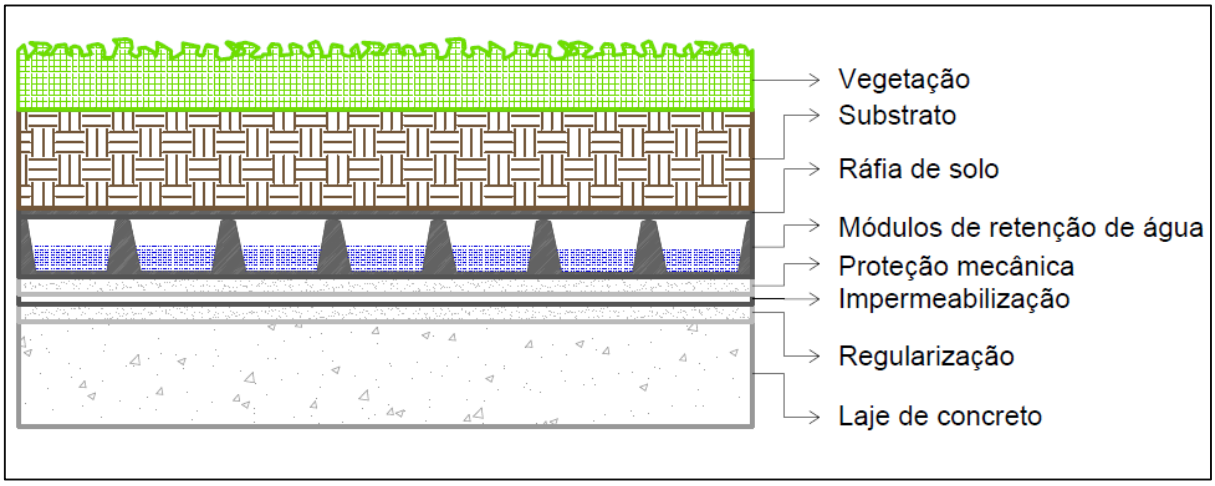
A cobertura apresentada neste item localiza-se no bairro Petrópolis, em Porto Alegre, RS, e compreende uma área de cerca de 160 m². O empreendimento é residencial de padrão alto, sendo composto por dois blocos. A obra da cobertura verde, a partir da camada de proteção mecânica, iniciou e concluiu do mês de maio, tendo durado cerca de uma semana. As etapas predecessoras foram executadas em períodos espaçados não informados. A cobertura verde do tipo extensiva em execução pelo entrevistado está presente em áreas sem acesso na edificação,

enquanto outras áreas de paisagismo, estas com acesso, foram observadas na visita a obra. Nestes locais deverão ser implantadas floreiras, que funcionam da mesma forma que uma cobertura verde intensiva, abrigando espécies vegetais de maior porte. Estes locais não foram estudados e discutidos na visita a obra, pois não eram escopo do entrevistado.

Da mesma forma que a Cobertura Nova 1, este empreendimento foi considerado desde o início com cobertura verde, como medida para atingir o percentual de área permeável exigido pelo PDDUA de Porto Alegre, tendo sido considerado, conforme mencionado pelo executor, um peso de 500kg/m², entre peso próprio da estrutura e do restante do sistema e cargas acidentais. A superfície portante é uma superfície plana, executada em concreto armado e moldado no local. As inclinações existentes, como as do item acima citado, foram implantadas na camada de regularização e são da ordem de 1% a 2%, tendo a função de auxiliar no escoamento da água para os pontos de coleta. Além disso, as lajes onde será implantada vegetação, por serem planas, não têm orientação solar específica, mas, em sua projeção, foi considerado o sombreamento devido aos blocos de apartamentos e a insolação em cada área a ser plantada vegetação.

