

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
ESCOLA DE ENGENHARIA  
CURSO DE MESTRADO PROFISSIONALIZANTE EM ENGENHARIA**

**COBERTURAS VIVAS EXTENSIVAS: ANÁLISE DA  
UTILIZAÇÃO EM PROJETOS NA REGIÃO  
METROPOLITANA DE PORTO ALEGRE E SERRA GAÚCHA**

**Lisandra Fachinello Krebs**

Porto Alegre  
novembro 2005

**LISANDRA FACHINELLO KREBS**

**Coberturas Vivas Extensivas: Análise da Utilização em Projetos  
na Região Metropolitana de Porto Alegre e Serra Gaúcha**

Trabalho de conclusão apresentado ao Curso de Mestrado  
Profissionalizante em Engenharia da Escola de Engenharia da  
Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como parte dos  
requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia na  
modalidade Profissionalizante

Porto Alegre  
outubro 2005

K92c Krebs, Lisandra Fachinello  
Coberturas vivas extensivas : análise da utilização em projetos na  
Região Metropolitana de Porto Alegre e Serra Gaúcha / Lisandra  
Fachinello  
Krebs. – 2005.

Trabalho de Conclusão (mestrado profissional) – Universidade  
Federal  
do Rio Grande do Sul. Escola de Engenharia. Curso de Mestrado  
Profissio-  
nalizante em Engenharia. Porto Alegre, BR-RS, 2006.

Orientação : Prof. Dr. Miguel Aloysio Sattler

1. Construção civil – Aspectos ambientais. 2. Coberturas verdes.

I.

Sattler, Miguel Aloysio, orient. II. Título.

CDU-692.415(043)

**LISANDRA FACHINELLO KREBS**

**COBERTURAS VIVAS EXTENSIVAS: ANÁLISE DA  
UTILIZAÇÃO EM PROJETOS NA REGIÃO  
METROPOLITANA DE PORTO ALEGRE E SERRA GAÚCHA**

Este Trabalho de Conclusão foi julgado adequado para a obtenção do título de MESTRE EM ENGENHARIA e aprovado em sua forma final pelo professor orientador e pelo Curso de Mestrado Profissionalizante em Engenharia da Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Porto Alegre, 30 de dezembro de 2005 (da homologação)

Prof. Miguel Aloysio Sattler  
Dr. pela Universidade de Sheffield – UK  
Orientador

Prof. Carin Maria Schmitt  
Coordenadora do Curso

**BANCA EXAMINADORA**

**Prof. Beatriz Maria Fedrizzi (PPGEC – NORIE)**  
Dra. pela Swedish University of Agricultural Sciences – Suécia

**Prof. Celina Maria Britto Correa**  
Dra. pela Universidad Politecnica de Madrid – Espanha

**Prof. Glenda Pereira da Cruz**  
Dra. pela Pontifícia Universidade Católica de Porto Alegre – Brasil



Dedico este trabalho a Carlos Krebs, por todo amor e apoio durante o período de seu desenvolvimento.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço ao Prof. Dr. Miguel Sattler, orientador deste trabalho, por todas as possibilidades de aprendizado por ele proporcionadas.

Agradeço às Prof. Dr. Beatriz Fedrizzi e Dr. Carin Schmitt, por sua atenção, orientação e incentivo.

Agradeço à Prof. Dr. Celina Britto, cuja pesquisa elucidou muitos aspectos relativos ao tema, e trouxe inspiração.

Agradeço à Prof. Dr. Glenda Cruz, pelo constante aprendizado em pesquisas científicas.

Agradeço ao arquiteto MSc. Hilton Fagundes, por suas contribuições, tão válidas na elaboração deste trabalho.

Agradeço ao agrônomo MSc. Tony Backes, e ao arquiteto MSc. Júlio Cruz pelas consultorias em suas áreas.

Agradeço às agrônomas Rita Antochervis e Deise Chollet, por sua consultoria em substratos e espécies vegetais.

Agradeço a todos os entrevistados, que possibilitaram a elaboração deste trabalho.

Agradeço aos colegas que também participaram, fornecendo material gráfico.

Marco Polo descreve uma ponte, pedra por pedra.

– Mas qual é a pedra que sustenta a ponte? – pergunta Kublai Kan.

– A ponte não é sustentada por esta ou aquela pedra – responde Marco –, mas pela curva do arco que estas formam.

Kublai Kan permanece em silêncio, refletindo. Depois acrescenta:

– Por que falar das pedras? Só o arco me interessa.

Polo responde:

– Sem pedras o arco não existe.

*Trecho do livro “As Cidades Invisíveis”, de Italo Calvino*

## RESUMO

**KREBS, L.F. Coberturas Vivas Extensivas: Análise da Utilização em Projetos na Região Metropolitana de Porto Alegre e Serra Gaúcha.** Trabalho de Conclusão (Mestrado em Engenharia) – Curso de Mestrado Profissionalizante em Engenharia, Escola de Engenharia, UFRGS, Porto Alegre, 2005.

Os processos tradicionais de produção na indústria da construção civil estão entre os maiores causadores de impactos ambientais ao planeta. A transformação do ambiente natural em ambiente construído consome consideráveis volumes de recursos naturais não-renováveis, e gera também consideráveis volumes de resíduos. Pesquisas recentes, nacionais e internacionais, têm buscado alternativas construtivas que minimizem esses aspectos negativos, identificando sistemas e técnicas construtivas que diminuam o consumo destes recursos, e que prolonguem o tempo de vida útil dos materiais. As coberturas vivas representam uma opção que, juntamente com outras técnicas, possibilitam uma mudança de paradigmas projetuais. Estas coberturas são uma alternativa construtiva que oferece a possibilidade de utilização de materiais locais, apresentam comprovados benefícios térmicos e acústicos. A possibilidade de utilização de coberturas vivas nas cidades pode promover, também, ganhos na umidificação e filtragem de partículas do ar, e na suavização de um meio térmico fortemente aquecido, sobretudo onde se encontram grandes aglomerações edificadas. A bibliografia existente sobre o assunto é, em sua maioria, estrangeira. O emprego de coberturas vivas em edificações ainda é bastante incipiente no Brasil, o que gera poucos registros de exemplares para pesquisas. Por outro lado, o pouco registro de pesquisas científicas sobre essa tecnologia no Brasil também dificulta sua divulgação e maior utilização, havendo ainda muitos mitos sobre o assunto. Sendo assim, as questões técnicas de desempenho ao longo dos anos e a adaptação às variações climáticas em locais com climas sub-tropicais, como é o caso de Porto Alegre, ainda são raras para quem procura informações sobre o assunto. O trabalho pretende contribuir para verificar a possibilidade de utilização de coberturas vivas na região metropolitana de Porto Alegre e Serra Gaúcha, levantando, registrando e analisando os exemplares existentes. Analisa, também, os benefícios percebidos por profissionais e usuários com seu uso, assim como os cuidados necessários à sua construção e manutenção nestes locais.

Palavras-chave: sustentabilidade ambiental; construção civil; coberturas vivas.

## ABSTRACT

**KREBS, L.F. Coberturas Vivas Extensivas: Análise da Utilização em Projetos na Região Metropolitana de Porto Alegre e Serra Gaúcha.** Trabalho de Conclusão (Mestrado em Engenharia) – Curso de Mestrado Profissionalizante em Engenharia, Escola de Engenharia, UFRGS, Porto Alegre, 2005.

The traditional production processes in the civil construction industry are among the greatest environmental impact causers in the planet. The transformation of the natural environment into the built environment consumes considerable amounts of non-renewable natural resources and also generates a great volume of residue. Recent national and international researches have looked for constructive alternatives which could minimize these negative aspects, identifying constructive systems and techniques that could diminish these resources consumption and lengthen the materials life time. The living roofs represent an option which, along with other techniques, provide a change in the projectual paradigms. These roofs are a constructive alternative that offers the possibility of use of local materials, presents proved thermic and acoustic benefits. The possibility of use of living roofs in the cities can also promote gains in the humidification and filtration of air particules and in the smoothening of a highly warmed thermic surface, specially where there are large built gatherings. The existing bibliography about the subject is, mostly, foreign. The applying of living roofs on buildings is still incipient in Brazil, what generates few research sample records. Yet, the few records of scientific research about this technology in Brazil also makes it difficult to be disclosed and to increase its use while there are still a lot of myths about the subject. Therefore, the performance technical issues along the years and the adaptation to climate variations in sub-tropical environments, which is the case of Porto Alegre, are still rare to the ones who search for data about the subject. The study intends to contribute to verification of the living roofs applicability in the metropolitan area of Porto Alegre and in the gaúcha high-lands, retrieving data, registering and analyzing the existing samples. It also analyzes the benefits recognized by professionals and users, as well as the necessary concerns towards their construction and maintenance in these places.

Key words: environmental sustainability; civil construction; green roofs.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: esquema da casa ecológica de Sérgio Pamplona .....	21
Figura 2: cobertura viva no campus da PUC, em Porto Alegre – RS .....	22
Figura 3: residência do arquiteto Jorge Debiagi .....	23
Figura 4: Jardins Suspensos da Babilônia .....	34
Figura 5: terraço-jardim do edifício do MEC.....	35
Figura 6: esquema dos substratos de ajardinamento .....	38
Figura 7: cobertura viva extensiva .....	39
Figura 8: cobertura espontânea em Lisboa, Portugal .....	40
Figura 9: Rokko Housing II .....	41
Figura 10: Villa Mairea .....	42
Figura 11: casa Brumwell .....	42
Figura 12: casa em Stadthagen.....	42
Figura 13: casa em Portugal .....	43
Figura 14: casa de Hóspedes .....	43
Figura 15: casa em Llavaneras .....	43
Figura 16: casa Col Tetto d'Erba .....	44
Figura 17: casa em José Ignacio .....	44
Figura 18: residência em São José dos Campos .....	44
Figura 19: Curucaca Vilas de Campo .....	45
Figura 20: residência na praia do Rosa .....	45
Figura 21: residência na praia do Ouvidor .....	45
Figura 22: pousada na praia de Imbituba .....	46
Figura 23: resfriamento do entorno por massas vegetais em meio urbano .....	48
Figura 24: zona central de Porto Alegre .....	49
Figura 25: camadas que compõem uma cobertura viva extensiva genérica.....	53
Figura 26: cobertura viva excessivamente crescida .....	59
Figura 27: barreiras mecânicas para evitar o deslizamento do substrato .....	65
Figura 28: colchão (ou tela tridimensional) anti-deslizante, abaixo do substrato .....	65
Figura 29: telhado de torrões de turfa .....	66
Figura 30: coberturas de grama com 45° de inclinação em Siegen-Oberscheiden, Alemanha.....	66
Figura 31: corte esquemático da Edificação 1 no bairro Assunção .....	73

Figura 32: grama sobre as lajes entre vigas .....	74
Figura 33: calha de concreto impermeabilizada .....	75
Figura 34: calha anterior à cobertura viva .....	75
Figura 35: calha posterior à cobertura viva .....	76
Figura 36: continuação do jardim pela cobertura, vista da fachada .....	77
Figura 37: grama original fotografada em 2003, antes da reforma .....	78
Figura 38: vista geral da casa, pelo acesso principal .....	80
Figura 39: amarras com cinta de ferro e parafusos .....	80
Figura 40: tesouras de ripas de eucalipto .....	81
Figura 41: alpendre com toras e tábuas .....	81
Figura 42: infiltração no interior da casa .....	82
Figura 43: grama sobre a cobertura .....	83
Figura 44: detalhe construtivo da cobertura .....	85
Figura 45: cobertura viva sob suporte aparente .....	86
Figura 46: infiltração na cobertura .....	87
Figura 47: saída do dreno .....	87
Figura 48: recortes da manta nas bordas .....	88
Figura 49: sobreposição da manta .....	88
Figura 50: “Ecotelha” .....	90
Figura 51: “Ecotelhado” alguns dias após sua montagem no local .....	91
Figura 52: “Ecotelhado” cinco meses após sua montagem .....	92
Figura 53: bandeja metálica segurando o conjunto .....	92
Figura 54: bandejas preenchidas com pedras, próximo à parede .....	92
Figura 55: especies vegetais utilizadas no “Ecotelhado” .....	94
Figura 56: calha impermeabilizada .....	95
Figura 57: calha e pluvial .....	95
Figura 58: detalhe construtivo da cobertura .....	97
Figura 59: croqui da elevação da cabana protótipo .....	98
Figura 60: croqui da planta baixa da cabana protótipo .....	98
Figura 61: madeiramento da estrutura do telhado .....	98
Figura 62: forro interno em <i>Lyptus</i> .....	99
Figura 63: detalhe das paredes em aglomerado OSB .....	99
Figura 64: inclinação de 30° dos telhados vivos .....	99
Figura 65: inclinação de 60° dos telhados em madeira .....	100

Figura 66: inclinação de 60° dos telhados em madeira .....	100
Figura 67: PEAD sem emendas .....	100
Figura 68: ralo de escoamento .....	101
Figura 69: escoamento da calha .....	101
Figura 70: calha metálica .....	101
Figura 71: calha pronta .....	101
Figura 72: ventilador eólico e iluminação zenital .....	102
Figura 73: incidência solar .....	102
Figura 74: cobertura com sombras .....	102
Figura 75: diferenças de espécies .....	103
Figura 76: cobertura florida .....	103
Figura 77: plantio das espécies vegetais testadas .....	103
Figura 78: vegetação na cobertura em junho de 2005.....	104
Figura 79: detalhe esquemático da cobertura viva .....	106
Figura 80: cobertura viva em junho de 2005 .....	107
Figura 81: estruturação do telhado .....	108
Figura 82: beiral inferior .....	108
Figura 83: beiral superior .....	108
Figura 84: estrutura espinha-de-peixe .....	109
Figura 85: sarrafo prendendo o PEAD .....	109
Figura 86: dreno .....	109
Figura 87: escoamento da água do telhado por dentro da viga .....	111
Figura 88: filtro de tela na boca do tubo de escoamento de Ø 100mm .....	110
Figura 89: ajardinamento da cobertura em junho de 2004 .....	110
Figura 90: ajardinamento da cobertura em junho de 2004 .....	110
Figura 91: desenvolvimento das espécies vegetais após um ano de seu plantio .....	111
Figura 92: desenvolvimento das espécies vegetais após um ano de seu plantio .....	111
Figura 93: esquema da composição do telhado .....	113
Figura 94: maquete do empreendimento .....	114
Figura 95: cobertura viva inclinada com coletor solar .....	115
Figura 96: forno/lareira no sótão, abaixo da cobertura.....	115
Figura 97: chapas de OSB sobre caibros .....	115
Figura 98: chapas de OSB sobre caibros .....	115
Figura 99: geo-membrana .....	116



Figura 100: geo-membrana .....	116
Figura 101: perfurações da geo-membrana .....	116
Figura 102: geo-membrana sob a terra .....	117
Figura 103: calha pronta .....	117
Figura 104: detalhe da canalização pluvial externa .....	117
Figura 105: descida do pluvial pela fachada .....	117
Figura 106: gramíneas e suculentas .....	118
Figura 107: vista das coberturas inclinadas .....	118
Figura 108: gramíneas formando um tapete .....	118
Figura 109: ampliação parcial do corte da cobertura .....	120
Figura 110: corte transversal da cobertura .....	121
Figura 111: imagem da cobertura orientada para sul .....	122
Figura 112: imagem da cobertura orientada para sul .....	122
Figura 113: imagem da cobertura orientada para norte .....	122
Figura 114: imagem da cobertura orientada para norte .....	122
Figura 115: calha na orientação sul .....	123
Figura 116: cobertura fotografada em 2005, já sem a cobertura de grama .....	125
Figura 117: a cobertura, ainda com grama, excessivamente cortada .....	126
Figura 118: cobertura fotografada em 2005, com a manta ardosiada .....	126
Figura 119: ralo, escondido sob a vegetação .....	127
Figura 120: camada de brita na calha .....	127
Figura 121: hera se espalhando pela manta .....	127
Figura 122: volume anexo coberto por hera .....	127
Figura 123: horta sobre a cobertura plana .....	128
Figura 124: horta sobre a cobertura plana .....	128
Figura 125: horta sobre a cobertura plana .....	128
Figura 126: horta sobre a cobertura plana .....	128
Figura 127: detalhe construtivo da cobertura .....	130
Figura 128: croqui da estrutura da edificação .....	130
Figura 129: cobertura do Centro de Convívio em setembro de 2005.....	131
Figura 130: estrutura da cobertura viva .....	132
Figura 131: ácido bórico sendo borrifado no bambú .....	132
Figura 132: colocação da lona e da camada de areia.....	132
Figura 133: camada de areia pronta para receber a manta de PEAD .....	132

Figura 134: leivas sendo retiradas do local .....	133
Figura 135: leivas de grama prontas para serem colocadas na cobertura.....	133
Figura 136: camada de brita para receber as águas residuais da cobertura .....	134
Figura 137: cobertura finalizada, em março de 2004 .....	134
Figura 138: esquema da posição do tubo perfurado, em planta baixa e corte, respectivamente .....	144
Figura 140: esquema compositivo da cobertura viva empregada no projeto da Escola Técnica, no município de Feliz-RS .....	176

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1: resumo dos dados da cobertura viva (genérica).....	40
Quadro 2: quantificação dos exemplares por seus usos e carâteres (exemplo).....	40
Quadro 3: quantificação do número de projetos com coberturas vivas realizados pelos autores de projeto (exemplo).....	40
Quadro 4: dados da Rokko Housing II.....	41
Quadro 5: dados da Villa Mairea .....	42
Quadro 6: dados da casa Brumwell .....	42
Quadro 7: dados da casa em Stadthagen.....	42
Quadro 8: dados da casa em Portugal .....	43
Quadro 9: dados da casa de Hóspedes .....	43
Quadro 10: casa em Llavaneras .....	43
Quadro 11: dados da Casa Col Tetto D`Erba .....	44
Quadro 12: dados da casa em José Ignacio .....	44
Quadro 13: dados da residência em São José dos Campos .....	44
Quadro 14: dados da Curucaca Vilas de Campo .....	45
Quadro 15: dados da residência na Praia do Rosa .....	45
Quadro 16: dados da residência na Praia do Ouvidor .....	45
Quadro 17: dados da pousada na Praia de Imbituba .....	46
Quadro 18: espécies vegetais indicadas para uso em coberturas vivas no RS .....	63
Quadro 19: resumo dos dados da cobertura viva da Residência 1 no bairro Assunção ...	73
Quadro 20: resumo dos dados da cobertura viva no Assentamento Belo Monte .....	79
Quadro 21: resumo dos dados da cobertura viva da Casa de Sofia .....	84
Quadro 22: resumo dos dados da cobertura viva no bairro Moinhos de Vento .....	89
Quadro 23: resumo dos dados das coberturas vivas na Pousada Villa Flor .....	96
Quadro 24: resumo dos dados das coberturas vivas na Residência Unifamiliar em Nova Petrópolis .....	105
Quadro 25: resumo dos dados das coberturas vivas do condomínio horizontal Ecoovila	112
Quadro 26: resumo dos dados da cobertura viva da sede da ARCOO .....	119
Quadro 27: resumo dos dados da cobertura viva da Residência 2 no bairro Assunção ...	124
Quadro 28: resumo dos dados da cobertura viva no assentamento Filhos de Sepé .....	129
Quadro 29: quantificação dos exemplares por seus usos e carâteres .....	136
Quadro 30: quantificação dos exemplares por ambiente onde está a cobertura viva .....	136
Quadro 31: quantificação dos exemplares pelo caráter da cobertura .....	137

Quadro 32: quantificação dos exemplares por suas datas de construção .....	138
Quadro 33: tempo de execução da cobertura viva por obra levantada .....	139
Quadro 34: orientações solares das coberturas.....	140
Quadro 35: cargas permanentes (por m <sup>2</sup> ) estimadas por cobertura.....	142
Quadro 36: tipos de impermeabilização empregados .....	144
Quadro 37: espécies vegetais empregadas nas obras, além das descritas por Toni Backes .....	150
Quadro 38: aspecto da vegetação (por observação na visita) .....	152
Quadro 39: manutenções realizadas nas coberturas .....	153
Quadro 40: outras utilizações dadas às coberturas .....	154
Quadro 41: agrupamento das datas do primeiro projeto de cobertura viva, com autoria dos entrevistados .....	156
Quadro 42: quantificação do número de projetos com coberturas vivas, realizados pelos entrevistados .....	156
Quadro 43: principais vantagens com o uso de coberturas vivas, descritas pelos entrevistados .....	156
Quadro 44: principais dificuldades com o uso de coberturas vivas, descritas pelos entrevistados .....	158
Quadro 45: estimativa de custo de materiais de uma cobertura convencional, com telhas francesas e estrutura de madeira, por metro quadrado .....	179
Quadro 46: estimativa de custo de materiais de uma cobertura viva, com estrutura de madeira, por metro quadrado .....	179
Quadro 47: resumo dos principais dados climáticos de Porto Alegre .....	178
Quadro 48: resumo dos principais dados climáticos de Farroupilha .....	178