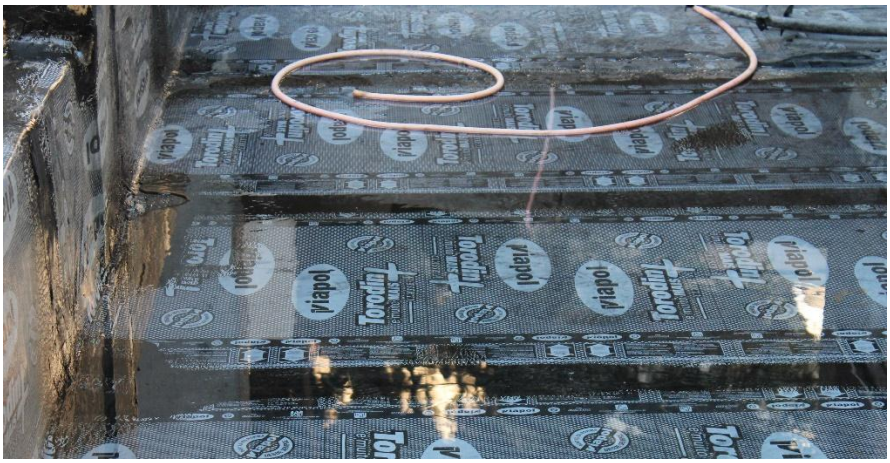
De acordo com a figura 8, que demonstra um corte esquemático da cobertura verde em questão, logo acima da estrutura portante foi executada a camada de regularização, prevendo caimento da ordem de 1% a 2%. Acima da regularização, foi executada a camada de impermeabilização em manta asfáltica de 4mm da Viapol. Esta camada foi testada quanto à estanqueidade, conforme pode ser observado na figura 9.

Figura 8 – Corte esquemático da Cobertura Nova 2



(fonte: elaborado pelo autor)

Figura 9 – Teste da camada de impermeabilização da Cobertura Nova 2



(fonte: elaborado pelo autor)

Em seguida, foi executada a proteção mecânica da superfície, mantendo as inclinações em direção aos ralos. A partir da camada de proteção mecânica, a equipe responsável pela execução da cobertura verde entrou na obra. A primeira etapa foi a disposição das bandejas de PEAD reciclado com função de reter parte da água, já que o local não terá irrigação, conforme figura 10. Estas bandejas têm espessura média de 5 cm e são montadas por encaixe, sendo possível o fracionamento da peça quando necessário. De acordo com o entrevistado, elas mantêm cerca de 17l/m² de água disponível para o substrato, sendo que o excedente a este valor escoa pelas perfurações nelas contidas. Nos pontos de coleta da água escoada, foi implantado um cano de PVC perfurado.

Figura 10 – Camada de caixas com função de reter água da Cobertura Nova 2

(fonte: elaborado pelo autor)

Acima da camada das bandejas, foi projetada a implantação de ráfia de solo ao invés de Bidim, pois, de acordo com o conhecimento do entrevistado, que mencionou não ter encontrado evidências científicas deste fato, este material impõe uma melhor troca gasosa entre as camadas, impedindo a formação de musgo que, por consequência, diminui a capacidade de filtragem da água para a camada inferior. Esta tela, com aberturas muito pequenas, impede o crescimento de algumas raízes, funcionando como barreira de proteção contra raízes. Esta função é absorvida, também, pelas bandejas de retenção, uma vez que, sendo elas de PEAD, auxiliam a impedir o crescimento das raízes, caso estas ultrapassem os limites da ráfia de solo, e sua fixação na camada de proteção mecânica. Nos locais onde há ponto de coleta de água, uma segunda camada desta tela foi colocada, como medida para assegurar maior filtragem do material e diminuir riscos de problemas posteriores nestes pontos. Além disso, esta camada foi aplicada inclusive nas superfícies verticais, até a altura final da cobertura verde considerada.

Sobre a ráfia de solo, por fim, foi colocado o substrato, comprado em sacos de 25kg e composto de lodo de estação de tratamento de efluentes de indústria de celulose e casca de eucalipto fermentada. Além disso, tem capacidade de retenção de água de 45% e densidade seca de aproximadamente 500kg/m³, com umidade máxima de 50%. Nos pontos de coleta de água foi colocada brita até a altura do substrato. Para os locais projetados, foi considerada uma altura de 10cm de substrato que, de acordo com o entrevistado, são suficientes para o crescimento da vegetação escolhida.

Quanto à vegetação, as espécies escolhidas levaram em consideração o clima local, a insolação das áreas e o projeto paisagístico do restante do empreendimento, visando não destoar esteticamente com as demais áreas verdes. Distribuídas entre as áreas, foram plantadas as três diferentes espécies de vegetação, considerando cerca de 20 mudas por metro quadrado, conforme projeto paisagístico específico para as coberturas verdes em questão. Parte da área finalizada pode ser visualizada na figura 11. Nesta figura aparecem as três espécies de vegetação escolhidas e distribuídas conforme projeto paisagístico bem como espaço destinado ao ralo, ponto de recolhimento da água escoada, preenchido com brita.

Para a execução da cobertura verde em questão, foi contratada uma equipe específica, pois, de acordo com o entrevistado, a mão de obra comumente disponibilizada para uma obra civil não está preparada para executar uma cobertura verde. A parte civil, que se enquadra desde a superfície portante até a execução da camada de proteção mecânica, foi entregue finalizada à

equipe especializada em cobertura verde. A parte de distribuição dos módulos da laje, colocação da ráfia de solo, adição do substrato e sua correta distribuição e compactação, bem como plantação das mudas ficou por conta da equipe especializada em jardinagem.

Figura 11 – Parte da Cobertura Nova 2 recém finalizada

(fonte: elaborado pelo autor)

Um problema a ser sanado após a finalização da construção da cobertura verde e ao longo de sua vida útil, de acordo com o entrevistado, é a acessibilidade aos locais para manutenção, como eventuais podas, trocas de vegetação ou outros serviços, pois as áreas, apesar de serem de uso comum, têm como únicas aberturas próximas, janelas de áreas privativas.

7 COMPARAÇÃO ENTRE COBERTURAS ANALISADAS

Considerando-se as dez coberturas estudadas em 2005 e as duas coberturas analisadas durante o período desse projeto, puderam ser verificadas diversas semelhanças e diferenças, presentes tanto no projeto, como na escolha dos materiais e na execução. Obviamente, a pequena quantidade de casos estudados não pode garantir que estes dados sejam majorados para todas as coberturas verdes em aplicação na região de abrangência deste trabalho, porém servem como base para verificação das técnicas atualmente disponíveis no mercado, bem como para avaliar a existência de materiais específicos, projetos detalhados e de acordo com a especificidade da obra, mão-de-obra qualificada, entre outros.

Um destes pontos refere-se ao motivo de sua utilização, pois, conforme mencionado anteriormente, as coberturas mais antigas tinham como maior motivo a questão estética do projeto, enquanto as duas coberturas novas passaram a apresentar a possibilidade de utilização da área como área livre, conforme exigido pelo PDDUA da cidade. Sendo assim, uma área que possivelmente seria executada em laje de cobertura convencional, foi, por meio de legislação de caráter involutário, projetada com cobertura verde.

Quanto ao projeto, a existência de projetos com especificações construtivas e instruções de trabalho mais detalhadas, principalmente referente à estrutura da cobertura verde (da estrutura portante à camada de proteção, como demonstrado na figura 6, sinaliza que o projetista tem maior conhecimento sobre o assunto, elencando e projetando de maneira eficiente e eficaz, minimizando os riscos de ocorrência de problemas futuros. No caso da Cobertura Nova 2, a existência de um projeto paisagístico específico para as áreas de cobertura verde também demonstra a necessidade de adotar os materiais mais específicos e que melhor se enquadrem neste local da edificação. Isso porque, para o projeto paisagístico em questão, foram verificadas a localização, insolação, sombreamento e outras características que podem ser importantes para o adequado crescimento e desenvolvimento da vegetação, mantendo, assim, a cobertura verde em bom estado. Este ponto não foi analisado nas coberturas executadas até 2005, mas, como a lei complementar ao PDDUA que incentiva, indiretamente, a construção de coberturas verdes foi implantada apenas em 2010, pode-se dizer que grande parte do mercado se desenvolveu a partir deste ano.

Passando para a análise das camadas componentes do sistema, pode-se verificar, conforme resumido no quadro 8, a identificação de cada item, comparando suas aplicações para os casos observados. Pegando-se como exemplo a superfície portante, pode-se verificar que a utilização de concreto armado, observada em ambos os casos novos, foi menos utilizada nos casos estudados em 2005, proporcionalmente considerando. Possivelmente, isso se deve ao fato de que não foram estudadas residências unifamiliares nos casos atuais, edificações em que estruturas de madeira são bastante utilizadas para suporte do telhado.