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	19
<b>2 METODOLOGIA DE PESQUISA</b> .....	25
2.1 OBJETIVOS.....	25
<b>2.1.1 Objetivo Principal</b> .....	25
<b>2.1.2 Objetivos Secundários</b> .....	25
2.2 DELIMITAÇÕES.....	26
2.3 MÉTODO .....	26
<b>2.3.1 Revisão Bibliográfica</b> .....	27
<b>2.3.2 Elaboração das Entrevistas Semi-Estruturadas</b> .....	27
<b>2.3.3 Tópicos de Estudo</b> .....	28
a) <i>Tópico 1: Experiência Profissional com Coberturas Vivas nos Locais Pesquisados</i> .....	28
b) <i>Tópico 2: Materiais e Técnicas Construtivas Empregados</i> .....	29
c) <i>Tópico 3: Vantagens Percebidas com o Uso de Coberturas Vivas</i> .....	29
d) <i>Tópico 4: Problemas Encontrados com o Uso de Coberturas Vivas</i> .....	29
<b>2.3.4 Identificação das Obras com Coberturas Vivas</b> .....	30
<b>2.3.5 Observação das Edificações, Realização das Entrevistas e Registro Fotográfico</b> .....	30
<b>2.3.6 Análise e Interpretação dos Dados</b> .....	31
<b>2.3.7 Conclusões</b> .....	32
<b>3 CARACTERÍSTICAS DAS COBERTURAS VIVAS</b> .....	34
3.1 DEFINIÇÃO DE COBERTURAS VIVAS E BREVE HISTÓRICO .....	34
3.2 CLASSIFICAÇÃO DAS COBERTURAS VIVAS .....	37
<b>3.2.1 Coberturas Vivas Intensivas</b> .....	38
<b>3.2.2 Coberturas Vivas Extensivas</b> .....	39
3.3 PROJETOS CONTEMPORÂNEOS COM COBERTURAS VIVAS EXTENSIVAS.....	41
3.4 BENEFÍCIOS.....	46
<b>3.4.1 Aspectos Psicológicos Relacionados ao Uso de Vegetação em Meios Urbanos</b> .....	47
<b>3.4.2 Comportamento Térmico</b> .....	48
a) Microclima.....	48
b) Dia e Noite.....	49

c) Inverno e Verão.....	50
d) Proteção Térmica das Superfícies.....	51
<b>3.4.3 Economia de Pluviais.....</b>	<b>52</b>
<b>4 REQUISITOS NECESSÁRIOS ÀS COBERTURAS VIVAS .....</b>	<b>53</b>
4.1 REQUISITOS RELATIVOS AO PROJETO.....	53
<b>4.1.1 Composição Construtiva das Coberturas Vivas Extensivas.....</b>	<b>53</b>
a) Impermeabilização.....	54
b) Membrana Resistente às Raízes .....	56
c) Substrato com Efeito de Drenagem Aumentado (ou Camada Drenante).....	57
d) Camada Filtrante.....	57
e) Substrato Vegetal.....	58
f) Vegetação.....	60
<b>4.1.2 Altura da Cobertura e Orientação Solar.....</b>	<b>61</b>
<b>4.1.3 Influência da Inclinação.....</b>	<b>64</b>
<b>4.1.4 Influência das Cargas.....</b>	<b>66</b>
<b>4.1.5 Outras Recomendações de Projeto.....</b>	<b>68</b>
4.2 REQUISITOS RELATIVOS À EXECUÇÃO.....	69
4.3 RELATIVOS À MANUTENÇÃO.....	69
<b>4.3.1 Irrigação.....</b>	<b>70</b>
<b>4.3.2 Podas.....</b>	<b>70</b>
<b>4.3.3 Outras Utilizações da Cobertura.....</b>	<b>71</b>
<b>5 APRESENTAÇÃO DAS OBRAS LEVANTADAS.....</b>	<b>72</b>
5.1 RESIDÊNCIA 1 NO BAIRRO ASSUNÇÃO – PORTO ALEGRE – RS.....	72
<b>5.1.1 Dados da Edificação e da Cobertura Viva.....</b>	<b>72</b>
<b>5.1.2 Composição e Descrição da Cobertura Viva.....</b>	<b>73</b>
5.2 RESIDÊNCIA NO ASSENTAMENTO BELO MONTE – ELDORADO DO SUL – RS.....	79
<b>5.2.1 Dados da Edificação e da Cobertura Viva .....</b>	<b>79</b>
<b>5.2.2 Composição e Descrição da Cobertura Viva.....</b>	<b>80</b>
5.3 ANEXO NA CASA DE SOFIA – PORTO ALEGRE – RS.....	84
<b>5.3.1 Dados da Edificação e da Cobertura Viva.....</b>	<b>84</b>
<b>5.3.2 Composição e Descrição da Cobertura Viva.....</b>	<b>85</b>
5.4 COBERTURA NO BAIRRO MOINHOS DE VENTO – PORTO ALEGRE – RS..	89
<b>5.4.1 Dados da Edificação e da Cobertura Viva.....</b>	<b>89</b>

<b>5.4.2 Composição e Descrição da Cobertura Viva.....</b>	90
5.5 POUSADA VILLA FLOR – NOVA PETRÓPOLIS – RS.....	96
<b>5.5.1 Dados da Edificação e da Cobertura Viva.....</b>	96
<b>5.5.2 Composição e Descrição da Cobertura Viva.....</b>	96
5.6 RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR EM NOVA PETRÓPOLIS – RS.....	105
<b>5.6.1 Dados da Edificação e da Cobertura Viva.....</b>	105
<b>5.6.2 Composição e Descrição da Cobertura Viva.....</b>	106
5.7 CONDOMÍNIO HORIZONTAL ECOOVILA I – PORTO ALEGRE – RS.....	112
<b>5.7.1 Dados da Edificação e da Cobertura Viva.....</b>	112
<b>5.7.2 Composição e Descrição da Cobertura Viva.....</b>	113
5.8 SEDE DA ARCOO – BAIRRO VILA NOVA – PORTO ALEGRE – RS.....	119
<b>5.8.1 Dados da Edificação e da Cobertura Viva.....</b>	119
<b>5.8.2 Composição e Descrição da Cobertura Viva.....</b>	120
5.9 RESIDÊNCIA 2 NO BAIRRO ASSUNÇÃO – PORTO ALEGRE – RS.....	124
<b>5.9.1 Dados da Edificação e da Cobertura Viva.....</b>	124
<b>5.9.2 Composição e Descrição da Cobertura Viva.....</b>	125
5.10 RESIDÊNCIA NO ASSENTAMENTO DO MST FILHOS DE SEPÉ – VIAMÃO – RS.....	129
<b>5.10.1 Dados da Edificação e da Cobertura Viva.....</b>	129
<b>5.10.2 Composição e Descrição da Cobertura Viva.....</b>	130
<b>6 ANÁLISES.....</b>	135
6.1 ANÁLISES DAS INFORMAÇÕES COLETADAS NAS OBRAS.....	135
<b>6.1.1 Dados das Edificações e das Coberturas Vivas .....</b>	135
a) Usos.....	136
b) Ambiente.....	136
c) Caráter.....	137
d) Data da Construção da Cobertura Viva .....	138
e) Tempo de Construção da Cobertura Viva .....	139
f) Orientação Solar .....	140
g) Peso Estimado Sobre a Estrutura .....	141
h) Drenagem .....	143
i) Impermeabilização da Estrutura .....	144
j) Substrato Vegetal .....	146
▪ <i>Composição do Substrato, Altura e e Inclinação .....</i>	146

▪ <i>Substrato e Camada Filtrante</i> .....	149
k) Espécies Vegetais Empregadas.....	150
<b>6.1.3 Dados de Manutenção das Coberturas</b> .....	151
a) Substituição das Espécies Vegetais .....	152
b) Aspecto da Vegetação na Visita ao Local .....	152
c) Tipo de Manutenção Realizada .....	153
d) Outras Utilizações da Cobertura .....	154
<b>6.2 ANÁLISES DAS INFORMAÇÕES COLETADAS NAS ENTREVISTAS</b> .....	155
<b>6.2.1 Respostas Fornecidas por Autores de Projeto</b> .....	155
a) Data da Primeira Obra com Cobertura Viva Extensiva.....	156
b) Número de Obras Executadas com Cobertura Viva Extensiva.....	156
c) Descrição de Vantagens Percebidas com o Uso de Coberturas Vivas .....	156
d) Descrição de Dificuldades Encontradas com o Uso de Coberturas Vivas .....	158
e) Verificação de Cuidados Necessários Durante o Projeto .....	160
f) Verificação de Cuidados Necessários Durante a Execução .....	163
g) Verificação da Necessidade e Frequência de Manutenção .....	167
h) Outros Comentários .....	167
<b>6.2.2 Respostas Fornecidas por Usuários</b> .....	165
a) Descrição de Vantagens Percebidas com o Uso de Coberturas Vivas .....	165
b) Descrição de Dificuldades Encontradas com o Uso de Coberturas Vivas .....	166
c) Verificação da Necessidade e Frequência de Manutenção .....	167
6.2.2.4 Outros Comentários .....	168
<b>7 CONCLUSÕES</b> .....	168
7.1 SOBRE AS ANÁLISES DAS OBRAS LEVANTADAS E DAS ENTREVISTAS..	168
7.2 SUGESTÕES DE INVESTIGAÇÕES FUTURAS .....	171
REFERÊNCIAS .....	173
APÊNDICE A –ESTIMATIVA COMPARATIVA DE CUSTOS DE IMPLEMENTAÇÃO (MATERIAIS).....	176
ANEXO A – RESUMO DAS CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS DAS REGIÕES ESTUDADAS .....	178



## 1 INTRODUÇÃO

Quando surgem novas áreas construídas, quando a desertificação da terra avança mais e mudanças no clima global preocupam, todas as possibilidades de reverter estes efeitos devem ser consideradas e aproveitadas.

Instituições e pesquisadores da área da construção civil, em nível internacional, têm se preocupado com os impactos causados pela transformação do ambiente natural em ambiente construído. É cada vez maior o número de informações sobre os impactos ambientais resultantes dos procedimentos tradicionalmente adotados em atividades da indústria da construção, em diversos países.

Os projetos arquitetônicos, via de regra, não prevêm os impactos ecológicos, a médio e longo prazo, resultantes de sua construção. O emprego de tecnologias elaboradas e materiais caros, além do retorno esperado dos empreendimentos imobiliários, são prioritários às questões ambientais que, invariavelmente, estão envolvidas neste processo. O resultado disso são agressões ecológicas, que esgotam os recursos naturais, contribuindo para o comprometimento do equilíbrio ambiental.

A tradução da Agenda 21 (PCC–USP, 2000) para a língua portuguesa, serve como um alerta a todos os setores da Indústria da Construção Civil, dos problemas ambientais com que interagem. Aponta, também, para a urgência em se implementar ações eficazes para preveni-los e combatê-los. Os estudos que constam da publicação servem, ainda, como orientação para a formulação de diretrizes, normativas e soluções, buscando uma construção mais ambientalmente sustentável.

Buscando aprofundar os estudos sobre tais impactos, a Linha de Pesquisa em Edificações e Comunidades Sustentáveis do NORIE, criada em 1995, têm orientado suas atividades para:

- a) sustentabilidade urbana;
- b) materiais, componentes e sistemas construtivos mais sustentáveis;
- c) gestão mais sustentável de água, energia e resíduos.

Pesquisadores de diversas partes do planeta têm buscado, principalmente ao longo dos últimos trinta anos, alternativas construtivas que minimizem o uso de recursos naturais não-renováveis. Aliando conhecimentos técnicos aos conceitos de sustentabilidade ambiental, grupos de arquitetos e engenheiros vêm traçando diretrizes em sua produção, que valorizem também o uso de materiais e técnicas locais, identificadas com a cultura da região onde se dará a materialização dos projetos desenvolvidos. Buscam, também, o emprego de sistemas e técnicas construtivas que diminuam o consumo ou que prolonguem o tempo de vida útil dos materiais.

Desta maneira, busca-se trazer para a construção civil o compromisso com uma linguagem arquitetônica econômica e sustentável, desde o planejamento até a pós-ocupação das edificações. Dentro deste contexto, a especificação de materiais mais sustentáveis assume um papel fundamental.

As coberturas vivas representam uma opção que, juntamente com tantas outras técnicas, compõem uma efetiva possibilidade de mudança de paradigmas projetuais. Essas coberturas podem também ser chamadas de coberturas verdes, telhados vivos, telhados de grama, coberturas verdes ou coberturas ecológicas, entre outros nomes.

Estas coberturas são, também, uma alternativa construtiva que oferece a possibilidade de utilização de materiais locais, apresentam comprovados benefícios térmicos e acústicos. Possuem, no entanto, poucos registros na literatura técnica sobre sua utilização e desempenho em edificações no Brasil.

A possibilidade de utilização de coberturas vivas nas cidades pode promover ganhos na umidificação do ar, e na suavização de um meio térmico fortemente aquecido, sobretudo onde se encontram grandes aglomerações edificadas. A vegetação promove, ainda, uma filtragem de material particulado e gases nocivos à saúde humana.

Outra vantagem desse tipo de cobertura é o isolamento térmico proporcionado. Em palestra sobre coberturas vivas, Minke (informação verbal)<sup>1</sup>, exemplificou esse isolamento apresentando dados de análise em uma residência em Dusseldorf, Alemanha, onde a diferença no inverno entre a temperatura externa e interna chegava a 14°C. Em nosso clima, no Sul do

---

<sup>1</sup> Minke, em 2003, realizou uma palestra sobre Construções em Adobe e Coberturas Vivas, no Instituto Goethe, em Porto Alegre – RS.

Brasil, esse isolamento é benéfico tanto para inverno (deixando o interior mais aquecido), quanto no verão (deixando o interior mais fresco).

Em relação à manutenção, Minke (2004) sugere que este tipo de cobertura, se bem executado, não necessita manutenção por cerca de trinta anos. Para tal, deve-se ter alguns cuidados em projeto, sobretudo na localização de eventuais chaminés, e também deve-se manter a vegetação sem cortes excessivos, para manter seu equilíbrio.

No Brasil, alguns projetos recentes têm empregado esta técnica construtiva em diferentes localidades. Um exemplo é o projeto da residência do arquiteto Sérgio Pamplona, na cidade de Brasília, DF. Sua casa possui telhado de grama sobre a varanda e parte do serviço (figura 1). Junto da grama pôde-se, ainda, plantar pequenas flores e mato nativo.

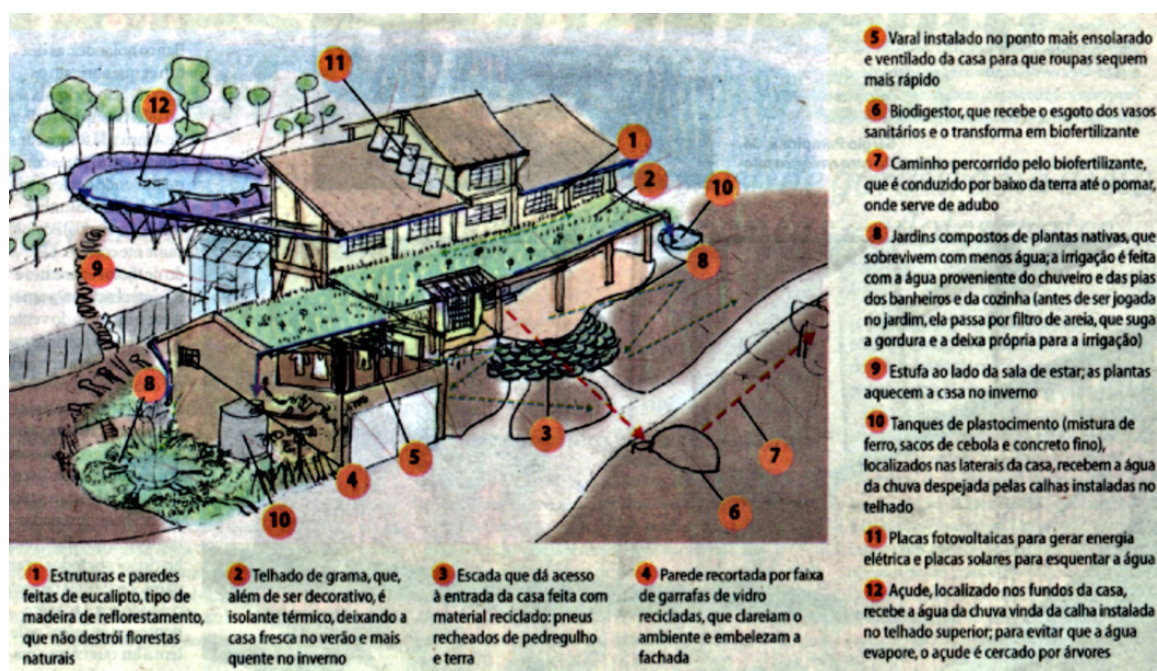


Figura 1: esquema da casa ecológica de Sérgio Pamplona (GRECCO, 2004)

A literatura existente sobre o assunto é, em sua maioria, estrangeira. O emprego de coberturas vivas em edificações ainda é bastante incipiente no Brasil, o que gera poucos registros de exemplares para pesquisas. Por outro lado, o pouco registro de pesquisas científicas sobre essa tecnologia no Brasil também dificulta sua divulgação e maior utilização, havendo ainda muita resistência à sua utilização. Assim, as questões técnicas, como o desempenho ao longo dos

anos e a adaptação às variações climáticas, em locais com climas sub-tropicais, como é o caso de Porto Alegre, ainda são raras para quem procura informações sobre o assunto.

Em Porto Alegre, recentemente, a Pontifícia Universidade Católica (PUC), construiu um estádio olímpico sobre seu mais recente estacionamento. A grama da cobertura plana (figura 2) é mantida através de irrigação, e também aparada (cobertura viva do tipo intensivo). A drenagem da água pluvial se dá através de coletores (drenos, com canalização sob a laje do estacionamento), e de gárgulas, que encaminham a água para uma vala externa, que a recolhe.



Figura 2: cobertura viva no campus da PUC, em Porto Alegre - RS

O mais antigo (que se tenha registro) e conhecido exemplo de uso de cobertura viva na cidade, no entanto, é o da residência do arquiteto Jorge Debiagi, localizada no bairro Assunção. Construída na década de setenta, a casa é também o escritório do arquiteto, e possui parte do telhado em grama, sobre estrutura de concreto armado (figura 3).





Figura 3: residência do arquiteto Jorge Debiagi

Esta pesquisa investiga a utilização de coberturas vivas do tipo extensivo (com mínima ou nenhuma manutenção), na região metropolitana de Porto Alegre, e também na região da serra gaúcha – mais precisamente na cidade de Nova Petrópolis. A partir de indicações dadas por autores de projeto, descobriu-se, ao longo da pesquisa, novos exemplares, que foram acrescentados ao número inicial de obras.

Devido ao inexpressivo número de obras utilizando esta técnica construtiva, comparativamente às técnicas tradicionais, não há registros destas obras, categorizando-as, em nenhum órgão como CREA, Instituto dos Arquitetos do Brasil, Prefeituras, ou quaisquer outros. Por este motivo, se fez tão importante entrevistar o máximo de pessoas envolvidas com o tema, autores de projeto e usuários das edificações com coberturas vivas.

Com o levantamento de dez exemplares de edificações com coberturas vivas extensivas, pôde-se conhecer mais do universo do tema pesquisado. Foram conhecidos os materiais empregados, as técnicas construtivas utilizadas, os benefícios percebidos pelos autores de projeto e usuários (ambos entrevistados), assim como as dificuldades encontradas pelos mesmos. As dificuldades e os problemas enfrentados em cada obra são ilustrados, o que permite ao leitor conhecê-los de perto. O levantamento fotográfico possibilita, também, que o

leitor conheça as linguagens arquitetônicas dos projetos e o estado da vegetação durante a visita ao local.

A revisão bibliográfica, apesar de acontecer ao longo de toda a pesquisa, teve sua maior importância no início do trabalho, quando foram conhecidos os aspectos relevantes ao tema estudado. A partir daí, em cada exemplar levantado, conhecia-se o principal a ser observado, devido à pesquisa prévia sobre as coberturas. Posterior aos levantamentos, a etapa de análises comparou os dados da bibliografia consultada com aqueles recolhidos nas coberturas estudadas, indicando semelhanças e diferenças.

As conclusões apontam a necessidade de se experimentar e pesquisar mais as coberturas vivas extensivas, para que sua utilização se torne cada vez mais massiva. As vantagens são muitas, em diferentes âmbitos (conforto no interior da edificação, baixo custo de manutenção, etc.) e os problemas solucionáveis, pelo que se pôde ver, dentro da seleção de exemplares pesquisada.

## 2 METODOLOGIA DE PESQUISA

Neste capítulo está descrita a metodologia de pesquisa que foi utilizada para o desenvolvimento do trabalho, através de seus objetivos (principal e secundários), suas delimitações e método. Este último é detalhado, explicando como cada ítem foi desenvolvido, desde a revisão bibliográfica, passando pela identificação e seleção das obras com coberturas vivas extensivas, levantamentos e registro das mesmas, e análise dos dados, até chegar, por fim, à elaboração das conclusões.

### 2.1 OBJETIVOS

As pesquisas exploratórias, segundo Gil (1996) apud Selltiz *et al.* (1967), têm como objetivo proporcionar maior familiaridade com o tema pesquisado, a fim de torná-lo mais explícito ou construir hipóteses. Devem, também, possibilitar a consideração dos mais variados aspectos relativos ao fato estudado. Os objetivos deste trabalho estão divididos em objetivo principal e objetivos secundários, conforme detalhado nos próximos ítems.

#### 2.1.1 Objetivo Principal

Tendo em vista a carência de dados científicos disponíveis nos meios profissionais e acadêmicos sobre o assunto, a pesquisa busca **analisar as experiências de utilização de coberturas vivas extensivas, na região metropolitana de Porto Alegre e na Serra Gaúcha.**

#### 2.1.2 Objetivos Secundários

Os objetivos secundários estabelecidos para este trabalho são:

- a) identificar as tipologias, materiais e técnicas construtivas empregados;

- b) estabelecer uma comparação teórico-prática, a partir da comparação das expectativas dos profissionais com as dos usuários das edificações;
- c) identificar as espécies vegetais utilizadas, e as com melhor desempenho nestas coberturas, nos locais levantados;
- d) contribuir para a formação de um banco de dados sobre coberturas vivas, a partir de dados da região metropolitana de Porto Alegre e da Serra Gaúcha.