Quadro 8 – Comparação entre as coberturas analisadas

Item	Coberturas Antigas	Coberturas Novas
Superfície portante	Principalmente madeira, mas também alguns casos de concreto armado	Concreto armado moldado *in loco.*
Peso considerado	Média de 230kg/m².	Uma das coberturas considerou 500kg/m², a outra não foi informada.
Inclinação	Maior parte com inclinação superior a 20º.	Coberturas planas.
Orientação solar	Grande parte com orientação norte.	Sem orientação solar específica (cobertura plana), mas com consideração de insolação e sombreamento.
Camada de impermeabilização	Maior parte em manta PEAD (sistema não-aderido).	Manta asfáltica 4mm (sistema aderido).
Camada de drenagem	Predominantemente calha, poucos casos de dreno.	Drenos em pontos específicos para escoamento da água excedente, camada de retenção de água no caso da Cobertura Nova 2.
Substrato	Média de quase 15cm, com mínimo de 5cm e máximo de 25cm.	Espessura de 20cm para a Cobertura Nova 1 e 10cm para a Cobertura Nova 2

(fonte: elaborado pelo autor)

O peso considerado para projeto e dimensionamento da estrutura aumentou significativamente, todavia, como esta pesquisa não levou em conta aspectos estatísticos, isto pode ser um valor anormal. Além disso, considerando-se que a proposição do trabalho é verificar o desenvolvimento das coberturas verdes após dez anos, tende-se a esperar que o peso considerado fosse diminuir, visto que poderiam ter sido encontrados ou criados materiais que resultassem em coberturas verdes mais leves.

Considerando-se a inclinação das coberturas, os estudos atuais consideram coberturas planas, com inclinação de 1% a 2% apenas para o adequado escoamento da água, enquanto os casos anteriores, em sua maioria, continham coberturas com inclinação superior a 20º, ou 22%. Considerando-se que coberturas planas são encontradas com grande significância em edifícios, pode-se entender que este segmento de mercado tem possibilidade de considerar a implantação de coberturas verdes em maiores escalas. Quanto à orientação solar, coberturas planas estão constantemente expostas à luz do sol, exceto quando construções vizinhas projetam sombras sobre a cobertura. Nestes casos, um adequado estudo da insolação e sombreamento das áreas é ainda mais necessário, verificando áreas mais adequadas para cada espécie de vegetação.

Sobre a camada de impermeabilização, percebeu-se que, anteriormente, a maioria dos casos utilizou manta de PEAD, cujo sistema de instalação é o não-aderido, que dificulta o encontro do local de infiltração, caso ela ocorra. Nas duas Coberturas Novas, foi verificada a utilização de manta asfáltica de 4mm, cujo sistema de instalação é aderido, possibilitado pela utilização de laje de concreto como superfície portante. Nestes casos, caso ocorra infiltração, não será necessário desmontar toda a cobertura para encontrar o local correto do problema, pois o local da penetração da água é onde está o problema na camada de impermeabilização.

Quanto à camada de drenagem, foi verificado que a utilização de módulos de retenção da água, como os instalados na Cobertura Nova 2, podem ser bastante saudáveis para o crescimento da vegetação, uma vez que impedem que toda a água que infiltra no substrato escoe para os ralos, mantendo, então, a umidade necessária. Na Cobertura Nova 1, isto foi considerado adotando-se uma camada de brita comum, que consegue absorver e manter parcialmente a umidade, juntamente com a manta Bidim instalada logo acima da brita. Além disso, a utilização de caimento nas lajes e ralos bem dimensionados é fundamental para que a cobertura não se mantenha com excesso de água, o que pode ser prejudicial tanto para o desenvolvimento da vegetação quando para a sustentação da estrutura. Estes problemas são menos encontrados em coberturas inclinadas, como os casos estudados em 2005, pois a água escoa mais facilmente em superfícies mais inclinadas. Nestes casos, porém, há maior possibilidade de carregamento de partículas do substrato, prejudicando o desenvolvimento da vegetação porque altera a composição do solo.

Ademais, a maior quantidade de casos estudados em 2005 demonstrou maiores diferenças de projeto e materiais executados, bem como composição das camadas. Isto pode ser entendido,

de certa forma, como consequência da escassez de informação a respeito do tópico deste trabalho. Um exemplo disto foi a utilização de tijolos cerâmicos, no caso da Cobertura 1, com função de manter a umidade do substrato. Nas Coberturas Novas, entretanto, foi verificado certo padrão em diversas etapas da construção, o que demonstra que as coberturas verdes podem ser projetadas e implantadas em maior escala na construção civil de maior porte.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com as análises e comparações realizadas ao longo deste trabalho, embasadas na pesquisa bibliográfica predecessora, pôde-se verificar diversas semelhanças e diferenças entre os casos executados até 2005 e os casos atuais. Por exemplo, enquanto as coberturas novas consideraram superfícies planas, comumente encontradas em edifícios, as coberturas antigas abrangiam, em sua grande parte, telhados inclinados. Isto posto, pode-se inferir que a utilização de vegetação em coberturas planas teve maior desenvolvimento no período entre 2005 e 2014, o que, como mencionado pelo entrevistado da Cobertura Nova 1, foi efetivo no caso da construtora desta obra, que passou a adotar coberturas verdes em algumas de suas construções.

Outra diferença considerável foi o material utilizado na camada de impermeabilização, que passou de sistema não-aderido para sistema aderido, no caso das obras mais recentes. Isto pode sinalizar uma maior preocupação na manutenção da estanqueidade da edificação, mas também pode estar associado ao tipo de estrutura da superfície portante utilizado. Em relação a este tópico, dentre os casos atuais, não foi verificada a presença de estrutura de madeira, mas isto pode ser justificado pelo fato de não haver sido analisada edificação de porte pequeno, situação em que estruturas de madeira são comumente utilizadas para suporte do telhado.

Na contramão destas diferenças, as espessuras da camada de substrato das coberturas recentes estão dentro dos limites encontrados nos casos estudados em 2005, o que demonstra que não houve grande alteração neste aspecto. É importante ressaltar que cada caso deve ser estudado individualmente, pois a espessura do substrato é função de inúmeros fatores que podem variar desde a localização da obra, considerando-se o clima e regime pluviométrico do local, bem como insolação, sombreamento, sistemas de irrigação projetados e a própria vegetação escolhida, dentre outros tantos que não foram abordados neste trabalho.

Enfim, pôde-se observar um maior desenvolvimento do assunto, encontrando-se maior quantidade de discussões e publicações referenciando o tema, o que pode auxiliar na extinção do círculo vicioso citado no início deste trabalho. Com mais exemplares executados, geram-se mais dados, que embasam mais estudos e estes, por sua vez, fornecem maiores detalhes para aumentar a aplicabilidade do conceito e assim sucessivamente. Isso, aliado ao incentivo de

políticas públicas direcionadas à implantação de coberturas verdes, poderá majorar ainda mais estes números, tornando o mercado mais aberto à novos investimentos e, com isso, mais novas tecnologias. Com este maior desenvolvimento e aplicação em larga escala, será possível avaliar os benefícios da cobertura verde não apenas na edificação em que se insere, mas no microclima local como um todo, tornando-a, talvez, uma ferramenta de auxílio ao combate do aquecimento global.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Construção Sustentável**. Brasília, DF, [201-?]. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/urbanismo-sustentavel/item/8059>. Acesso em: 7 set. 2014.

_____. Câmara dos Deputados. **Projeto de Lei nº 1703**, de 29 de junho de 2011. Dispõe sobre a instalação do denominado "Telhado Verde" e dá outras providências. Brasília, 2011. Disponível em: <http://www.camara.gov.br/sileg/integras/900400.pdf>. Acessado em: 19 nov. 2014.

CONSELHO BRASILEIRO DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL. **Conjunto de indicadores de sustentabilidade de empreendimentos**: uma proposta para o Brasil. São Paulo, 2011. Disponível em: <http://www.cbcs.org.br/userfiles/download/CBCS_TextoPreliminarCompleto_ConjuntoIndicadoresSustentabilidadeEmpreendimentos.pdf >. Acesso em: 19 nov. 2014.

_____. **Telhados verdes no Brasil**: parecer sobre o Projeto de Lei nº 1.703, de 2011. São Paulo, 2014. Disponível em: <http://www.cbcs.org.br/_5dotSystem/userFiles/posicionamentos/CBCS_Posicionamento_Telhados-Verdes.pdf>. Acessado em: 19 nov. 2014.

CONSELHO BRASILEIRO DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL; SINDICATO DAS EMPRESAS DE COMPRA, VENDA, LOCAÇÃO E ADMINISTRAÇÃO DE IMÓVEIS DE SÃO PAULO. **Condutas de Sustentabilidade no Setor Imobiliário Residencial**. São Paulo, [2011]. Disponível em: <http://www.cbcs.org.br/_5dotSystem/userFiles/Projeto/CBCS_Secovi_Condutas_Sustentabilidade.pdf >. Acesso em: 19 nov. 14.