## 2.2 DELIMITAÇÕES

O levantamento de obras utilizando coberturas vivas refere-se ao tipo extensivo, intencionalmente projetado – excluindo, portanto, vegetações de crescimento espontâneo em coberturas convencionais de cerâmica ou outros.

Para efeito de estudo, fez-se necessário uma delimitação de local e tempo. Para tanto, a pesquisa de campo ateuve-se a obras existentes na região metropolitana de Porto Alegre e Serra Gaúcha, executadas a partir de 1970.

A seleção de obras e entrevistas apresentadas abrange a quase totalidade de exemplares que utilizam a técnica de coberturas vivas, do tipo extensivo, identificadas nas regiões incluídas no estudo. Inicialmente, a localização geográfica a ser pesquisada incluía apenas a região metropolitana de Porto Alegre. Com o decorrer das entrevistas, no entanto, foram sendo indicadas outras obras, recentemente construídas, localizadas na Serra Gaúcha. Devido ao número considerável de obras (dentro da reduzida seleção), e a suas características climáticas (frio rigoroso, geada e ventos fortes no inverno), a Serra Gaúcha foi incluída no estudo.

## 2.3 MÉTODO

No desenvolvimento da pesquisa foi realizada a análise de bibliografia existente sobre o assunto estudado, a observação das obras *in loco*, com respectivas entrevistas e registro fotográfico, além de documentos fornecidos pelos entrevistados. Quando a visita às obras de autor de projeto não se fez possível, a observação foi realizada, além da entrevista em si, a partir de material gráfico e fotográfico fornecido. Também foram registradas, e posteriormente analisadas, entrevistas feitas com usuários (residentes ou não), das edificações com coberturas vivas.



### **2.3.1 Revisão Bibliográfica**

A revisão bibliográfica identificou, inicialmente, o material existente sobre coberturas vivas em geral, focalizando, em seguida, as do tipo extensivo. Sobre este tipo, em particular, levantou-se dados como sua composição, os benefícios proporcionados pelo seu uso e os requisitos necessários à sua construção. Esta etapa deu-se ao longo de toda a pesquisa. As características climáticas das regiões estudadas – região metropolitana de Porto Alegre e Serra Gaúcha – foram também levantadas, e encontram-se no anexo A.

### **2.3.2 Elaboração das Entrevistas Semi-Estruturadas**

Paralelamente à fase inicial da Revisão Bibliográfica, deu-se a elaboração das entrevistas, a serem realizadas junto aos autores de projetos (arquitetos ou engenheiros), e usuários (residentes ou não). As perguntas foram baseadas em ítems considerados relevantes, segundo a bibliografia consultada, deixando um item final para observações em geral, a serem feitas pelo entrevistado. Os modelos de entrevista são praticamente idênticos, a fim de possibilitar a comparação das respostas fornecidas por autores de projeto com aquelas fornecidas por usuários. A seguir, são demonstrados os modelos de entrevista:

#### a) MODELO DE ENTREVISTA COM AUTOR DE PROJETO (TÓPICOS)

1. Categoria Perante o CREA;
2. Data da Entrevista;
3. Quando Começou a Trabalhar com Coberturas Vivas Extensivas;
4. Número de Obras Executadas com Coberturas Vivas Extensivas;
5. Materiais e Técnicas Construtivas Empregados em Sua Experiência com Coberturas Vivas Extensivas;
6. Descrição de Vantagens Percebidas Com o Uso de Coberturas Vivas Extensivas;
7. Descrição de Problemas Encontrados Com o Uso de Coberturas Vivas Extensivas;
8. Verificação de Cuidados Necessários Durante o Projeto;
9. Verificação de Cuidados Necessários Durante a Construção;

10. Verificação da Necessidade e Frequência de Manutenção;
11. Estimativa de Custos;
12. Outros Comentários.

#### b) MODELO DE ENTREVISTA COM USUÁRIO (TÓPICOS)

1. Identificação;
2. Data da Entrevista;
3. Tipologia da Edificação;
4. Data de Início da Obra;
5. Duração da Construção da Cobertura Viva;
6. Data de Início da Utilização da Edificação;
7. Orientação Solar;
8. Materiais e Técnicas Construtivas Empregados;
9. Descrição de Vantagens Percebidas Com o Uso da Cobertura Viva;
10. Descrição de Problemas Encontrados Com o Uso da Cobertura Viva;
11. Verificação da Necessidade e Frequência de Manutenção;
12. Outros Comentários.

### 2.3.3 Tópicos de Estudo

Após elencar os principais aspectos relacionados ao projeto, execução e manutenção de coberturas vivas extensivas, surgiu a necessidade de conhecer as variáveis de estudo que pudessem descrever as coberturas vivas em questão. Estas variáveis são expressas por tópicos, que cruzam dados provenientes da revisão bibliográfica, com dados considerados próprios à visão dos dois grupos envolvidos na pesquisa (projetistas e usuários), além daqueles provenientes da observação *in loco*.

#### *a) Tópico 1: Experiência Profissional com Coberturas Vivas nos Locais Pesquisados*

A primeira variável de estudo foi conhecer a experiência dos profissionais (autores de projeto) com a técnica construtiva. Para isto, foram elaboradas perguntas sobre o número de obras e os

anos de experiência construindo coberturas vivas. Outra variável relativa a este tópico é o tipo de edificação onde foi experimentada esta cobertura, quantificando-se a porcentagem residencial, a comercial, e identificando outros usos onde a técnica foi empregada.

*b) Tópico 2: Materiais e Técnicas Construtivas Empregados*

Dentro deste tópico, busca-se, através da identificação dos materiais e técnicas construtivas existentes nas regiões estudadas, traçar uma comparação com a bibliografia, verificando se há itens descritos que não se encontram no mercado brasileiro. Em havendo esta diferença, é importante identificar que materiais foram utilizados, no lugar daqueles indicados pela bibliografia, e quais foram as implicações destas substituições, para as coberturas.

*c) Tópico 3: Vantagens Percebidas com o Uso de Coberturas Vivas*

Neste tópico primeiramente se buscou elencar quais são as vantagens conhecidas pelos profissionais destas coberturas, o que os incentivou a usá-las. Em segundo lugar se verificou se as expectativas dos profissionais são comprovadas pelos usuários, traçando, de forma bastante simplificada, um paralelo teórico-prático. Finalmente, extraiu-se destes resultados quais foram os aspectos benéficos mais percebidos, por profissionais e usuários, no contexto em que se encontram as edificações.

*d) Tópico 4: Problemas Encontrados com o Uso de Coberturas Vivas*

Da mesma forma como é necessário conhecer as vantagens do uso das coberturas vivas em nosso contexto, é igualmente necessário identificar os problemas encontrados com a adaptação da técnica construtiva. As variáveis relacionadas diretamente ao assunto podem ser divididas em três, sendo elas: a etapa de projeto, a etapa de execução e a pós-ocupação. Dentro de cada uma, buscou-se conhecer tecnicamente as soluções adotadas, identificando que cuidados devem ser tomados, a fim de evitar-se problemas. Outra variável, dentro deste tópico, é identificar se há alguma fase em que os problemas são preponderantes, e, portanto, os cuidados devem ser maiores.

### **2.3.4 Identificação das Obras com Coberturas Vivas**

Nesta etapa foi realizada a identificação e elaborada a listagem de edificações que possuem coberturas vivas extensivas na região metropolitana de Porto Alegre e na Serra Gaúcha, a partir da década de setenta. Ao todo foram recolhidas entrevistas sobre 10 obras, e realizadas 10 entrevistas com arquitetos ou engenheiros (autores de projeto) e 10 com residentes ou usuários. Foram, também, realizadas entrevistas com três especialistas no assunto, porém estas não foram estruturadas, tendo contribuído como referência, para enriquecimento da pesquisa.

A cada nova entrevista, teve-se indicações de outras obras a serem incluídas, ou de outros profissionais que utilizaram a técnica, o que permitiu que esta etapa se prolongasse até o final da pesquisa em campo.

### **2.3.5 Observação das Edificações, Realização das Entrevistas e Registro Fotográfico**

Após a identificação das obras e a elaboração das entrevistas, teve início o momento de aproximação direta com o tema e objeto de estudo. Foram visitadas as edificações e realizadas as entrevistas, a fim de conhecer as coberturas vivas já construídas. O registro fotográfico foi feito em todas as obras visitadas, tendo o cuidado de observar, em particular, aqueles itens comentados pelos entrevistados. Nas entrevistas com autores de projetos e especialistas, quando os mesmos não possuíam obras no local das entrevistas, foi cedido material fotográfico de seus acervos particulares.

A fim de apresentar ao leitor, de forma detalhada e comentada, o resultado destas visitas e registros, cada obra possui um ítem, denominado Composição e Descrição da Cobertura Viva. Nesta momento, as coberturas são comentadas, através de texto, material gráfico (detalhamentos construtivos), e registros fotográficos, destacando-se os aspectos de maior relevância, para cada obra.

### 2.3.6 Análise e Interpretação dos Dados

Colombo (2004 apud PATRÍCIO, 1996) conta que, nos métodos qualitativos de pesquisa, a análise de dados é concomitante à coleta de dados, a fim de desenvolver gradativamente o tema estudado. Neste sentido, a organização, a análise, a reflexão e a síntese dos dados são realizados durante todo o processo de coleta. Segundo a autora, esse processo permite que um dado oriente a interpretação e compreensão de outros, além da obtenção de esclarecimentos e/ou validação da compreensão do investigador, em relação aos dados, junto aos sujeitos.

Durante a coleta de dados, concomitantemente, deu-se sua categorização em relação aos objetos de estudo. Para isso, foi incluída uma análise formal dos dados provenientes da coleta. Para expressar, de forma organizada e sucinta, os itens de análise relevantes às obras, foi elaborado um quadro de dados da edificação e da cobertura viva (quadro 1):

Dados da Edificação e da Cobertura Viva

Uso da edificação	
Data de início da obra	
O projeto foi concebido com cobertura viva	
Tempo de construção da cobertura viva	
Orientação solar	
Sistema estrutural da cobertura	
Inclinação da cobertura	
Peso estimado por m <sup>2</sup> (com terra molhada)	
Drenagem	
Impermeabilização da estrutura	
Tipo de substrato	
Altura do substrato	
Espécies vegetais empregadas	
Espécies nativas	
Espécies exóticas	
Houve reposição das espécies vegetais	
Estado da vegetação na visita ao local	
Tipo de manutenção feita	

Quadro 1: resumo dos dados da cobertura viva (genérica)

Neste quadro, constam dados relativos a dois tópicos de estudo: dados da edificação e dados da cobertura viva, como o próprio título indica. Cada item do quadro, além de expresso na

obra apresentada, é analisado, comparativamente com as demais obras, no capítulo 6 (Análises), conforme o exemplo abaixo:

<b>USO</b>	<b>CARÁTER</b>	<b>Nº DE EXEMPLARES</b>
USO RESIDENCIAL	HABITAÇÃO UNIFAMILIAR	
	HABITAÇÃO	
USO COMERCIAL	ESCRITÓRIO	
USO MISTO	HAB. UNIF. + ESCRITÓRIO	

Quadro 2: quantificação dos exemplares por seus usos e caracteres (exemplo)

Também as entrevistas realizadas com autores de projetos e usuários, possibilitaram uma análise comparativa das respostas. Além de fornecer dados para a apresentação de cada obra, essas entrevistas foram, posteriormente, analisadas no capítulo 6, a exemplo dos dados das obras.

Estas análises buscaram comparar dados fornecidos pelos dois grupos entrevistados (autores de projeto e usuários), em um primeiro momento. Posteriormente, trataram de destacar comentários considerados relevantes, mesmo que expressos por um único entrevistado, ou por um grupo pequeno, não importando, neste caso, sua quantidade, e a natureza do comentário.

Assim como nas análises das obras, nem todas as análises das entrevistas são expressas sob a forma de quadros. A maioria, inclusive, é expressa sob a forma de texto, e mesmo onde há quadros comparativos, a análise do mesmo se dá, sob a forma de texto, logo após a sua demonstração. A seguir (quadro 3), um exemplo de análise de entrevistas, expressa em quadro:

<b>NÚMERO DE OBRAS</b>	<b>NÚMERO DE AUTORES DE PROJETO</b>
DE 1 A 5	
DE 5 A 10	
MAIS DE 10	

Quadro 3: quantificação do número de projetos com coberturas vivas realizados pelos autores de projeto (exemplo)

### **2.3.7 Conclusões**

A partir da análise dos dados levantados, foram geradas conclusões acerca da construção de coberturas vivas na região metropolitana de Porto Alegre e Serra Gaúcha. Apontou-se, também, as qualidades que, apresentadas na bibliografia, são confirmadas por profissionais e usuários. Mostrou-se, ainda, as diferenças entre as expectativas profissionais com o uso de coberturas vivas e sua comprovação, através da percepção dos usuários.

Nesta etapa destacou-se quais os cuidados necessários ao uso deste tipo de cobertura, a partir da análise dos dados recolhidos, indicando alternativas para solucionar os problemas encontrados. Este trabalho não tem a intenção de esgotar o tema, e sim gerar uma contribuição para futuras pesquisas sobre o uso de coberturas vivas extensivas no Rio Grande do Sul.

### 3 CARACTERÍSTICAS DAS COBERTURAS VIVAS

A seguir, serão apresentadas considerações a respeito das características compositivas das coberturas vivas, assim como sua classificação, sua história e os mais conhecidos benefícios relacionados ao seu uso.

#### 3.1 DEFINIÇÃO DE COBERTURAS VIVAS E BREVE HISTÓRICO

O que caracteriza as coberturas vivas é a utilização de vegetação sobre o telhado, sob a forma de grama – podendo ter ainda variações com plantas e flores adicionadas a ela – ou outras espécies, como as chamadas suculentas. Estes telhados possuem camadas como a de substrato e a de impermeabilização sob esta vegetação, e podem ter diferentes estruturas de suporte (como madeira ou concreto, por exemplo). Podem, também, ser encontradas pelos nomes “coberturas ecológicas” ou “telhados vivos”, entre outros. Segundo Kohler *et al.* (2001), as coberturas vivas têm uma tradição bastante antiga. Uma das sete maravilhas do Mundo Antigo, os famosos Jardins Suspensos da Babilônia (figura 4), podem ter sido precursores do que hoje chamamos cobertura viva intensiva.



Figura 4: Jardins Suspensos da Babilônia (ORGANON, 2004)



Também Le Corbusier e Burle Marx, através dos terraços-jardim, utilizaram o princípio de trazer a vegetação para a cobertura das edificações – medida compensatória em relação ao que foi tirado da natureza no processo de transformação do ambiente natural em ambiente construído. O edifício do então Ministério da Educação e Saúde (posteriormente chamado edifício do Ministério da Educação e Cultura), construído de 1937 a 1943 na cidade do Rio de Janeiro, por Oscar Niemayer, Lúcio Costa, Jorge Machado Moreira e Afonso Eduardo Reidy (com estudos anteriores, em outro sítio, de Le Corbusier), utiliza cobertura viva até os dias de hoje. Em seu terraço-jardim (figura 5), Burle Marx, responsável pelo paisagismo, idealizou para o prédio um canteiro com grama, arbustos e árvores de pequeno porte.



Figura 5: terraço-jardim do edifício do MEC <sup>2</sup>

Para Machado *et al.* (2004), a principal característica da cobertura viva é a de ser um subsistema que interage com as condições climáticas do lugar onde se encontra. Os autores destacam esta como sendo a diferença fundamental entre as coberturas vivas e outros subsistemas construtivos, que apenas reagem conforme as condições circundantes. Áreas já

<sup>2</sup> Acervo Particular. ALMEIDA, M. L. Rio de Janeiro, Janeiro de 2003

construídas podem ser aproveitadas mais intensamente e novas áreas podem ser planejadas, considerando parcelas, ou até sua totalidade, com vegetação.

Minke (2004) afirma que as origens das coberturas vivas extensivas remontam a coberturas vernaculares, existentes tanto em climas frios, como os da Islândia, Escandinávia e Canadá, como em climas quentes como o da Tanzânia, na África. O mesmo autor relata que, tanto em climas frios, como em quentes, a principal vantagem destas coberturas é seu isolamento térmico. Desta forma, em climas frios, a cobertura ajuda a manter o interior aquecido, assim como, em climas quentes, mantém o interior da edificação isolado das altas temperaturas externas.

Desde a década de setenta os aspectos relacionados à ecologia nos centros urbanos têm sido estudados na Europa. Em universidades européias, experiências como as de Minke (2000), têm investigado os diferentes aspectos construtivos das coberturas vivas, assim como desenvolvido protótipos em vários locais do planeta, no intuito de acompanhar o comportamento destas coberturas em diferentes climas.

Kohler *et al.* (2001) lembram que os conceitos ligados às coberturas vivas ainda são os mesmos dos primeiros tempos de seu surgimento, porém o detalhamento construtivo foi mudando. Os autores contam ainda que hoje as coberturas vivas estão baseadas em sólidos fundamentos de pesquisa e desenvolvimento tecnológico. Materiais foram adaptados, melhorados e até criados para sua melhor utilização. Os aspectos relacionados à durabilidade, retenção das águas das chuvas, melhora no microclima externo (entorno imediato) e melhora no clima interno das edificações já foram amplamente comprovados, tanto através de simulações, quanto em observações de seu uso.

Fornecedores especializados em coberturas vivas, a exemplo da empresa ZinCo, na Alemanha, oferecem garantia de trinta anos – mesmo tempo dado a outros materiais de construção. Este tem sido um item relevante para os clientes que optam por esta técnica construtiva, e tem também representado um incentivo à implementação de coberturas vivas naquele país. Terraços-jardim estão sendo usados, tanto em residências unifamiliares, quanto em edifícios institucionais, desde o padrão mais simples até o mais luxuoso e, conforme Kohler *et al.* (2001), atualmente, cerca de 7% das coberturas planas construídas na Alemanha,

por exemplo, são coberturas vivas. O objetivo mais imediato desta utilização é o ganho energético proporcionado por estas coberturas.

Pouey (1998), sobre essa realidade, refere:

Em países como o Canadá, Estados Unidos, Alemanha, França, Itália e outros verifica-se que esta tendência já é uma realidade de mercado, onde existem grupos organizados com o objetivo de contribuir para promoção e divulgação das coberturas vivas, a exemplo do *Rooftop Garden Resource Group*, de Toronto.

### 3.2 CLASSIFICAÇÃO DAS COBERTURAS VIVAS

Para compreender as principais diferenças de implementação e manutenção de coberturas vivas é importante que se conheça sua classificação, assim como as peculiaridades relacionadas a um e outro tipo de cobertura. A literatura pesquisada identifica dois tipos de coberturas vivas. Esta classificação leva em conta a espessura da camada de substrato, os tipos de plantas a ele associados, e a necessidade de manutenção.

As chamadas coberturas vivas intensivas (ou ajardinadas) referem-se àquelas com camadas de substratos superiores a 20cm, e somente são possíveis em coberturas planas. Segundo Britto (2001), podem ser compostas de plantas, arbustos e até árvores, e têm a manutenção típica de qualquer jardim cultivado. As coberturas denominadas extensivas (ou ecológicas), por sua vez, possuem uma camada de substrato menor, geralmente próxima de 10cm, e podem ser executadas tanto em coberturas planas, quanto em inclinadas. Britto (2001) descreve a vegetação deste tipo de cobertura como (geralmente) autóctonas, com abastecimento de água e nutrientes por processos naturais.

Britto (2001) conta que as coberturas vivas intensivas e extensivas tiveram desenvolvimentos diferentes. A primeira continua tendo ampla utilização em projetos arquitetônicos que visem criar espaços de convívio ajardinados sobre as edificações, e é a mais popularizada no meio profissional. A segunda, menos difundida, prevê menor peso sobre a estrutura e manutenção quase nula. Sua utilização está quase sempre ligada a projetos que visam uma boa relação custo versus benefício meio-ambiental.

### 3.2.1 Coberturas Vivas Intensivas

Nas coberturas vivas intensivas, as formas de vegetação se comportam sobre a cobertura de maneira similar ao seu comportamento no solo. Assim, existem regras para utilização de determinadas espécies de plantas, sobretudo relacionadas à camada de substrato, bem como nutrientes e cuidados com a água para regá-las. Estes cuidados regulares são fundamentais para a sobrevivência destas formas de vegetação. Por poderem possuir vegetações de todo o tipo, inclusive espécies arbóreas, as coberturas vivas intensivas precisam de substratos de generosa espessura (figura 6). Por este motivo, seu peso sobre a estrutura é geralmente grande, o que demanda um reforço para a mesma.

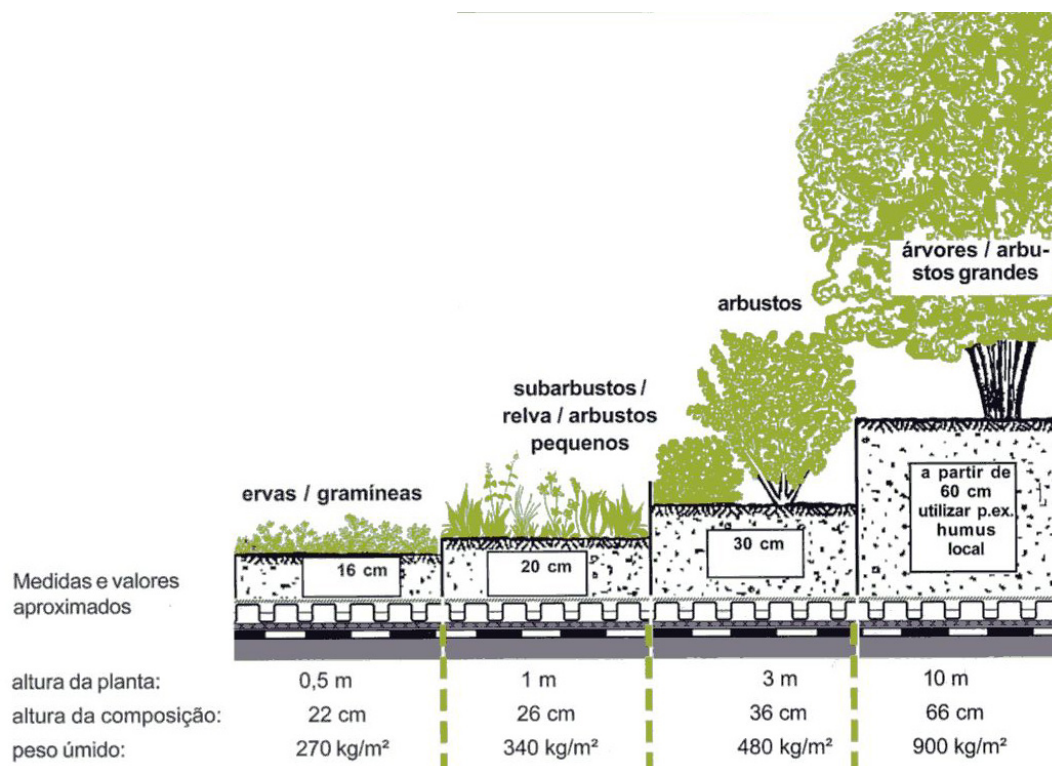


Figura 6: esquema dos substratos de ajardinamento (ZINCO, 2004)

Em locais onde há períodos de secas prolongadas, alguns cuidados têm de ser tomados, a fim de evitar riscos de incêndio. Estes cuidados são tanto de manutenção – através de rega com maior quantidade de água e em maior frequência – quanto de projeto – através de medidas construtivas que exijam certo afastamento da camada verde, em relação a aberturas na cobertura.



Apesar dos cuidados acima descritos, as coberturas vivas intensivas permitem o trânsito de pessoas sobre si, o que além de promover uma disposição estética bem mais agradável em relação aos telhados convencionais, permite que estes funcionem como praças ou mesmo pequenos parques nos topos das construções. Esta característica transforma os topos das edificações em consideráveis áreas de reservas verdes, artificialmente produzidas, para obtenção de novas áreas naturais nos centros urbanos. Este tipo de cobertura, no entanto, não será investigado neste trabalho.

### 3.2.2 Coberturas Vivas Extensivas

Segundo Minke (2000), a vegetação destas coberturas compreende pequenos arbustos, gramas e ervas, e exige menos manutenção que as coberturas vivas intensivas. O autor explica que estas coberturas formam uma durável e fechada camada de plantas (figura 7), e que seu peso sobre a estrutura corresponde a menos de  $160\text{Kg}/\text{m}^2$  (com a terra molhada).



Figura 7: cobertura viva extensiva (ZINCO, 1998)

Fagundes e Mano (2001 apud KROLKIEWICZ, 1991) salientam que as coberturas vivas extensivas tendem a se aproximar das formas de vegetação próximas ao meio em que está inserida a edificação. Por este motivo, são utilizadas espécies que se prestam às condições de exigências climáticas locais, assim como as que possuem alta capacidade de adaptação.

Pouey (1998) explica que, por terem baixos custos de manutenção, as coberturas extensivas são apropriadas para grandes áreas, onde a vegetação pode se desenvolver espontaneamente. A respeito do desenvolvimento das coberturas vivas extensivas (ou ecológicas), Britto (2001, *apud* Rudolf, 1996), conta que:

A cobertura ecológica surgiu de forma casual. No início do século XX, na Alemanha, se utilizaram terraços de “cimento e madeira”, com a intenção de melhorar a proteção contra o fogo nos edifícios. Estes terraços eram recobertos com uma camada de brita que era obtida de lugares próximos ao edifício. Com o passar de alguns anos, se pôde observar que, através do transporte de sementes pelo vento e pelos pássaros, espécies vegetais espontâneas tinham se fixado sobre os terraços, sem que tivesse havido nenhum tipo de manutenção. Esta foi a origem das coberturas ecológicas ou extensivas.

O exemplo abaixo (figura 8) mostra uma cobertura viva espontânea em formação.



Figura 8: cobertura espontânea em Lisboa, Portugal (BRITTO, 2001)

Britto (2001) fala que os alemães, então, viram nas coberturas extensivas a possibilidade de ter os benefícios ambientais das coberturas intensivas, sem o custo estrutural e de manutenção que requer um jardim convencional.

### 3.3 PROJETOS CONTEMPORÂNEOS COM COBERTURAS VIVAS EXTENSIVAS

Mediante o uso de vegetação adaptada às condições bio-climáticas locais, em áreas edificadas, define-se um processo chamado naturalização de área edificada. Segundo Britto (2001) a Alemanha, em 1994, possuía 10 milhões de m<sup>2</sup> de área naturalizada. O objetivo principal deste processo, na Europa, é trazer qualidades ambientais para os centros urbanos, através do aumento de área vegetal. Britto (2001) conta que a Suíça promove o uso das coberturas ecológicas, através de incentivos financeiros e subsídios do governo. Desta maneira, diversos edifícios públicos, novos ou reformados, utilizam este tipo de cobertura.

Atualmente, arquitetos de diferentes países utilizam coberturas vivas em seus projetos, tanto em centros urbanos, quanto em locais mais afastados. Para exemplificar este panorama, segue uma seleção de projetos contemporâneos (figuras 9 a 24) que utilizam esta técnica. Esta seleção possui obras de nomes nacional e internacionalmente reconhecidos por sua produção arquitetônica, e também obras com autores anônimos.

<b>Autor: Tadao Ando</b>
<b>Data: 1993</b>
<b>Local: Kobe, Hyogo - Japão</b>
<b>Uso: Residencial</b>

Quadro 4: dados da Rokko Housing II



Figura 9: Rokko Housing II (HENEGHAM, 1993)



<b>Autor:</b> Alvar Aalto
<b>Data:</b> 1941
<b>Local:</b> Noormarkku, Finlândia
<b>Uso:</b> Residencial

Quadro 5: dados da Villa Mairea



Figura 10: Villa Mairea (STEVENSON, 1998)

<b>Autor:</b> Norman Foster
<b>Data:</b> -
<b>Local:</b> Inglaterra
<b>Uso:</b> Residencial

Quadro 6: dados da Casa Brumwell



Figura 11: Casa Brumwell (BRITTO, 2001)

<b>Autor:</b> -
<b>Data:</b> -
<b>Local:</b> Stadthagen, Alemanha
<b>Uso:</b> Residencial

Quadro 7: dados da Casa em Stadthagen



Figura 12: Casa em Stadthagen (MINKE, 2004)



<b>Autor:</b> Eduardo Souto Moura
<b>Data:</b> -
<b>Local:</b> Portugal
<b>Uso:</b> Residencial

Quadro 8: dados da Casa em Portugal

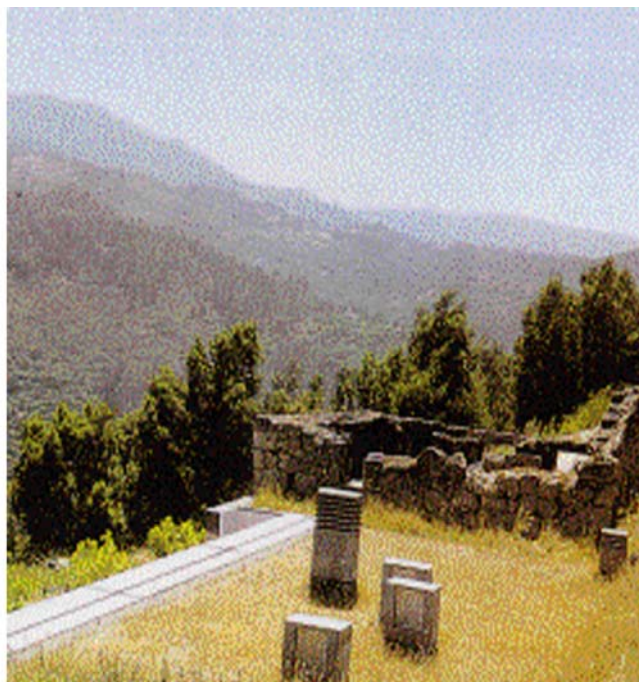


Figura 13: Casa em Portugal (BRITTO, 2001)

<b>Autor:</b> Gray Organschi Architecture
<b>Data:</b> 1980
<b>Local:</b> Connecticut, Estados Unidos
<b>Uso:</b> Residencial

Quadro 9: dados da Casa de Hóspedes



Figura 14: Casa de Hóspedes (ARCHITECTURE IN DETAIL, 2003)

<b>Autor:</b> Javier barba
<b>Data:</b> -
<b>Local:</b> Llaner, Espanha
<b>Uso:</b> Residencial

Quadro 10: dados da Casa em Llaner

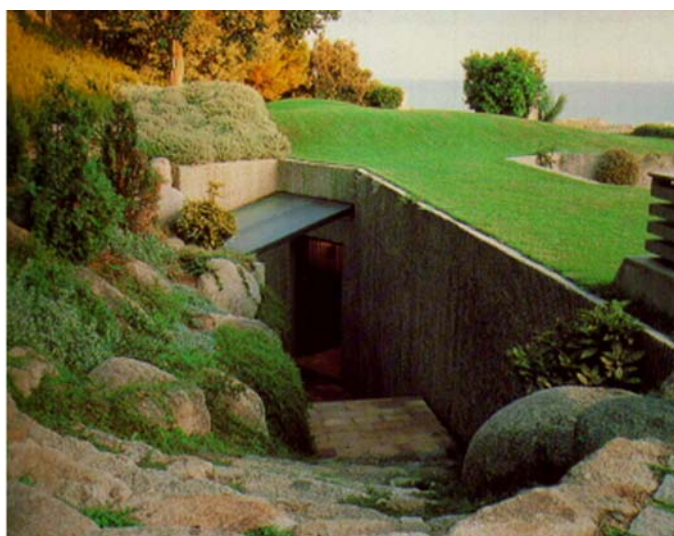


Figura 15: Casa em Llaner (BRITTO, 2001)

<b>Autor:</b> -
<b>Data:</b> -
<b>Local:</b> La Lucila, Buenos Aires, Argentina
<b>Uso:</b> Residencial

Quadro 11: dados da Casa Col Tetto D' Erba



Figura 16: Casa Col Tetto D' Erba (Domus, 1973)

<b>Autor:</b> -
<b>Data:</b> -
<b>Local:</b> Maldonado, Uruguai
<b>Uso:</b> Residencial

Quadro 12: dados da Casa em José Ignacio



Figura 17: Casa em José Ignacio (MINKE, 2004)

<b>Autor:</b> Francisco Famuci
<b>Data:</b> 2000
<b>Local:</b> São José do Campos, SP, Brasil
<b>Uso:</b> Residencial

Quadro 13: dados da Residência em São José dos Campos



Figura 18: Residência em São José dos Campos (Revista Arquitetura e Construção, jun 2005)



<b>Autor:</b> Carlos Jensen
<b>Data:</b> 2002
<b>Local:</b> às margens da estrada RS 430, entre Ubirici e Bom Retiro, Brasil
<b>Uso:</b> Comercial (hotel-pousada)

Quadro 14: dados da Curucaca Vilas de Campo



Figura 19: Curucaca Vilas de Campo (MINKE, 2004)

<b>Autor:</b> -
<b>Data:</b> -
<b>Local:</b> Praia do Rosa, SC, Brasil
<b>Uso:</b> Residencial

Quadro 15: dados da Residência na Praia do Rosa



Figura 20: Residência na Praia do Rosa (foto de Haiderose Gauer)

<b>Autor:</b> -
<b>Data:</b> -
<b>Local:</b> Praia do Ouvidor, SC, Brasil
<b>Uso:</b> Residencial

Quadro 16: dados da Residência na Praia do Ouvidor



Figura 21: Residência na Praia do Ouvidor (foto de Vanda Elizabet Zanella)

<b>Autor: Vanda Elizabet Zanella</b>
<b>Data: 2003</b>
<b>Local: Praia de Imbituba, SC, Brasil</b>
<b>Uso: Residencial</b>

Quadro 17: dados da Pousada na Praia de Imbituba

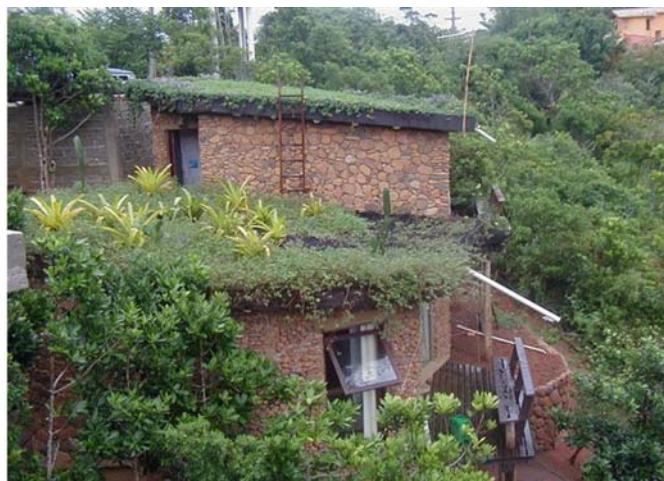


Figura 22: Pousada na Praia de Imbituba (foto de Vanda Elizabet Zanella)

### 3.4 BENEFÍCIOS

Segundo Architecture In Detail (2003), qualquer cobertura, como elemento de fechamento do conjunto, deve cumprir as funções de proteção e isolamento gerais dos elementos de fechamento, e, para tanto, devem contemplar as seguintes condições:

- a) prover isolamento acústico de ruídos aéreos e de impacto;
- b) prover isolamento térmico: o calor incidente no edifício por radiação direta é um fator importante no equilíbrio térmico;
- c) estanqueidade à água;
- d) estanqueidade ao vento;
- e) estabilidade frente as ações estáticas e dinâmicas: a cobertura deve suportar seu peso próprio, as sobrecargas por uso (trânsito sobre a mesma), água, neve ou granizo, além das solicitações geradas pelo já citado vento;
- f) segurança frente ao fogo: a estrutura do telhado deve ser resistente ao fogo, para permitir a evacuação dos habitantes;
- g) assegurar a durabilidade e compatibilidade dos materiais.

A seguir, serão apresentados os principais benefícios providos pelas coberturas vivas. Além dos requisitos acima citados, serão elencados novos aspectos, específicos deste tipo de cobertura.

### 3.4.1 Aspectos Psicológicos Relacionados ao Uso de Vegetação em Meios Urbanos

Além das melhorias no desempenho da edificação e no microclima a ela associado, os aspectos psicológicos relacionados ao uso de vegetação no ambiente construído são objeto de estudos acadêmicos, e seus resultados apontam diversos benefícios nesse sentido, seja pelo uso de folhagens, arbustos, grama, flores ou árvores. Pouey (1998), a este respeito, afirma:

Entre os benefícios psicológicos trazidos pela presença de árvores e vegetação no meio urbano, podem ser citados: a introdução de elementos de escala natural entre ruas e prédios, a percepção da mudança de estações, que produz uma ligação psicológica com o campo e o belo visual do ambiente construído.

Sattler (2003 apud BERNATZKY, 1956) destaca que, além das funções fisiológicas relacionadas a arborização nos centros urbanos edificados, também são significativas funções como: interrupção da monotonia das cidades, ritmo natural da paisagem, mudança do horizonte, cores relaxantes e renovação espiritual. Esta constatação é reforçada, pois:

As árvores, os arbustos e outras plantas menores e no seu conjunto constituem elementos da estrutura urbana. Caracterizam os espaços da cidade por suas formas, cores e modo de agrupamento; são elementos de composição e de desenho urbano ao contribuir para organizar, definir e até delimitar esses espaços. Desempenham funções importantes para o recinto urbano e para seus habitantes, ajudam no controle do clima e da poluição, na conservação da água, na redução da erosão e na economia de energia. Além disso, promovem a biodiversidade e o bem estar dos habitantes, valorizam áreas, servem como complementação alimentícia e fonte de remédios para as populações carentes, embelezando seus deteriorados espaços de moradia (MASCARÓ, 2002).

Os habitantes de centros urbanos modernos estão sujeitos a constante bombardeio de pressões e informações, de diferentes naturezas e que, mesmo sem que se perceba, geram fadiga. Como oposição a esta situação, Fedrizzi (2003) destaca que espaços com vegetação afetam o poder de concentração, evocando a atenção involuntária (acionada despropositalmente por algo interessante no ambiente). Este fator pode incluir instantes de serenidade na rotina das pessoas. Há, também, uma contribuição dada pela vegetação na recuperação de enfermos ou em pós-operatórios, quando jardins estão localizados próximos a suas dependências. Neste sentido, Fedrizzi (2003) relata que pacientes em pós-operatório, quando em contato com

vegetação durante sua recuperação, consomem menos remédios para a dor, deixam o hospital antes do prazo esperado (no mínimo um dia), e reclamam menos de irritabilidade.

Fedrizzi (2003) conta que o uso da vegetação em pátios escolares melhora a capacidade de concentração das crianças, assim como sua coordenação motora. Influencia, ainda, a imaginação e criatividade dos pequenos. A mesma autora aponta contribuições do incremento da vegetação na qualidade de vida dos idosos, que tendem a ter a sua senilidade diminuída ou retardada, tornam-se mais ativas e alertas, orientam-se melhor e reclamam menos de doenças.

### 3.4.2 Comportamento Térmico

#### a) Microclima

O efeito principal sobre o entorno, proporcionado pelas massas vegetais em meios urbanos, é o de resfriamento, o que é bastante favorável no combate as chamadas “ilhas de calor” urbanas (figura 23).

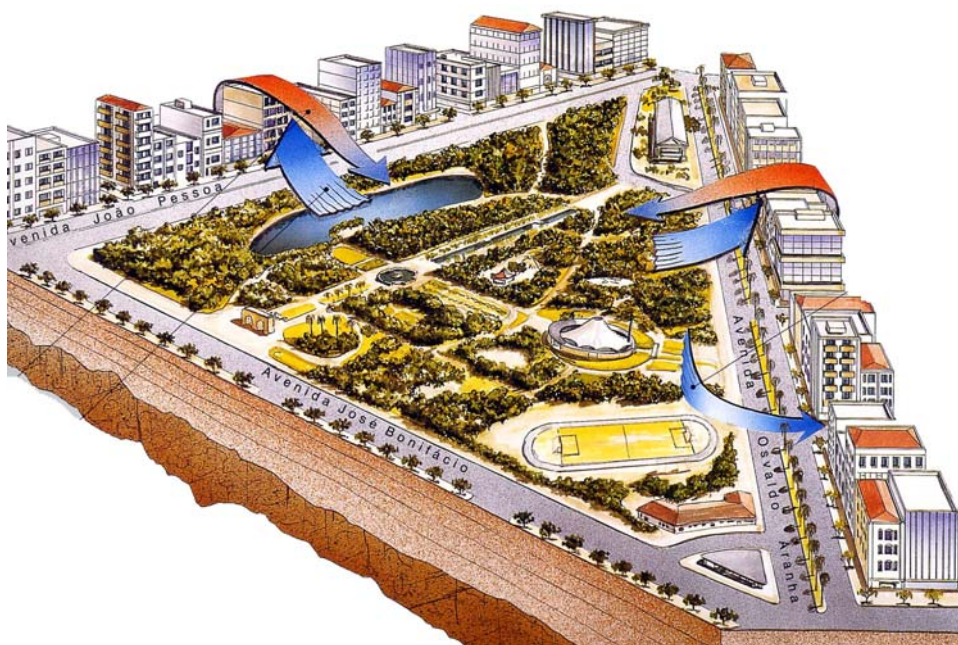


Figura 23: resfriamento do entorno por massas vegetais em meio urbano (MENEGAT el alli , 1998)



Minke (2000) afirma que, através da evaporação da água e da fotossíntese, as plantas retiram o calor do seu entorno. Este efeito de resfriamento é especialmente notado em dias quentes de verão. Pouey (1998) relata que um estudo realizado no Japão, na década de noventa, verificou esta influência por meio de simulação, chegando à conclusão de que, para que o efeito de resfriamento nas áreas do entorno seja melhor distribuído, são preferíveis pequenas áreas verdes em espaçamentos menores.

Portanto, em se usando coberturas vivas nas edificações, é possível a obtenção de uma razoável distribuição deste resfriamento, sobretudo em locais de grande concentração edificada, como o são as zonas centrais da cidade de Porto Alegre (figura 24).



Figura 24: zona central de Porto Alegre (MENEGAT el alli , 1998)

#### b) Dia e Noite

Sobre a proteção térmica das coberturas, em geral, no Brasil, Pouey (1998) afirma:

A cobertura é um elemento da construção muito exposto a radiação solar, portanto responsável por grande parcela do fluxo de calor transferido ao ambiente interno. Durante o dia, a cobertura sofre com a insolação e, a noite, com um resfriamento muito rápido, em função das trocas de calor por radiação de onda longa com o céu. Além disso, o Brasil possui quase a totalidade de seu território sujeito a intensa e abundante insolação em boa parte do ano. Sendo assim, a cobertura deveria ser a parte da construção mais protegida em termos de isolamento e inércia térmica; entretanto, na maioria das vezes, é o elemento menos protegido.