DUNNETT, N; KINSBURY, N. **Planting green roofs and living walls**. Portland: Timber Press, 2004.

EARTH PLEDGE. **Green roofs**: ecological design and construction. Atglen: Schiffer Publishing, 2005.

INTERNATIONAL GREEN ROOF ASSOCIATION. **A Quick Guide do Green Roofs**. Nuertingen: Wolfgang Ansel, [20--?]. Disponível em: <http://www.igra-world.com/links_and_downloads/images_dynamic/IGRA_Green_Roof_Pocket_Guide.pdf >. Acessado em: 19 nov. 2014.

KREBS, L. F. **Coberturas vivas extensivas**: análise da utilização em projetos na região metropolitana de Porto Alegre e serra gaúcha. 2005. 181 f. Dissertação (Mestrado Profissionalizante em Engenharia) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2006.

MEDEIROS, F. R. de S. **Ecoempreendedorismo**. 2012. 42 f. Trabalho de Diplomação (Graduação em Administração) – Departamento de Ciências Administrativas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.

MINKE, G. **Techos verdes**: Planificación, ejecución, consejos prácticos. Montevideo: Fin de Siglo: 2004.

NAKAMURA, J. Coberturas vivas. **Arquitetura e Urbanismo**. São Paulo, p. 94-98, nov. 2011.

KUHN, M., PECK, S. **Design Guidelines for Green Roofs**. Ontario, [200-?]. Disponível em: <http://www.cmhc-schl.gc.ca/en/inpr/bude/himu/coedar/upload/Design-Guidelines-for-Green-Roofs.pdf>. Acessado em: 19 nov. 2014.

PORTO ALEGRE. Secretaria do Planejamento Ambiental. **Plano de Diretor de Desenvolvimento Urbano e Ambiental**. Porto Alegre, RS, 2010. Disponível em: <http://lproweb.procempa.com.br/pmpa/prefpoa/spm/usu_doc/planodiretortexto.pdf >. Acessado em: 26 jan. 2015.

_____. **Lei Complementar nº 734, de 24 de janeiro de 2014**. Porto Alegre, RS, 2014. Disponível em: < http://www2.portoalegre.rs.gov.br/cgi-bin/nph-brs?s1=000033871.DOCN.&l=20&u=/netahtml/sirel/simples.html&p=1&r=1&f=G&d=atos&SECT1=TEXT>. Acessado em 26 jan. 2015.

ROSSETI, K. de A. C. **Estudo do desempenho de coberturas verdes como estratégia passiva de condicionamento térmico nos edifícios na cidade de Cuiabá, MT**. 2009. 147 f. Dissertação (Pós-Graduação em Física Ambiental) – Instituto de Física, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá. 2009.

SATTLER, M. A.; PEREIRA, F. O. R. **Construção e Meio Ambiente**. Porto Alegre: ANTAC, 2006. Coleção Habitare, n. 7.

SNODGRASS, E. C. **Green Roof Plants**: a resource and planting guide. Portland: Timber Press, 2006.

THE INTERNATIONAL COUNCIL FOR RESEARCH AND INNOVATION IN BUILDING AND CONSTRUCTION; UNITED NATIONS ENVIRONMENTAL PROGRAMME. International Environmental Technology Centre. **Agenda 21 for Sustainable Construction in Developing Countries**: a discussion document. Pretoria: CSIR Building and Construction Technology, 2002. Disponível em: <http://www.cidb.org.za/Documents/KC/External_Publications/ext_pubs_a21_sustainable_construction.pdf>. Acesso em: 7 set. 2014.

UNITED NATIONS ENVIRONMENTAL PROGRAMME. Sustainable Buildings & Climate Initiative. **Buildings and Climate Change**: summary for decision-makers. Paris: UNEP DTIE Sustainable Consumption & Production Branch, 2009. Disponível em: <http://www.unep.org/sbci/pdfs/SBCI-BCCSummary.pdf>. Acesso em: 19 nov. 2014.

WORLD COMISSION ON ENVIRONMENT AND DEVELOPMENT. **Report of the World Comission on Environment and Development**: Our Common Future. Oxford: Oxford University Press, 1987. Disponível em: <http://www.un-documents.net/our-common-future.pdf >. Acesso em: 19 nov. 2014.

ZINCO. **Sistemas ZinCo para coberturas ecológicas**. Nuertingen: ZinCo GmbH, 2013.