Pelo sombreamento por ela proporcionado às superfícies, a vegetação apresenta eficiência no controle do efeito da radiação direta sobre as edificações. Minke (2000) fala que as plantas podem, sozinhas, reduzir a amplitude de oscilação de temperatura do ciclo dia/noite, através da evapotranspiração e da condensação da água. Este fenômeno será reforçado, ainda, através de uma relativamente grande capacidade térmica, tanto pela água contida nas plantas e no substrato, quanto através do fenômeno natural da fotossíntese.

Enquanto nos dias quentes de verão as plantas consomem calor, portanto resfriam o ambiente interno, a noite o efeito é inverso. Isto se dá pela liberação de energia, sob forma de calor, durante o processo de respiração das plantas, o qual ocorre a noite, no sentido inverso ao da fotossíntese (MINKE, 2000). A capacidade vegetal de reduzir a incidência de insolação direta, durante o dia, sobre as superfícies e liberar o calor, durante a noite, contribui consideravelmente na manutenção das temperaturas abrandadas no interior das edificações.

### c) Inverno e Verão

Minke (2004) diz que em regiões de clima quente, e com intensa radiação solar, o efeito de resfriamento das coberturas é ainda mais notório que o de isolamento térmico, no inverno. Na Alemanha, o autor comprovou que, para temperaturas exteriores de 30°, a temperatura medida superficialmente na terra da cobertura viva (abaixo da grama) não subiu mais que a 25°. Por um lado, isso se explica devido à sombra gerada sobre a terra pela vegetação, o que impede a radiação solar de incidir diretamente sobre ela; e por outro, devido ao consumo da energia solar incidente para a evaporação da água e para a fotossíntese. Há, ainda, uma parcela dessa energia solar que é refletida pelas folhas.

Pouey (1998) executou dois protótipos na cidade de Pelotas, no Rio Grande do Sul. Ambos possuíam a mesma forma, com as mesmas medidas, mesmos piso e mesmos fechamentos. Em um deles, a cobertura constituía um terraço impermeabilizado, isolado termicamente e



revestido com piso cerâmico. No outro, foi utilizada cobertura viva com grama. A autora conta que teve o cuidado de fazer uma boa impermeabilização, protegida por uma camada de isolante térmico – sistema chamado U.S.D (*Up Side Down*) – no protótipo com piso cerâmico, para que não houvesse diferença de resultados devido à baixa qualidade de projeto ou execução de uma cobertura, em relação à outra. As temperaturas foram monitoradas em três níveis de ambas coberturas: superficial externa, no nível da impermeabilização e no nível superficial interno. Em sua pesquisa, Pouey (1998) conclui que:

- em inverno e verão, as duas coberturas apresentaram comportamentos diferentes entre si, em relação às diferenças de temperaturas superficiais registradas nos três níveis monitorados;
- os materiais constituintes da cobertura com terraço estiveram, em todos os níveis, sujeitos a maiores oscilações térmicas, tanto no verão quanto no inverno;
- no verão, a temperatura registrada no terraço manteve-se sempre superior ou igual à da cobertura viva, e no inverno, nos picos de frio, a cobertura com vegetação registrou maiores temperaturas.

Nas cidades que compõem a região metropolitana de Porto Alegre o verão é mais intenso que naquelas localizadas na serra gaúcha. Em ambos os locais, no entanto, há temperaturas altas e intensa radiação solar no verão. Nesta estação, as coberturas vivas podem representar uma boa alternativa para amenizar os efeitos destas solicitações, tanto sobre os materiais constituintes da cobertura, quanto sobre a própria temperatura do ar no interior das edificações (que permanecerá mais fresca). No inverno, o frio é mais intenso na Serra Gaúcha, e nestas condições, a exemplo do que foi comprovado na pesquisa de Pouey (1998), as coberturas vivas também podem proporcionar uma melhor resposta térmica.

#### d) Proteção Térmica das Superfícies

É sobre o conforto térmico, cujos fatores objetivos são: a radiação solar, a temperatura do ar, a umidade relativa e a velocidade do ar, que a ação moderadora da vegetação é mais manifesta (SATTLER, 2003).

As coberturas recebem o dobro da carga térmica das paredes, ou seja, em média 12 horas de insolação. As paredes recebem uma radiação térmica direta que varia de 5,5 a 6 horas, no caso de Porto Alegre e algumas cidades da região Sul (SILVEIRA, 2004).

A vegetação possui a propriedade de refletir e absorver grande parte da radiação solar direta, característica presente em coberturas vivas. Esta propriedade reduz o efeito da insolação sobre lajes de concreto, por exemplo, diminuindo sua oscilação térmica e, conseqüentemente, reduzindo parte da incidência de patologias relacionadas a este aspecto, o que aumenta sua vida-útil.

Pouey (1998) explica que, em coberturas planas, a impermeabilização é um componente de fundamental importância, e sua durabilidade está diretamente relacionada ao gradiente térmico a que esteja submetida. O isolamento térmico, portanto, é necessário para prolongar ao máximo sua vida útil. Em sua pesquisa, a autora conta que as medições feitas no nível da impermeabilização, no protótipo com cobertura viva, apresentou menores oscilações térmicas em todas as estações, comparativamente ao que possuía a cobertura com terraço impermeabilizado.

### **3.3.3 Economia de Pluviais**

Minke (2000 apud DUERR, 1995) indica que uma cobertura viva, com 20cm de substrato, pode armazenar 90mm de água, 90 litros por metro quadrado, o que, segundo o autor, em muitos países, corresponde à precipitação pluvial mensal. Fagundes e Mano (2001 apud BAUMUELLER, 1995) defendem que todas as áreas de vegetação abertas estão em condições de armazenar a água da superfície. Cada forma de cobertura definirá, diferentemente, o período de tempo no qual as águas das chuvas permanecerão na camada superficial e quando será escoado pela canalização, retirando-se a parcela de evaporação e a taxa de transpiração.

Segundo Pouey (1998), estudos demonstram que, para as coberturas convencionais, algo em torno de 80 a 100% das águas das chuvas serão conduzidas pela canalização, enquanto que para telhados com cobertura viva, este percentual cai para cerca de 30%. Os outros 70% de água serão devolvidos à atmosfera na forma de evaporação, trazendo com isto uma considerável redução da quantidade das águas escoadas para as superfícies pavimentadas nas cidades. Outra vantagem significativa da cobertura viva está no retardo do tempo de escoamento das águas das chuvas, que possibilita o alívio dos sistemas de drenagem pluvial.

## 4 REQUISITOS NECESSÁRIOS ÀS COBERTURAS VIVAS

Independente do projeto arquitetônico, alguns cuidados relativos à construção dos coberturas vivas devem ser tomados, seja na fase do planejamento (projeto), da execução, ou na manutenção. A seguir, serão mencionados cuidados necessários a cada uma destas etapas.

### 4.1 REQUISITOS RELATIVOS AO PROJETO

#### 4.1.1 Composição Construtiva das Coberturas Vivas Extensivas

As coberturas vivas extensivas (ou ecológicas) são compostas por várias camadas (figura 25):

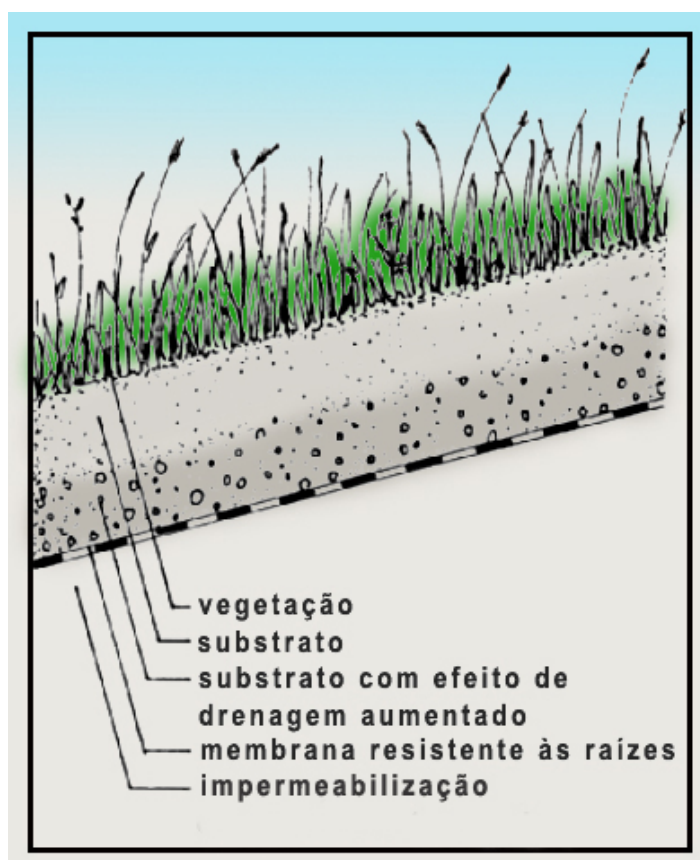


Figura 25:camadas que compõem uma cobertura viva extensiva genérica. Baseado em (MINKE, 2004)

A listagem abaixo, elaborada por Kohler *et al.* (2004), descreve a função de cada camada componente da cobertura:

- impermeabilização: para impedir a infiltração de água na estrutura;
- membrana resistente às raízes: é a camada de proteção, para impedir danos na impermeabilização, por exemplo, por raízes agressivas;
- substrato com efeito de drenagem aumentado: também chamado de camada drenante, é responsável pela regulagem da detenção de água e da drenagem rápida e eficiente do excesso desta;
- substrato: é onde se encontram os nutrientes, dando suporte à vegetação, retendo e absorvendo água. O tipo de substrato, bem como sua altura, irá variar conforme a vegetação escolhida e o tipo de cobertura. Em se tratando de coberturas extensivas, normalmente a altura do substrato varia entre 4 e 19cm (total, com a camada drenante incluída);
- vegetação: consiste na parte vegetal propriamente dita e que vai depender do tipo de cobertura. Nas coberturas extensivas as espécies que podem ser utilizadas apresentam menor variação, uma vez que são plantas mais rústicas, que não demandam maiores cuidados com manutenção.

Entre as camadas de drenagem (ou substrato drenante) e de substrato (ou substrato fino), pode ainda existir uma camada filtrante. Essa camada, composta por uma manta geo-têxtil permeável (como, por exemplo, Bidin), impede a passagem dos substratos finos para a camada de drenagem o que, para coberturas planas ou de leve inclinação, prejudicaria o sistema de drenagem e a circulação do ar. Esta manta geo-têxtil costuma, também, ser encontrada envolvendo a tubulação de drenagem.

#### a) Impermeabilização

Britto (2001) conta que uma boa solução de impermeabilização deve prever um sistema formado por diversas camadas, para aumentar seu desempenho. Assim, além da impermeabilização em si, duas novas camadas, de regularização e proteção, passariam a fazer parte do mesmo sistema. A autora diz que, além de garantir a regularidade da superfície (o que impede que protuberâncias ou materiais soltos danifiquem a membrana de impermeabilização), a camada de regularização deve ter inclinação mínima de 1% (para coberturas planas), na direção dos coletores d'água. A mesma autora lembra, ainda, que é importante que suas bordas sejam arredondadas, e que a inclinação seja uniforme, para que não se formem bolsões d'água sobre ela.

Minke (2004) afirma que, geralmente, consegue-se a hermeticidade da cobertura, ou seja, a mesma manta impermeável que impede a infiltração da água, é protegida contra perfurações por raízes. No entanto, esta nem sempre é uma realidade. As membranas betuminosas, por exemplo, necessitam proteção anti-raiz, o que pode ser feito através de uma membrana adicional. Minke (2004), conta:

O material mais seguro e mais econômico para uma membrana protetora às raízes, na Europa, é um tecido de poliéster revestido em PVC. Se recomendam espessuras de 2mm. Na América Latina, este material é muito caro, por ser importado. Mas aí se produz um material de menor espessura, como o que se utiliza para toldo de caminhões, com espessuras de 0,8 a 1,0mm. Como a lâmina de PVC é relativamente fina, o material não se deixa soldar facilmente a mão com aparatos de ar quente. É mais fácil soldar esse material na fábrica com soldadores de alta frequência.

e

Outra alternativa, especialmente para superfícies não planas, é a utilização de membranas soldadas com betume. Como estas não são resistentes às raízes, dever-se-á agregar, por cima, uma fina lâmina de polietileno preto, por exemplo. Não são recomendáveis estas lonas de polietileno, sozinhas, como membrana protetora de raízes, porque podem danificar-se muito facilmente. Se mesmo assim foram utilizadas, dever-se-á, em todos os casos, colocar por baixo e por cima uma proteção mecânica, como uma capa de areia ou um feltro grosso.

Britto (2001) diz que os sistemas de impermeabilização podem ser de diferentes tipos: rígidos ou flexíveis, aderentes ou não aderentes, armados ou não, protegidos ou expostos. A autora conta que, nas coberturas planas, são normalmente utilizados os sistemas flexíveis. A membrana de impermeabilização, em si, é formada por uma composição de lâminas, que se dividem principalmente em betuminosas ou plásticas, em função do material utilizado em seu processo de fabricação. A mesma autora exemplifica os dois tipos de membranas, a começar pelas betuminosas:

- a) oxiasfalto;
- b) betume modificado com elastômeros (geralmente SBS- Estireno Butadieno Estireno) ou plastômeros (geralmente APP – Polipropileno Atático);
- c) de alcatrão modificado com PVC.

E, a seguir, as membranas de impermeabilização sintéticas:

- d) PVC (Cloro de Polivinila);
- e) PEC (Polietileno clorado);
- f) PECS (Polietileno clorosulfonado);

## g) PIB (Poliisobutileno).

Cruz (relato verbal)<sup>3</sup>, arquiteto especialista em sistemas de impermeabilização, lembra que a não aderência da membrana de impermeabilização à estrutura que a suporta, é importante para seu bom desempenho. Desta maneira, a manta asfáltica deverá ser aderida às bordas periféricas da cobertura. Outra medida útil para o sucesso da impermeabilização, segundo o arquiteto, é o emprego de duas mantas sobrepostas, a exemplo de procedimentos norte-americanos, ou, ainda, a aplicação cruzada de duas demãos de pintura asfáltica, antecedendo a manta asfáltica.

Há um risco potencial de enfermidades ligadas a alguns sistemas de impermeabilização, seja por materiais presentes em sua composição, seja por solventes utilizados em sua aplicação no local. Britto (2001) *apud* Schmitz-Günter (1999) alerta para o perigo ambiental que os aditivos compostos por arsênico e cobre, presentes na composição de algumas lâminas betuminosas (usadas para proteção anti-raiz), podem representar. Igual perigo representam as lâminas de PVC. Segundo a autora, uma alternativa menos contaminante é a utilização de lâminas de cobre, porém, alerta para a quantidade de energia utilizada em sua produção.

## b) Membrana Resistente às Raízes

É necessário proteger a impermeabilização da agressão de raízes, que tendem a se fortalecer com os anos, causando sérios danos à mesma. Nos casos em que esta proteção é feita através de uma camada sobre a impermeabilização, pode-se chamá-la membrana resistente às raízes, ou simplesmente camada protetora.

Cruz (2005, relato verbal) afirma que uma prática comum em impermeabilizações de jardins é a utilização de pinturas anti-raiz (herbicidas), elaboradas a partir de produtos químicos. Sobre esta proteção, Morgado (1998) afirma:

A impermeabilização deverá conter algum aditivo herbicida. Este aditivo faz com que a raiz não perfure a camada impermeabilizada, alterando seu curso. Este inibidor não deve atacar a raiz. Caso a impermeabilização não possua aditivo herbicida, deve ser executada uma camada de proteção anti-raiz. Ela pode ser: uma pintura anti-raiz a base de alcatrão com polímero (executada após a proteção mecânica), uma camada

---

<sup>3</sup> Relato fornecido pelo arquiteto MSc. Júlio Cruz, Especialista em Sistemas de Impermeabilização, durante consultoria para a elaboração desta pesquisa, em 2005.

de laminado (formado por folhas de cobre) ou manta de polietileno especial sem emendas (caso existam, provocar sobreposição de 1 metro ou mais).

e

Na França, a impermeabilização de coberturas verdes combina a resistência ao puncionamento estático das armaduras de 180 ou 250g de poliéster não tecido, e a resistência ao puncionamento dinâmico com mantas asfálticas modificadas com SBS, juntamente com a resistência a raízes com um aditivo de base ácida com gordura fenólica, utilizado durante muito tempo em revestimentos asfálticos de conduítes enterrados. Com este aditivo, as raízes em contato com os revestimentos desviam-se sem atravessá-lo.

Britto (2001, *apud* JOHNSTON e NEWTON, 1991), diz que para as coberturas extensivas são utilizadas, geralmente, capas de material semelhante ao PVC. Se a base da membrana de proteção anti-raízes for rugosa ou desigual, abaixo desta deverá ser colocado um feltro ou uma camada de areia, com a finalidade de regularizar a superfície, evitando atritos com a impermeabilização. Esta é considerada uma proteção mecânica dada à impermeabilização.

#### c) Substrato com Efeito de Drenagem Aumentado (ou Camada Drenante)

A camada drenante é a parcela de substrato, com poder de drenagem aumentado, que além de drenar, deve armazenar uma pequena parcela de água em si. Minke (2004) menciona que são especialmente indicados para esta camada os materiais porosos e leves, de granulometria grande, como argila expandida e resíduos de construção, entre outros.

Para alcançar o efeito de armazenagem desejado, de 15% a 25% de volume, os materiais devem ser preponderantemente de poros abertos. Por este motivo utiliza-se, por exemplo, argila expandida, principalmente em situação fracionada (MINKE, 2004).

#### d) Camada Filtrante

Em coberturas planas ou pouco inclinadas, conta Minke (2004), a camada de drenagem é coberta por um feltro ou tela, para impedir que o lodo formado na camada de substrato acima não passe para a mesma, dificultando a respiração das raízes. Segundo o mesmo autor, em coberturas, a partir das levemente inclinadas, esta medida não é necessária, já que a inclinação aumenta o poder de drenagem. Minke (2004) diz, ainda, que em coberturas inclinadas este

feltro (ou tela) pode ser prejudicial à cobertura, uma vez que as raízes podem não chegar até a camada drenante, não ultrapassando o feltro e comportando-se como raízes na água ou no ar – o que é prejudicial, sobretudo, às raízes de gramíneas.

Britto (2001) diz que esta capa é quase sempre um feltro geotêxtil, de aproximadamente 150g/m<sup>2</sup>, e que, embora possam ser fabricados de fibras plásticas, normalmente são utilizados filtros de fibra de polipropileno ou de poliéster.

Dentro de uma idéia de construção saudável, a cobertura viva proposta por Schimitz-Günter utiliza materiais alternativos e naturais para a capa filtrante: tecido ou estopa, que, segundo o autor, também garante a coesão do substrato e a formação de um tapete de raízes, importante na sedimentação das espécies vegetais.

#### e) Substrato Vegetal

A palavra substrato deriva do latim *sub* (abaixo) e *stratum* (estrado), que significa “base que serve de suporte ou sustenta” (BRITTO, 2001 *apud* GUERRERO, 1999). O substrato é a camada de suporte da vegetação, onde se desenvolvem as raízes das plantas. Suas principais funções são servir de matéria nutriente, armazenar e drenar água, e ter poros de ar suficientes para o crescimento das raízes.

O tipo de substrato deve estar em harmonia com o tipo de vegetação sobre ele, e a este respeito Minke (2004) refere que, para coberturas vivas extensivas com grama pobre, ervas silvestres e *Sedum*, o melhor é que o substrato não contenha húmus em demasia – Antochevis e Chollet (relato verbal) explicam que o húmus aumenta a capacidade do substrato de reter água, o que é prejudicial para algumas espécies (as suculentas, por exemplo, podem apodrecer).

Se for utilizada terra retirada do solo do entorno, esta não deve ser muito argilosa, e deve, em geral, ser misturada com areia, para que o substrato fique mais leve e com melhor condição de drenagem. Além disso, segundo Antochevis e Chollet (relato verbal), a areia dá mais espaço para enraizamento.

Para Minke (2004), podem acontecer imprevistos à cobertura, em alguns casos, se o substrato for demasiado rico em nutrientes. O autor exemplifica através da cobertura viva adotada em



Hannover, Alemanha, onde foi adotada uma espécie de gramínea. Nestas edificações, o substrato continha nutrientes em demasia, e a vegetação cresceu, chegando até 70cm de altura (figura 26), sendo castigada pelo vento, ficando seca e tão densa, que não permitia mais nenhum crescimento abaixo de si. Depois de cortada, a vegetação regenerou-se, lentamente.



Figura 26: cobertura viva excessivamente crescida (MINKE, 2004)

Para grama, deve ser colocado um substrato pobre, cujo colchão não ultrapasse entre 10 a 20cm de altura, para que surja vegetação espontânea, conta Minke (2004), e ressalva que pontos isolados de florescimento podem chegar de 30 a 50cm de altura. O mesmo autor explica que as coberturas vivas, sem inclinação, devem ter mais de 30cm de substrato, ou então uma camada especial de drenagem. Já as coberturas inclinadas e extensivas, podem ter substratos desde apenas 3, até 15cm de espessura.

Antochevis e Chollet (relato verbal)<sup>4</sup> indicam que a composição do substrato deve ser ajustada conforme o tipo de vegetação, inclinação do telhado e materiais disponíveis na região. Assim, cactáceas e suculentas, que são plantas mais rústicas (não suportando o excesso de retenção de água), por exemplo, devem ser cultivadas em substrato mais leve com, no mínimo, um terço de areia em sua composição. Falam ainda que a adubação (ou o tipo de substrato) deve ser adequada ao tipo de vegetação, mantendo-a em seu desenvolvimento normal, nem excessivo, nem atrofiado.

---

<sup>4</sup> Informações fornecidas pelas Agrônomas Rita Antochevis e Deise Chollet, em consultoria para a elaboração desta pesquisa.

## f) Vegetação

Minke (2001) defende que a vegetação deve ser resistente a condições climáticas severas, como ventos fortes, chuvas em excesso e, em algumas regiões, frio intenso. Além destes fatores vale, ainda, acrescentar carência de chuvas e sol intenso ou em excesso.

As plantas que se adaptam bem em coberturas vivas, não exigindo muita manutenção, têm, geralmente, em comum as seguintes características:

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

As variações de temperatura sobre as coberturas vivas são consideravelmente menores que as variações ocorrentes sobre o terreno. O contraste entre as temperaturas mais altas durante o dia e mais baixas durante a noite é um aspecto importante a ser considerado na escolha da vegetação. Sobre a seleção das espécies vegetais, Pouey (1998) relata que:

Sempre que existirem dúvidas acerca destas condições, a alternativa é utilizar variedades que não requeiram muita umidade. Como as plantas sobre a cobertura ficam expostas, sem proteção ao vento, a intempéries e a substâncias nocivas provenientes do ar (chaminés, etc), além de receber pouco ou nenhum cuidado, convém selecionar plantas robustas, que sejam resistentes a secas e geadas e pouco exigentes quanto a composição do solo.

Apesar de ser recomendável uma consulta mais detalhada a um especialista em vegetação, quando se planeja fazer uma cobertura viva, algumas conclusões podem ser tiradas, *a priori*. De maneira geral, as condições para a seleção das espécies vegetais estão principalmente relacionadas ao clima local, às características do substrato (altura e composição), e à inclinação e altura da cobertura. Como se vê, é um conjunto de fatores, configurando um sistema onde um ítem está relacionado a outro.

As plantas nativas estão entre as melhores opções para as coberturas extensivas, por serem adaptadas ao clima local, podendo exigir menor manutenção. Nos centros urbanos, sobretudo nas áreas mais densamente edificadas, outro fator a ser considerado na escolha das espécies vegetais é o sombreamento causado por edifícios vizinhos.

Britto (2001) menciona que as espécies vegetais que apresentem, usualmente, um bom comportamento frente às situações de adaptação, devem ser consideradas no uso extensivo. A mesma autora recomenda, também, que estas plantas sejam de pouco porte, de pouca manutenção, crescimento fácil e com boa capacidade regenerativa. Ainda, duas características consideradas importantes pela autora, são a capacidade de crescimento horizontal – para conseguir o efeito de recobrimento total da superfície com vegetação – e um sistema radicular pouco profundo (já que os substratos das coberturas extensivas, em si, não o são).

As plantas mais indicadas são as perenes, para que se tenha uma superfície coberta por vegetação, durante todo o ano. As espécies anuais, bulbosas, que passam parte do ano embaixo da terra, podem ser utilizadas como complemento à vegetação principal, que deve ser perene. (BRITTO, 2001).

Britto (2001) sugere que, para selecionar as espécies vegetais que melhor atendam aos objetivos das coberturas extensivas, deve-se seguir as seguintes etapas:

1. definição dos usos previstos para a cobertura;
2. análise das características climáticas do local;
3. inventário das espécies vegetais locais e regionais;
4. análise da demanda de nutrientes;
5. seleção de plantas com:
  - capacidade de integração no espaço da cobertura;
  - resistentes a pragas e enfermidades;
  - raízes pouco profundas e, principalmente, horizontais;
  - capacidade de captar água;
  - facilidade de obtenção em viveiro;
  - disponibilidade no mercado.

#### **4.1.2 Altura da Cobertura e Orientação Solar**

Quanto maior for a altura da cobertura, maior será a incidência de ventos sobre ela e, portanto, maior será a evaporação da vegetação. Também quanto maior for a incidência solar direta sobre a cobertura, maior será a evaporação das plantas. Para os dois casos (grandes alturas – como em edifícios ou lugares altos – e locais com incidência solar muito forte e direta) a

escolha da vegetação deve considerar estes fatores, elegendo-se espécies apropriadas a essas situações. O mesmo vale para locais com muita incidência de vento, mesmo que em alturas baixas.

Em 2004, o paisagista e consultor Toni Backes desenvolveu uma listagem (tabela 15) com indicações de espécies vegetais (com excessão de gramíneas), passíveis de utilização em coberturas vivas extensivas, no Rio Grande do Sul. As espécies descritas na tabela foram testadas por seu autor, que disponibiliza dados como melhor orientação solar (origem), porte (tamanho), necessidade de sol (situação), recobrimento do substrato por superfície vegetal (fechamento), e necessidade de irrigação (água).

<b>Nome Popular</b>	<b>Nome Científico</b>	<b>Origem</b>	<b>Porte</b>	<b>Situação</b>	<b>Fecham.</b>	<b>Água</b>
Alho social	<i>Tulbaghia violacea</i>	E	médio	sol	regular	pouca
Aspargo pendente	<i>Asparagus sprengii</i>	E	médio	todas	bom	pouca
Boldo anão	<i>Plectranthus neochilus</i>	E	médio	sol	bom	pouca
Bromélias de sol	<i>BROMELIÁCEAS em geral</i>	N e E	arbusto	sol	ruim	pouca
Bromélias de sombra	<i>BROMELIÁCEAS em geral</i>	N e E	arbusto	sombra	ruim	pouca
Bulbine	<i>Bulbine frutescens</i>	E	médio	sol	bom	pouca
Clorofito	<i>Clorophytum comosum</i>	E	médio	1/2 sombra	médio	média
Helxineum/Tapete Inglês	<i>Polygonum capitatum</i>	E	R	sol	médio	pouca
Hera variegata	<i>Hedera helix</i>	E	R	sombra	médio	média
Hera verde	<i>Hedera canariensis</i>	E	R	sombra	médio	média
Iris variegata	<i>Iris sp.</i>	E	médio	sombra	regular	média
Lamium	<i>Lamium maculatum</i>	E	R	sombra	médio	média
Lavanda	<i>Lavandula angustifolia</i>	E	arbusto	sol	ruim	pouca
Lisimachia	<i>Lysimachia congestiflora</i>	E	R	1/2 sombra	médio	média
Petúnia nativa	<i>petunia axillaris</i>	N	R	sol	médio	média
Piléia	<i>Pilea involucrata</i>	E	médio	todas	regular	pouca
Portulaca anã	<i>Lampranthus sp</i>	E	R	sol	bom	pouca
Portulaca grandiflora	<i>Portulaca grandiflora</i>	E	R	sol	bom	pouca
Portulaca grauda	<i>Portulaca sp.</i>	E	arbusto	sol	médio	pouca
Rosinha do sol	<i>Aptenia cardifolia</i>	E	R	sol	bom	pouca
Salvia mexicana	<i>Salvia leucantha</i>	E	arbusto	sol	ruim	pouca
Sedum	<i>Sedum multiceps</i>	E	R	sol	ótimo	pouca
Tradescância anã	<i>Callisia repens</i>	E	R	1/2 sombra	ótimo	pouca
Tradescantia roxa	<i>Tradescantia pallida</i>	E	R	todas	bom	pouca
Verbena nativa	<i>Verbena tenuissecta</i>	N	R	sol	médio	média
Vinca variegata	<i>vinca major</i>	E	R	todas	médio	média
Vinca verde	<i>vinca minor</i>	E	R	todas	médio	média
Violetinha	<i>Saintpaulia x ionantha</i>	E	R	1/2 sombra	ótimo	média
Zebrina	<i>Tradescantia zebrina</i>	E	R	1/2 sombra	bom	média

\*não constam espécies de gramíneas que formam gramados ou não

#### LEGENDA:

Origem: N - Nativa e E - Exótica

Porte: arb.= arbustivo, herb.médio= herbáceo de 0,3 a 0,5m, herb. rasteiro

Situação: Sol, Sombra, 1/2 Sombra ou todas

Fechamento, grau de cobertura e enraizamento do solo (classificação subjetiva): ótima, boa, média, regular, ruim

Necessidade de água (irrigação): boa, média, pouca

Quadro 18: espécies vegetais indicadas para uso em coberturas vivas no RS (BACKES, 2004)<sup>5</sup>

<sup>5</sup> Quadro desenvolvido por Toni Backes, para uso em seus cursos de paisagismo, e consultorias. Nova Petrópolis, 2004.

### 4.1.3 Influência da Inclinação

Também a inclinação da cobertura é extremamente relevante na escolha da vegetação. Minke (2004) classifica as coberturas em quatro categorias, conforme sua inclinação:

1. até 5% de inclinação (correspondente a até 3°), são coberturas planas;
2. a partir de 5% até 35% (correspondente a 3° até 20°), são coberturas de leve inclinação;
3. a partir de 35% até 84% (correspondente a 20° até 40°), são de forte inclinação;
4. a partir de 84% (correspondente a 40°), são coberturas inclinadas.

As coberturas planas (até 3°) são as mais propensas a danos, quando não recebem os cuidados de um jardim cultivado. Minke (2004) conta que nestas coberturas a vegetação está mais exposta a fortes oscilações de umidade, e que, no caso de pequenas espessuras de substrato, a terra tende a ficar ácida, pela falta de oxigênio. Para evitar este problema, as camadas de substrato devem ser maiores que aquelas utilizadas em coberturas inclinadas, mesmo considerando a mesma vegetação – o que gera maior carga sobre a estrutura e, portanto, uma implementação mais cara. Para prevenir o ressecamento da terra deve ser prevista drenagem especial que, ao mesmo tempo escoar a água excedente, e mantenha uma parcela de água acumulada.

Para Minke, as coberturas vivas de leve inclinação (entre 3° e 20°) possibilitam uma execução fácil e barata. O substrato, nesta categoria de inclinação, funciona como camada de drenagem, ao mesmo tempo armazenando uma parcela de água, e escoando o volume excedente. Para esta camada de drenagem, o autor recomenda a utilização de partículas maiores, preferencialmente de material poroso, como argila expandida ou pedra-pome, entre outros. Estes componentes ainda oferecem vantagens como reduzir o peso do substrato, aumentar o efeito de isolante térmico e facilitar a respiração das raízes. Para esta faixa de inclinação, não é necessária a confecção de calços, com a intenção de evitar deslizamentos do substrato, pois este fato, segundo o autor, não costuma ocorrer.

As coberturas de forte inclinação (entre 20° e 40°), devem prever algum mecanismo contra o deslizamento do substrato. Minke (2004) aconselha que as barreiras que seguram o substrato devem ter as bordas arredondadas (figura 27), a fim de proteger a impermeabilização. Quanto

maior a inclinação, menor deve ser a distância entre esses elementos, que visam segurar o substrato.

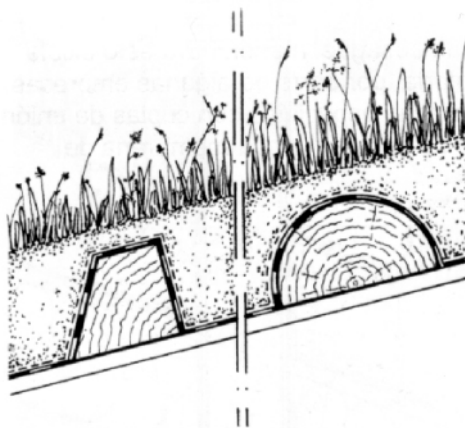


Figura 27: barreiras mecânicas para evitar o deslizamento do substrato (MINKE, 2004)

Outra alternativa sugerida por Minke (2004) para evitar o deslizamento do substrato é a utilização de colchões antideslizantes, de trama tridimensionalmente armada (figura 28). A ressalva feita é que esta solução deve ser usada em coberturas com pequenas alturas de substrato, bem compactado, e com inclinações entre 15° e 25°.

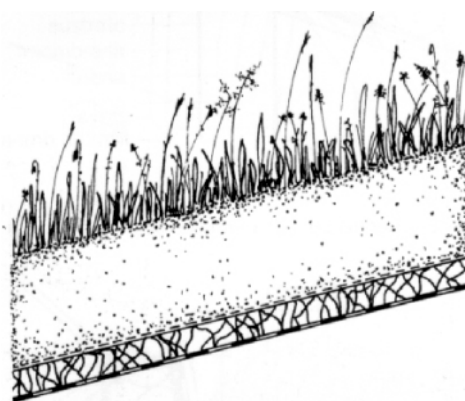


Figura 28: colchão (ou tela tridimensional) anti-deslizante, abaixo do substrato (MINKE, 2004)

Para inclinações de cobertura maiores que 30° (58%) são necessárias, além das medidas construtivas, técnicas relacionadas à vegetação, como segurança contra o deslizamento. Uma técnica adicional, indicada para as inclinações superiores a 40° (84%), descrita por Minke

(2004), é a utilização de duas camadas de grama, dispostas uma sobre a outra, de maneira que a primeira camada esteja com a grama voltada para baixo, servindo de substrato para a camada seguinte. Assim, as raízes se entrelaçam, reforçando a estrutura da capa vegetal. Esta técnica remonta aos tradicionais telhados de torrões de turfa da Islândia (figura 29).



Figura 29: telhado de torrões de turfa (MINKE, 2004)

A cobertura com inclinação de 45° (100%) (figura 30), executada por Minke (2004) em Siegen-Oberscheiden, na Alemanha, utilizou colchões de grama duplamente armadas, que sobrepassaram a cumeeira, dando a volta e recobrindo as duas águas do telhado.



Figura 30: coberturas de grama com 45° de inclinação em Siegen-Oberscheiden, Alemanha (MINKE, 2004)



#### 4.1.4 Influência das Cargas

Machado *et al.* (2004) falam que, com os avanços técnicos, os aspectos menos favoráveis das coberturas vivas tendem a diminuir com o tempo. Porém, dizem que, na hora de implementá-las, deve-se ter em conta alguns aspectos, como as cargas geradas. A este respeito referem que, devido ao conteúdo de água, quando a cobertura está umedecida o peso aumenta, podendo produzir uma deformação nas vigas. A opção de implantar vegetação em uma cobertura implica sobrecarga na estrutura que a suporta. Segundo Pouey (1998), na avaliação do carregamento total sobre a estrutura, dois tipos de cargas devem ser considerados: as permanentes e as acidentais. Esta última leva em conta o tipo de atividade que será exercida nesta cobertura.

As cargas consideradas permanentes, para Pouey (1998), são: peso de todas as camadas – como regularização, impermeabilização, proteção, drenante, substrato em estado saturado, e outras que venham a constituir a cobertura. Também são consideradas cargas permanentes, pela autora, o peso da água retida e o peso da vegetação em si. Há que se considerar, também, cargas pontuais, como aberturas zenitais, chaminés, etc. Sempre que possível, estas devem se aproximar dos elementos estruturais, colocando-as, por exemplo, diretamente sobre as vigas de sustentação.

Para Britto (2001), as cargas acidentais também deverão ser consideradas no cálculo da estrutura, e levam em conta a circulação de pessoas e máquinas de manutenção, além da sobrecarga gerada pelo depósito de materiais de construção sobre a mesma.

Para os casos de reforma, pode-se considerar que, de modo geral, o tipo de cobertura mais indicado é o extensivo, pois, possuindo camadas com pouca espessura, pesa menos que um lastro convencional de brita ou seixo rolado. Esta característica evita o sobrecarregamento da estrutura existente. Esta afirmativa é reforçada, pois:

As coberturas vivas são aconselháveis, também, em reformas, desde que as estruturas estejam preparadas para resistir à sobrecarga que estas suportam. Esta resistência exigida para as estruturas existentes não têm que ser necessariamente muito elevada, já que os ajardinamentos são bastante leves. Por exemplo, para uma cobertura com um substrato de uns 6 a 7cm de espessura, do tipo extensivo, a sobrecarga é de aproximadamente  $100\text{Kg}/\text{m}^2$ , incluindo todo o sistema, a vegetação e uma retenção de água de em torno de  $23\text{ l}/\text{m}^2$ . Em coberturas de maior porte, com substratos de 20cm, a sobrecarga é de aproximadamente  $300\text{Kg}/\text{m}^2$ , com capacidade de retenção de água de aproximadamente  $105\text{ l}/\text{m}^2$ . Definitivamente, a sobrecarga

está em função do que o paisagista ou arquiteto queira colocar na cobertura (ZINCO, 1998)<sup>6</sup>.

#### 4.1.5 Outras Recomendações de Projeto

Apesar das inúmeras semelhanças, as coberturas extensivas não funcionam como um jardim ao nível do solo e, por este motivo, deve-se prever algumas situações em projeto, atendendo a necessidades específicas deste tipo de cobertura. De forma resumida, Britto (2001) cita aspectos que devem ser levados em conta neste tipo de intervenção na edificação, alguns deles já mencionados em itens anteriores (em função de algum componente da cobertura). São eles:

5. proteção e integridade da estrutura;
6. drenagem das águas residuais da cobertura;
7. plantações de pouco peso;
8. adaptação ao clima: ventos, sol e chuvas;
9. seleção dos materiais estruturais, impermeabilização, instalações e água, como parte integrante do projeto;
10. segurança para os usuários;
11. facilidade de manutenção.

Outro fator importante a ser observado é que não haja nenhuma incompatibilidade entre os componentes das coberturas. Britto (2001) conta que isto pode acontecer entre as camadas de proteção (mantas geo-têxteis) e o material utilizado na membrana de impermeabilização, ou na estrutura da cobertura. A autora conta que, em alguns casos, a capa de proteção anti-raiz pode ser incompatível com o substrato. A mesma autora menciona que a auto-construção de coberturas extensivas é comum no norte da Europa, e recomenda que seja aplicada a pequenas coberturas apenas. Para coberturas maiores, com grandes estruturas, a autora sugere que seja contratada uma empresa especializada, a fim de evitar-se erros que comprometam a obra.

No Brasil, no entanto, até a data de conclusão desta pesquisa (2005), ainda não há firmas especializadas neste tipo de técnica construtiva. Pela falta de cultura no uso de coberturas extensivas, essa foi uma indústria que não se desenvolveu em nosso país. O profissional que decide executar um projeto com cobertura extensiva tem, como alternativa mais próxima

---

<sup>6</sup> Informações do catálogo de produtos da empresa alemã ZinCo, especializada em fornecer e executar coberturas vivas.

disso, coordenar o trabalho terceirizado de execução, contratando uma empresa que fará a impermeabilização, outra que fará o paisagismo, juntamente com uma mão-de-obra, que deverá receber treinamento. Por este motivo, as iniciativas de construção destas coberturas ainda são bastante escassas, e as informações sobre elas se tornam cruciais aos profissionais que queiram executá-las.

## 4.2 REQUISITOS RELATIVOS à EXECUÇÃO

Durante a execução, alguns cuidados devem ser tomados a fim de assegurar um bom funcionamento da cobertura extensiva. Em primeiro lugar, faz-se necessário um minucioso estudo e entendimento do projeto, que deverá ser respeitado na íntegra, evitando assim improvisos durante a montagem da cobertura. Para que isto seja possível, o projeto executivo deve ser pormenorizado, com todas as especificações de materiais, dimensões e detalhes técnicos da estrutura.

Durante a colocação da manta de impermeabilização, é importante que se evite ao máximo a circulação de pessoas sobre a cobertura, assim como se deve evitar que pregos e outras ferramentas, anteriormente empregadas para a fixação da estrutura, permaneçam em sua superfície. Estas medidas buscam evitar furos ou danos, que possam provocar o rompimento da manta, o que prejudicaria irremediavelmente seu desempenho como impermeabilizante, comprometendo por completo o bom funcionamento da cobertura. Ainda a respeito da impermeabilização, quando se utiliza manta asfáltica, o ideal é que suas emendas sejam soldadas a ar quente, em alta frequência, a fim de evitar que a água suba por capilaridade.

Minke (2004) alerta para o fato de que, durante a execução, o peso calculado (para a estrutura) não seja ultrapassado, por transporte ou armazenagem de material sobre a cobertura. Segundo o autor, quando se delega a uma empresa a execução da cobertura viva, é aconselhável estabelecer que, na etapa de finalização, tome-se cuidados especiais, como por exemplo:

1. irrigação inicial;
2. irrigação durante a semeadura;
3. semeadura e/ou plantios posteriores.

### 4.3 REQUISITOS RELATIVOS à MANUTENÇÃO

Durante a manutenção, seja durante eventuais podas ou trabalhos de jardinagem, é imprescindível ter cuidado para não causar danos à camada drenante ou à manta impermeabilizante.

Minke (2004) afirma que quando a cobertura foi bem executada, com todos os cuidados de projeto e execução tendo sido tomados, e se não houver um período muito longo de seca, não é necessária manutenção à vegetação. O autor diz, também, que a cobertura viva não deve ser cortada, o que poderia secá-la demasiado rápido, além de provocar perda de substância orgânica. O autor menciona, ainda, que onde se corta a vegetação com frequência (desde que não em demasia), o substrato deveria ser adubado, a fim de manter a sua fertilidade.

#### 4.3.1 Irrigação

Lengen (2004) ressalva que, apesar de, para um país tropical, coberturas vivas serem ótimas soluções para construir casas e edifícios, nas épocas de seca é necessário regá-las. Pouey (1998) salienta que a profundidade do substrato tem relação direta com frequência de irrigação. Sendo assim, camadas de terra com pequena profundidade exigem maior frequência de irrigação, chegando a mais de uma vez ao dia, em períodos de calor e seca.

Assim como todo o projeto do telhado vivo, também o sistema de irrigação deve fazer parte do projeto da edificação como um todo. Pouey (1998 apud TANDY *et al.*, 1976), indica que o sistema de irrigação mais adequado é aquele constituído por aspersores, que podem regar em círculos. A autora chama a atenção para que o projetista tenha cuidado na disposição de tais equipamentos, de modo que estes não alcancem transeuntes ou cheguem a propriedades vizinhas. Esta solução é mais indicada às coberturas planas ou com pouca inclinação. Segundo a autora, outra alternativa para o sistema de irrigação é a utilização de tubulações subterrâneas. A água da chuva, devidamente recolhida de telhados adjacentes, pode ser armazenada e então canalizada e utilizada para posterior irrigação. Minke (2004) sugere irrigação por gotejamento, através de mangueiras, posicionadas sobre o substrato a partir da parte mais alta da cobertura.

### **4.3.2 Podas**

Minke (2004) afirma que as coberturas vivas com um denso colchão de grama têm uma alta taxa de evaporação, mas que, devido à formação do orvalho, recebem neste ciclo de um dia sua umidade de volta. Em períodos muito longos de seca, e particularmente em coberturas muito inclinadas, voltadas para o sol ou para substratos com pouco armazenamento de água, o mesmo autor diz que a irrigação artificial pode se justificar.

Uma forma relativamente simples e barata de prover irrigação à cobertura é utilizando a técnica de gotejamento. Esta técnica consiste em agregar uma mangueira furada na parte mais alta da cobertura, ligada a uma torneira próxima. Vale lembrar que a cobertura viva extensiva tem, em geral, a propriedade de se auto-regenerar espontaneamente.

### **4.3.3 Outras Utilizações da Cobertura**

Para Minke (2004), as coberturas vivas extensivas não devem ter tráfego de pessoas sobre si, a não ser nas situações de manutenção da vegetação. O autor menciona que, nestes casos, deveriam ser usados pedaços da superfície da cobertura para caminhos e terraços, com pranchas de madeira ou de metal, por exemplo.

Colocar uma horta sobre cobertura plana é possível, mas tem pouco sentido, conta Minke (2004). Para o autor, a exposição direta de superfícies do substrato (falta de recobrimento vegetal) produz fortes variações de umidade e temperatura, o que não é propício ao crescimento de plantas de cultivo. Minke (2004) afirma que o cultivo de frutas, verduras e legumes pertence ao jardim e não à cobertura – ver ítem 6.1.3, sub-ítem d, página 154.

## 5 APRESENTAÇÃO DAS OBRAS LEVANTADAS

Neste capítulo, serão apresentadas as dez obras levantadas, através de dois tópicos, anteriormente comentados, no ítem 2.3 (Detalhamento da Pesquisa):

- a) Dados da Edificação e da Cobertura Viva;
- b) Composição e Descrição da Cobertura Viva.

O primeiro ítem, trata de dados técnicos relativos à edificação e à cobertura, e é expresso através de um quadro, resumindo as respostas fornecidas pelos entrevistados. O segundo ítem é expresso através de material gráfico, levantamentos fotográficos e textos, comentando os aspectos que mais se destacam em cada obra. Este ítem, portanto, possui um caráter descritivo, possibilitando ao leitor um maior conhecimento sobre cada obra, separadamente.

### 5.1 RESIDÊNCIA 1 NO BAIRRO ASSUNÇÃO – PORTO ALEGRE – RS

Data da entrevista: 10/04/2005

#### 5.1.1 Dados da Edificação e da Cobertura Viva

A seguir (quadro 19) são expressos, de forma sucinta, dados relativos à edificação, e também as principais informações técnicas e construtivas da cobertura viva apresentada. Estes dados também são comentados no ítem seguinte (5.1.2), e analisados no capítulo 6.

Uso da edificação	residência unifamiliar e escritório de arquitetura
Data de início da obra	1978 (término da obra e início da moradia em 1979)
O projeto foi concebido com cobertura viva	sim
Tempo de construção da cobertura viva	o entrevistado não respondeu a este ítem
Orientação solar	cobertura voltada para sul
Sistema estrutural da cobertura	vigas e lajes em concreto armado
Inclinação da cobertura	inclinação variável, entre 20° e 30° – forte inclinação
Peso estimado por m <sup>2</sup> (com terra molhada)	o entrevistado não respondeu a este ítem
Drenagem	calha em concreto, moldada com o restante da estrutura.

Impermeabilização da estrutura	manta asfáltica
Tipo de substrato	terra preta
Tipo de substrato	terra preta
Altura do substrato	25cm
Espécies vegetais empregadas	<i>Zoysia japonica</i> . Nomes comuns: grama-esmeralda, zoísia-silvestre, grama-zoísia, zoísia; <i>Asparagus densiflorus</i> . Nomes comuns: aspargo-pendente, aspargo ornamental, aspargo.
Houve reposição das espécies vegetais	sim, em 2002
Estado da vegetação na visita ao local	bom, cobrindo toda a superfície do substrato.
Tipo de manutenção feita	eventual retirada de inços, e a irrigação nos meses quentes. Após 24 anos, substituição da manta, substrato e vegetação.

Quadro 19: resumo dos dados da cobertura viva da Residência 1 no bairro Assunção

### 5.1.2 Composição e Descrição da Cobertura Viva

A estrutura da cobertura é em concreto, com vigas que vencem vãos entre 10 e 12 metros. A inclinação das lajes varia entre 20° e 30°, por toda a extensão da cobertura (figura 31).

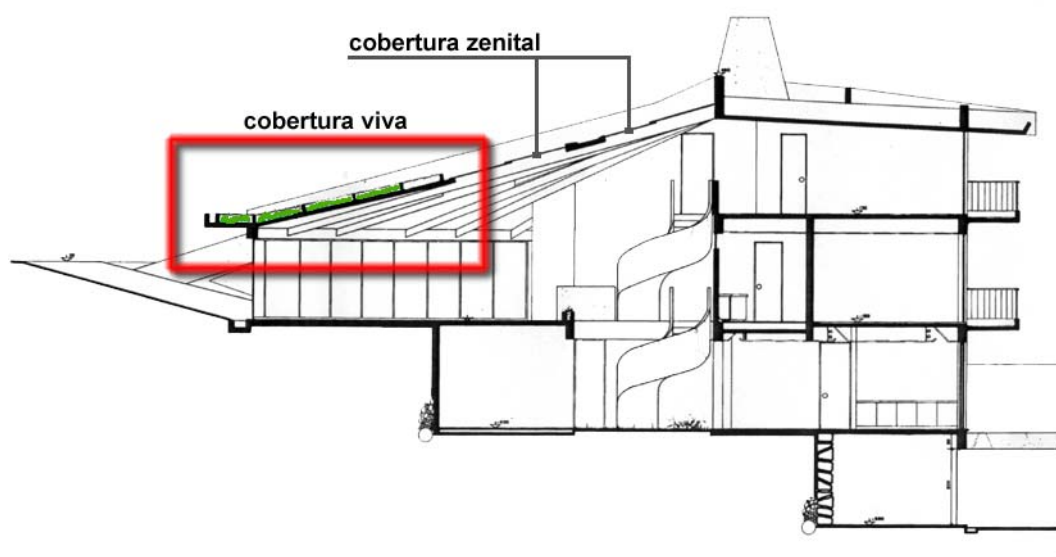


Figura 31: corte esquemático da Edificação 1 no bairro

<sup>7</sup> Baseado em Acervo Particular. DEBIAGI, J. Porto Alegre, 1978.

As lajes (entre as vigas) foram impermeabilizadas com manta asfáltica – na época importada, pois não havia disponível no mercado brasileiro – e, posteriormente, foi acrescentada uma camada de 25cm de terra preta e uma camada de grama (figura 32).



Figura 32: grama sobre as lajes entre vigas

O arquiteto não recorda qual espécie de grama foi utilizada, mas lembra que não era de Porto Alegre, e foi encomendada através de uma floricultura. As características desta grama, para ele, são qualidade estética e boa resistência. A terra utilizada foi comum, não recebendo adubo ou qualquer outro cuidado especial. Durante a elaboração da pesquisa, a vegetação original foi identificada como grama-esmeralda.

Uma maneira de manter a umidade da terra e grama foi a colocação de “travessas” de tijolos, que acumulam um pouco da água que percorre a cobertura. Os tijolos ficam sobre a manta, e não são impermeabilizados, impregnando-se com a água das chuvas, assim como a terra e a grama. Quando o volume d’água extravasa, o fluxo é conduzido a uma canalização pluvial, através de uma calha, localizada na parte mais baixa do telhado (figura 33).





Figura 33: calha de concreto impermeabilizada

A drenagem acontece em dois pontos do telhado, sendo um antes da grama, recolhendo a água que escorre dos vidros (figura 34), e um depois da grama, que recebe a água que não foi absorvida pela mesma (figura 35)



Figura 34: calha anterior à cobertura viva



Figura 35: calha posterior à cobertura viva

Uma vantagem desta técnica construtiva, para o projetista, é a proteção térmica da impermeabilização, proporcionada pela espessa camada de terra sobre ela (o que, além de impedir a incidência direta de radiação solar, diminui a variação térmica a que a manta é submetida).

O arquiteto aponta que, no caso de sua residência, o isolamento térmico em seu interior não foi uma premissa na escolha da cobertura viva, já que o restante desta é composta por vidro, no mesmo plano. Este isolamento, portanto, poderia ser considerado um ganho extra, mas certamente tem seu desempenho prejudicado (em função dos vidros existentes).

A principal vantagem do uso de vegetação na cobertura de sua casa, para o arquiteto e proprietário, é a continuação visual do jardim pela cobertura, o que mostra a intenção projetual visando a estética (figura 36).



Figura 36: continuação do jardim pela cobertura, vista da fachada

O arquiteto não relata nenhuma dificuldade encontrada com o uso da cobertura viva nesta obra, em nenhuma das etapas (construção e moradia). Como cuidado principal durante a construção, o autor do projeto destaca a importância dada à execução da impermeabilização, evitando obstáculos, como tubos ou canos, atravessando-a.

A deterioração da impermeabilização (manta asfáltica) aconteceu em 2002, durando, portanto, vinte e três anos. O entrevistado conta que a ruptura da manta deu-se em função do desgaste natural do material, e também, da falta de cuidado, por parte das pessoas que faziam reparos no telhado, como limpeza dos vidros e jardinagem que, eventualmente, mexiam na terra e cortavam a grama. A grama foi a mesma desde o início da obra (figura 37) até ser substituída, em 2004.





Figura 37: grama original fotografada em 2003, antes da reforma

O arquiteto assemelha essa manutenção à existente em qualquer jardim gramado, de modo geral. A terra e a grama mantêm-se constantemente úmidas, graças a um sistema simples, criado por ele, descrito anteriormente (colocação de travessas de tijolos). Relata, ainda, que a manutenção que a grama recebeu foi a eventual retirada de inços, e a irrigação nos meses quentes. Sobre a estimativa de custos da coberturas vivas, comparativamente aos métodos tradicionais, o entrevistado fala que a cobertura viva foi concebida junto com o restante da casa, e que não saberia precisar seu custo ou compará-lo a outra técnica, pois a obra foi elaborada como um conjunto.

## 5.2 RESIDÊNCIA NO ASSENTAMENTO BELO MONTE – ELDORADO DO SUL – RS

Data da entrevista: 12/03/2005

### 5.2.1 Dados da Edificação e da Cobertura Viva

A seguir (quadro 20) são expressos, de forma sucinta, dados relativos à edificação, e também as principais informações técnicas e construtivas da cobertura viva apresentada. Estes dados também são comentados no ítem seguinte (5.2.2), e analisados no capítulo 6.

Uso da edificação	residência unifamiliar
Data de início da obra	17/12/2003 (início da moradia em 17/10/2004)
O projeto foi concebido com cobertura viva	sim
Tempo de construção da cobertura viva	sete dias
Orientação solar	coberturas voltadas para todas as orientações
Sistema estrutural da cobertura	toras de madeira (Eucalipto)
Inclinação da cobertura	variável entre 3,6° e 16° – de leve inclinação
Peso estimado por m <sup>2</sup> (com terra molhada)	250 Kg
Drenagem	a água passa por uma faixa de brita, e escoa pelas frestas entre as pedras do beiral
Impermeabilização da estrutura	manta de PEAD
Tipo de substrato	terra retirada do próprio local (argilosa), com percentual entre 30% e 40% de areia
Altura do substrato	13cm
Espécies vegetais empregadas	relvado – conjunto de espécies gramíneas, retiradas do próprio local
Houve reposição das espécies vegetais	não
Estado da vegetação na visita ao local	ressecada, porém cobrindo toda a superfície do substrato
Tipo de manutenção feita	devido às infiltrações causadas pelas emendas feitas na manta, foi necessário remover partes da cobertura, refazer a impermeabilização e reaplicar o substrato e a vegetação.

Quadro 20: resumo dos dados da cobertura viva no Assentamento Belo Monte

### 5.2.2 Composição e Descrição da Cobertura Viva

A casa utiliza técnicas rústicas e de baixo impacto ambiental, como paredes de super adobe (terra compactada) e blocos cerâmicos sem queima (figura 38). O telhado é estruturado em madeira de eucalipto, sob a forma de toras irregulares, provenientes do próprio local onde se encontra o assentamento.



Figura 38: vista geral da casa, pelo acesso principal



Figura 39: amarras com cinta de ferro e parafusos

No interior da casa (figuras 39 e 40 ), assim como no alpendre (figura 41), o forro é composto por tábuas de retalhos de eucalipto, comprados de uma madeireira próxima.



Figura 40: tesouras de ripas de eucalipto



Figura 41: alpendre com toras e tábuas

A principal vantagem descrita pelo morador foi a diferença de sensação térmica, sob o telhado, no verão. Segundo ele, em dias quentes, mesmo com as portas e janelas abertas, estar na sala de sua residência era mais fresco do que em qualquer outra residência vizinha. A segunda vantagem descrita foi o uso dos materiais locais, fato que contribuiu para baratear a obra. O fator estético, embora não prioritário, foi também citado, pois, segundo ele, na primavera o telhado esteve repleto de flores do campo.

Uma dificuldade descrita pelo morador foi o tempo de construção do telhado em relação ao restante da casa. Segundo ele, enquanto as paredes e o piso foram construídos em vinte e oito dias, o telhado levou de três a quatro meses para ser finalizado. A explicação encontrada pelo residente é que o projeto arquitetônico possui muito requinte, muitos planos, o que dificulta sua execução, principalmente levando-se em conta a irregularidade das toras de eucalipto disponíveis, que foram medidas e cortadas, uma a uma, no próprio local da obra. Esta dificuldade, portanto, não está relacionada a nenhuma camada construtiva da cobertura em si, e sim à relativa complexidade do projeto, frente aos materiais e técnicas construtivas empregados para estruturá-la.

Outra dificuldade enfrentada pelo usuário é no que se refere às infiltrações existentes (figura 42), ocasionadas pela técnica de emendas empregada: a impermeabilização, feita com manta de PEAD de 0,8mm, teve suas emendas feitas com pintura asfáltica, no local. Com a oscilação



térmica, os materiais trabalham de forma diferente, o que gera microfissuras facilitadoras da passagem d'água.



Figura 42: infiltração no interior da casa

O morador sugere que, em próximas obras, se utilize solda em alta temperatura, a exemplo do que fornece a PlastSul. Para esta obra, em específico, o não uso desta técnica de impermeabilização deu-se em função do custo. O proprietário destaca, como cuidado necessário a uma cobertura viva, em primeiro lugar, um projeto com menos planos, um telhado mais simples, que facilite sua execução (principalmente por não contar com mão de obra especializada) e reduza o número de emendas. A técnica das emendas, conforme anteriormente relatada, também deve contribuir para um bom desempenho após a construção, evitando ao máximo a necessidade de manutenção.

Até o momento da entrevista, o telhado havia sido experimentado, com moradores, durante as estações da primavera e verão. Neste período, a manutenção concentrou-se na impermeabilização. Após algumas infiltrações, localizadas onde havia encontro de planos do telhado e próximo à chaminé, o próprio morador efetuou a troca de pedaços da manta de PEAD. Esse processo foi trabalhoso, já que para isso foi necessário retirar a grama, a terra, a brita (em alguns locais) e a leiva, para então chegar até a manta e, após a troca, recompor novamente essas camadas do telhado. No que se refere à vegetação, a manutenção, até o momento da visita, foi desnecessária. Este fato foi explicado pelo residente como consequência da escolha da vegetação, chamada por ele “grama de potreiro” (figura 43).





Figura 43: grama sobre a cobertura

Segundo o proprietário, embora menos verde que outras espécies de grama, esta possui fácil adaptação ao clima local, já que se encontra no próprio terreno (de onde foi trazida). Suas características são a rusticidade e a resistência, não necessitando ser regada ou aparada. A adubação também não foi feita, mas o residente não descarta a hipótese de, com o tempo, jogar sobre a grama um pouco de terra do mato próximo, para este fim. Ainda sobre a grama, relata que as sementes de flor do campo já se encontravam na mesma, e que o processo de auto-regeneração desta é melhor no telhado do que no jardim, por não haver sobre ela tráfego de pessoas ou animais.

### 5.3 ANEXO NA CASA DE SOFIA – PORTO ALEGRE – RS

Data da entrevista: 12/04/2005

#### 5.3.1 Dados da Edificação e da Cobertura Viva

A seguir (quadro 21) são expressos, de forma sucinta, dados relativos à edificação, e também as principais informações técnicas e construtivas da cobertura viva apresentada. Estes dados também são comentados no ítem seguinte (5.3.2), e analisados no capítulo 6.

Uso da edificação	espaço de convívio junto a churrasqueira
Data de início da obra	15/10/2004 (término em 17/10/2004)
O projeto foi concebido com cobertura viva	sim
Tempo de construção da cobertura viva	2 dias
Orientação solar	cobertura voltada para norte
Sistema estrutural da cobertura	assoalho de eucalipto, sobre caibramento,
Inclinação da cobertura	2° – cobertura plana
Peso estimado por m <sup>2</sup> (com terra molhada)	180 Kg
Drenagem	tubo plástico perfurado e saída do dreno por gárgula
Impermeabilização da estrutura	manta de PEAD
Tipo de substrato	mistura de terra preta (85%) e areia de
Altura do substrato	10cm
Espécies vegetais empregadas	<i>Sedum multiceps</i> . Nome comum: estrelinha-gorda; <i>Sedum spectabile</i> . Nome comum: sedum-vistoso, sedum-espetacular; <i>Kalanchoe fedtschenkoi</i> . Nome comum: calancoê-fantasma; <i>Portulaca oleracea</i> . Nomes comuns: beldroega, onze-horas; <i>Cuphea gracilis</i> . Nomes comuns: cuféia, érica,
Houve reposição das espécies vegetais	não, até o momento da visita ao local
Estado da vegetação na visita ao local	ressecada, com grandes superfícies do substrato descobertas
Tipo de manutenção feita	ainda não foi executado, mas está previsto um detalhamento a ser desenvolvido, em função das infiltrações causadas pelas dobras e arremates da manta de PEAD.

Quadro 21: resumo dos dados da cobertura viva da Casa de Sofia

### 5.3.2 Composição e Descrição da Cobertura Viva

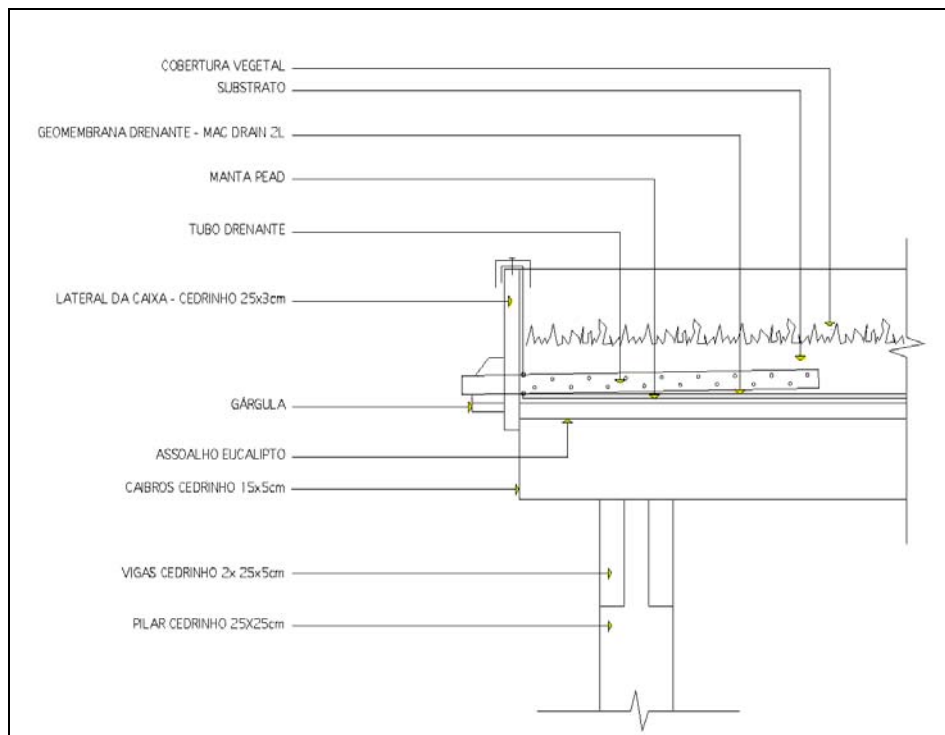


Figura 44: detalhe construtivo da cobertura <sup>8</sup>

O condomínio de escritórios de arquitetura e design Casa de Sofia substituiu um antigo telhado de fibrocimento, que se encontrava deteriorado, pela cobertura viva. Para isso, foi construída uma estrutura de madeira com pilares, vigas, caibros e assoalho, com uma inclinação de 4,5%. A borda é guarnecida de espelhos, configurando uma “piscina”, que serve de suporte para a cobertura viva (figura 45). A cobertura recebeu inicialmente uma impermeabilização de lona simples, tendo sobre ela apenas uma camada de brita. Esta configuração já mostrou falha no início do processo de montagem, que permaneceu interrompida por mais de um ano.

<sup>8</sup> Detalhe técnico fornecido pelo arquiteto Cristhian Ilanes, integrante da Casa de Sofia, e um dos autores do projeto, em 2004.



figura 45: cobertura viva sob suporte aparente

Especificou-se, em um novo projeto, a manta de PEAD, de 0,8mm, como impermeabilizante. A camada de brita foi substituída por uma camada do geosintético *Mac Drain 2L*, do fornecedor Maccaferri. Esta camada percorre toda a área da base, e envolve um tubo plástico perfurado, que serve de dreno. O substrato utilizado foi uma mistura de terra preta com areia média, formando uma camada de 10 cm acima da geo-membrana drenante. Foram misturadas gramíneas e suculentas, com a dispersão de sementes e plantio de mudas de *Sedum sp.* Partindo da estrutura já montada, foram executados os seguintes passos:

- a) instalação da manta de PEAD;
- b) instalação do dreno e soldagem, a quente, da luva (de PEAD, onde o dreno está envolto) na geomembrana;
- c) instalação da geo-membrana drenante *Mac Drain 2L*;
- d) colocação do substrato (mistura de terra preta e areia);
- e) plantio das sementes e mudas.

Um problema na execução desta cobertura viva deu-se quando o fornecedor da manta de PEAD (que vendeu, juntamente com o material, o serviço de colocação da manta na cobertura), teve dificuldade para trabalhar com pequenas dobras e soldas. Essa dificuldade ocasionou infiltrações, como a que pode ser vista por baixo da cobertura (figura 46).



Figura 46: infiltração na cobertura

Outra infiltração também é visível junto à saída do dreno (figura 47).



Figura 47: saída do dreno

A partir da constatação destes problemas, o arquiteto entrevistado afirma que será desenvolvido pelo escritório um detalhe construtivo, a ser implementado na cobertura, para que seja modificada a forma do arremate da manta (figuras 48 e 49).



Figura 48: recortes da manta nas bordas



Figura 49: sobreposição da manta

Um ítem de projeto destacado pelo entrevistado é o da drenagem desse tipo de cobertura. Segundo ele, o tempo de permanência da água na cobertura deve ser projetado com atenção, para que a drenagem não seja excessiva (o que ocorreu com sua cobertura). A cobertura viva, quando não possui um sistema de retenção da água coletada através das chuvas, tende a ficar ressecada em períodos de poucas (ou sem) chuvas. No caso desta cobertura, extensiva e plana, a terra pode ficar ácida (por falta de oxigênio), se for utilizado pouco substrato. Devido à pouca inclinação, o ideal é que a altura do substrato seja maior do que os 10cm empregados.

A pouca atenção dada a esse ítem, para o entrevistado, deve-se ao fato de, muitas vezes, o projetista prever a saída da água da cobertura como quem faz a drenagem de um terreno, e as duas situações têm naturezas bastante distintas. O desafio aos projetistas é o equilíbrio de se ter uma boa retenção da água na cobertura, adequando-se a períodos secos e chuvosos.

Foram utilizadas diversas espécies de suculentas, como *Erica* e *Sedum sp* (a que teve melhor desempenho, até o momento da entrevista). Algum inço nasceu, mas a idéia é que as plantas se equilibrem entre si, naturalmente. No primeiro dia de cobertura viva foram colocadas folhas secas sobre a mesma, a fim de tapar o sol direto (que no dia era muito intenso). A partir daí, a frequência da irrigação tem sido semanal.

## 5.4 COBERTURA NO BAIRRO MOINHOS DE VENTO – PORTO ALEGRE – RS

Data da entrevista: 05/07/2005

### 5.4.1 Dados da Edificação e da Cobertura Viva

A seguir (quadro 22) são expressos, de forma sucinta, dados relativos à edificação, e também as principais informações técnicas e construtivas da cobertura viva apresentada. Estes dados também são comentados no ítem seguinte (5.4.2), e analisados no capítulo 6.

Uso da edificação	área externa em cobertura de apartamento
Data de início da obra	fevereiro de 2005
O projeto foi concebido com cobertura viva	não, a cobertura viva é fruto de uma reforma
Tempo de construção da cobertura viva	um dia
Orientação solar	cobertura inclinada voltada para leste
Sistema estrutural da cobertura	bandejas de concreto celular, sobre estrutura em madeira
Inclinação da cobertura	o autor do projeto não respondeu a este ítem. Por observação, pode-se considerá-lo de forte inclinação.
Peso estimado por m <sup>2</sup> (com terra molhada)	110 kg
Drenagem	calha metálica externa à estrutura
Impermeabilização da estrutura	a água escorre sobre telhas <i>Onduline</i>
Tipo de substrato	turfa, cascas de árvores, esterco e outras variantes
Altura do substrato	5cm
Espécies vegetais empregadas	<i>Callisia repens</i> . Nome comum: dinheiro-em-penca; <i>Sedum multiceps</i> . Nome comum: estrelinha-gorda.
Houve reposição das espécies vegetais	não, até o momento da visita
Estado da vegetação na visita ao local	bem adaptada, cobrindo toda a superfície do substrato
Tipo de manutenção feita	nenhuma, até o momento da visita

Quadro 22: resumo dos dados da cobertura viva no bairro Moinhos de Vento

### 5.4.2 Composição e Descrição da Cobertura Viva



O “Ecotelhado” é um produto patenteado pela construtora Bella Vita. Sua idéia é implementar um sistema de fácil montagem, através de bandejas de concreto celular, com medidas pré-definidas, onde as espécies de plantas são depositadas. Cada módulo que compõe o “Ecotelhado” é chamado de “Ecotelha” (figura 50).



Figura 50: “Ecotelha”<sup>9</sup>

As especificações técnicas do “Ecotelhado” são:

- c) dimensões: 36cm (largura) x 69cm (comprimento) x 7cm (espessura);
- d) peso por unidade (saturado de água): 24,5 Kg;
- e) peso (saturado de água): 98 Kg/ m<sup>2</sup>;
- f) quantidade por m<sup>2</sup>: 4 “Ecotelhas”;
- g) altura do substrato no interior das “Ecotelhas”: 5cm.

Através de um furo no interior de cada célula, a idéia é que a água da chuva passe, escorrendo por um telhado composto por telhas do tipo *Onduline*. Outra opção é substituir a telha por manta de PEAD sobre telhado convencional (telhas cerâmicas ou Brasilit, por exemplo). Neste tipo de telhado não são utilizadas gramíneas, e sim espécies que requerem pouca irrigação, com crescimento lento. O autor de projetos entrevistado conta que o sistema radicular destas plantas é adaptado a temperaturas altas e são espécies que se desenvolvem em

<sup>9</sup> Acervo Particular. FEIJÓ, J. Porto Alegre, 2005.



solos rasos e rochosos, características que facilitam sua adaptação a um sistema construtivo como este.

Esta cobertura, no bairro Moinhos de Vento, era originalmente composta pela estrutura de madeira (que foi mantida), com telhas cerâmicas. Por uma escolha estética, a moradora optou por substituir as telhas cerâmicas pelo “Ecotelhado”. As bandejas já vêm com a terra e as plantas (figura 51), e são, então, depositadas no local.



Figura 51: “Ecotelhado”, alguns dias após sua montagem no local <sup>10</sup>

A idéia é que, após algum tempo, a vegetação cresça, fechando os vazios entre as bandejas, até que estas desapareçam por completo (figura 52), como foi verificado em visita ao local.

---

<sup>10</sup> Acervo Particular. FEIJÓ, J. Porto Alegre, 2005.



Figura 52: “Ecotelhado”, cinco meses após sua montagem

As bandejas em si não recebem amarração, sendo apoiadas sobre as telhas. O conjunto é inserido em uma grande bandeja metálica, presa à estrutura (figura 53). Nesta cobertura, próximo à parede existente as bandejas foram preenchidas com pedras, para que as plantas não chegassem a encostá-la (figura 54).



Figura 53: bandeja metálica segurando o conjunto



Figura 54: bandejas preenchidas com pedras próximo à parede

Segundo o construtor, este tipo de telhado não necessita mão-de-obra especializada, mas um bom cálculo de telhado (110Kg/ m<sup>2</sup>, quando úmido). Além deste peso, por segurança, é indicado prever também a carga decorrente do trânsito de pessoas, o que eventualmente poderá ocorrer, quando for feita manutenção. Outro cuidado importante, durante a construção do “Ecotelhado”, é respeitar os limites de inclinação: até no máximo 30° , sendo o mínimo de inclinação determinado pela telha (quando utilizada).

Sobre dimensões diferentes daquelas propostas pelas bandejas (60 x 35 x 7cm), o construtor afirma que podem ser utilizados múltiplos dessas medidas, desde que a célula mínima não seja alterada. Em caso de telhados com bordas curvas, o projeto deve circunscrever um retângulo (formado pelo “Ecotelhado”) em um círculo, e as bordas devem ser preenchidas com argila expandida, sem terra.

Como principais vantagens do uso de seu produto, o construtor destaca os seguintes aspectos:

- a) a “Ecotelha” vem plantada do viveiro, dando maior agilidade a obra.
- b) as bandejas da “Ecotelha” seguram o substrato em telhados inclinados;
- c) a bandeja da “Ecotelha” proporciona drenagem adequada às plantas (previamente selecionadas para esta estrutura);
- d) facilidade de remoção das bandejas de concreto, quando for necessário executar qualquer reparo no subtelhado.

Em entrevista realizada com a moradora, verificou-se que, após cinco meses de sua instalação, não houve necessidade de manutenção. Segundo o construtor, a manutenção é semestral ou anual, quando são retiradas sementes e vegetais estranhos ao telhado, e não necessita irrigação ou podas.

Por suas características, já anteriormente comentadas (boa resistência a períodos secos, necessidade de pouco substrato e sistema radicular horizontal), as espécies utilizadas no “Ecotelhado” são *Callisia repens* e *Sedum multiceps* (figura 55).



Figura 55: espécies vegetais utilizadas no “Ecotelhado”

Em relação `a impermeabilização, o construtor relata que a telha (ou a manta, conforme a escolha do cliente) é quem faz o escoamento e a impermeabilização do telhado. Assegura também que não há a possibilidade de cair terra no pluvial, pela maneira como a bandeja é composta. Há um filtro da água que vai para o pluvial. No fundo de cada concavidade da

“Ecotelha” há um pedaço de Bidim (manta geo-têxtil permeável), que, segundo o construtor, impede a saída do substrato.

No exemplo desta cobertura, observa-se a calha impermeabilizada, sem terra em seu interior (figura 56), mas com as plantas chegando até ela. O recolhimento da água vinda desta calha é conduzido ao pluvial, que foi encomendado a um serralheiro, diretamente pela cliente (figura 57).





Figura 56: calha impermeabilizada



Figura 57: calha e pluvial

Ao ser entrevistada, a moradora afirmou que estar sob esta cobertura, no verão, era mais fresco do que em qualquer outro local da casa, e que, atualmente, a sensação térmica, sob esta cobertura, é melhor do que a sentida com a cobertura anterior.

No *website* da construtora, o custo do “Ecotelhado” gira em torno de 50% a mais do que um telhado com estrutura em madeira e telhas cerâmicas. O autor do produto, ao ser entrevistado, não especificou seu custo por metragem quadrada.

## 5.5 POUSADA VILLA FLOR – NOVA PETRÓPOLIS – RS

Data da entrevista: 30/06/2005

### 5.5.1 Dados da Edificação e da Cobertura Viva

A seguir (quadro 23) são expressos, de forma sucinta, dados relativos à edificação, e também as principais informações técnicas e construtivas da cobertura viva apresentada. Estes dados também são comentados no ítem seguinte (5.5.2), e analisados no capítulo 6.

Uso da edificação	cabanas de pousada
Data de início da obra	2002 (a pousada ainda não foi inaugurada, mas a primeira casa com cobertura viva foi executada em 2003)
O projeto foi concebido com cobertura viva	sim
Tempo de construção das coberturas vivas (média por edificação)	de dois a três dias
Orientação solar	coberturas voltada para norte
Sistema estrutural da cobertura	em madeira – ripas e caibros de eucalipto <i>Lyptus</i> e colunas de eucalipto tratado
Inclinação da cobertura	30°, onde é cobertura viva – de forte inclinação
Peso por m <sup>2</sup> (com terra molhada)	160Kg
Drenagem	calha metálica preenchida com brita
Impermeabilização da estrutura	manta de PEAD
Tipo de substrato	terra preta (75%), casca de arroz carbonizada (20%), composto orgânico de javalis (cama de javali, que é composto pela palha e esterco) (5%)
Altura do substrato	em média 15 cm
Espécies vegetais empregadas	todas as que constam na tabela desenvolvida por Toni Backes (ítem 4.1.2) foram testadas nas cabanas da pousada
Houve reposição das espécies vegetais	somente em alguns casos, por escolhas estéticas (não foram especificados, pelo arquiteto entrevistado, quais)
Estado da vegetação na visita ao local	bem adaptada, cobrindo toda a superfície do substrato
Tipo de manutenção feita	irrigações esporádicas no verão de 2005, retirada de inços e adubação semestral, com adubos químicos

Quadro 23: resumo dos dados das coberturas vivas na Pousada Villa Flor

### 5.5.2 Composição e Descrição da Cobertura Viva

A seguir (figura 58), o arquiteto entrevistado (um dos autores do projeto), fornece um detalhe construtivo da cobertura.

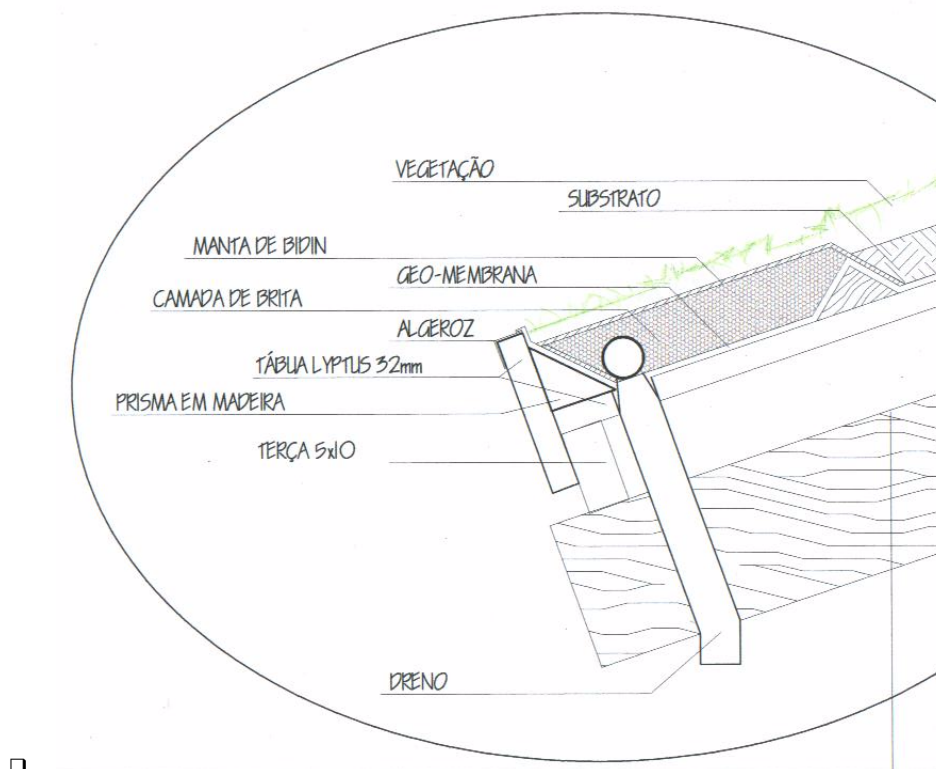
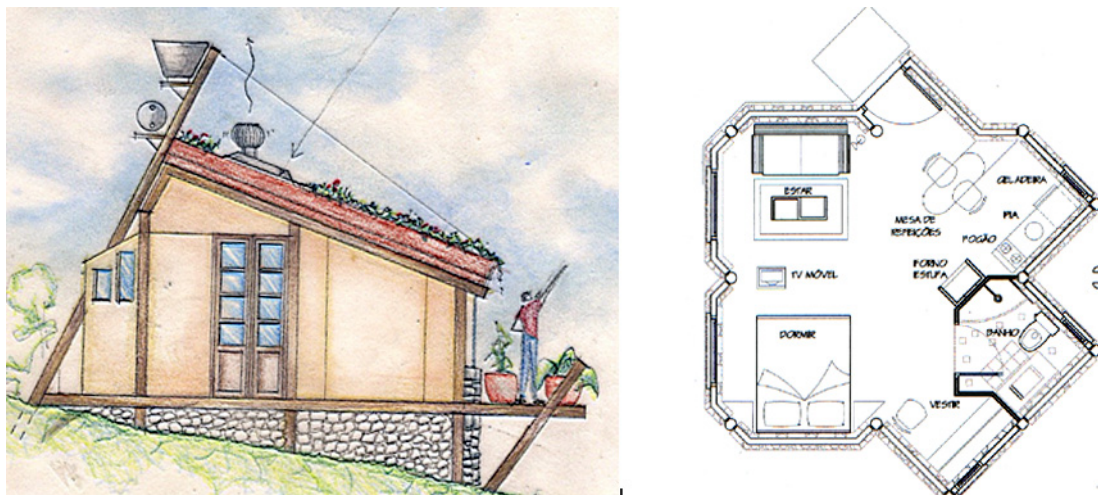


Figura 58: detalhe construtivo da cobertura (MENZ, 2004)

O empreendimento da pousada, que ainda está sendo executado, abrange 10 hectares de área total, com vinte e seis cabanas, doze apartamentos, restaurante, lago, quadra de tênis coberto e cavalariças, com acesso ao público externo. Este projeto foi o primeiro desenvolvido em conjunto por uma equipe, formada por dois arquitetos e um agrônomo. Inicialmente, junto com a implantação, foi previsto um projeto básico de cabana, já idealizado com cobertura viva. Esta cabana (figuras 59 e 60) foi executada logo no início da obra, e passou a ser chamada de protótipo.



Figuras 59 e 60: croquis de elevação e planta-baixa da cabana protótipo (MENZ, 2004)

A construção das cabanas prioriza conceitos de bio-arquitetura. Para isso, utiliza pedras locais, colunas de eucalipto tratado na estrutura, e eucalipto do tipo *Lyptus* nas tábuas e caibros que formam as duas águas da cobertura (figura 61).



Figura 61: madeiramento da estrutura do telhado (MENZ, 2004)

Também foi utilizado eucalipto *Lyptus* nos pisos e forros (figura 62). Os fechamentos são feitos com paredes duplas, compostas por duas chapas de OSB (*Oriented Strand Board*), que são painéis de madeira, fabricados com fibras de *Pinus*, aglomeradas com resina fenólica, uréia, formol e melamina (figura 63).





Figura 62: forro interno em Lyptus (MENZ, 2004)



Figura 63: detalhe das paredes em aglomerado OSB (MENZ, 2004)

Todas as esquadrias foram pintadas com tinta PVA, com uma composição especial, desenvolvida pelos profissionais. Sobre as tábuas de *Lyptus* da estrutura de sustentação do telhado estão o telhado vivo, e a calha de drenagem que o atende. O telhado possui 38m<sup>2</sup> de área coberta, e duas inclinações. Onde é usada vegetação, a inclinação é de 30° (figura 64).



Figura 64: inclinação de 30° dos telhados vivos

Onde é usada madeira (placas impermeabilizadas de *Lyptus*), a inclinação é de 60° (figuras 65 e 66).



Figuras 65 e 66: inclinação de 60° dos telhados em madeira  
(MENZ, 2004)

A primeira camada sobre as tábuas é responsável pela impermeabilização e por evitar que as raízes cheguem até a base de madeira. Essa camada é composta por pintura asfáltica, sob manta de PEAD de 0,8mm de espessura. Nas cabanas, a dimensão relativamente pequena da cobertura possibilitou a utilização de uma manta inteira, sem emendas (figura 67). O perímetro do beiral recebeu um arremate por algeroz, e na parte superior da cobertura foi colocado uma chapa dobrada (formando uma capa), devido aos dois furos citados anteriormente (ventilador eólico e domus), para evitar infiltrações naqueles pontos.



Figura 67: PEAD sem emendas (MENZ, 2004)

A manta de PEAD sobrepassa a beira da calha (de folha de flandres), a fim de prover estanqueidade naquele ponto, além de encaminhar o excesso de água para o escoamento, que será feito nas extremidades da calha (figuras 68 e 69).





□ Figura 68: ralo de escoamento (MENZ, 2004) Figura 69: escoamento da calha (MENZ, 2004)

Assentada diretamente sobre a lona impermeabilizante (manta de PEAD), está a camada de substrato, que possui, em média, 15cm e é composta de material de grande permeabilidade. A extremidade inferior do telhado possui uma calha de folha de flandres (figura 70), preenchida com brita (figura 71), que recebe as águas que não foram absorvidas, encaminhando-as até o dreno.



Figura 70: calha metálica (MENZ, 2004)



Figura 71: calha pronta (MENZ, 2004)

O substrato é separado da camada drenante (de brita), através de uma parede entre o substrato e a calha. O arquiteto entrevistado comenta ainda que, devido a inclinação do telhado, o excesso de água acaba sendo derramado sobre a calha, e que na parte inferior do substrato ocorre um acúmulo de água. Para estes locais (na parte mais baixa do telhado), a vegetação

escolhida deve ser adaptada a terras úmidas. O ponto mais alto dos telhados vivos tem duas aberturas (figura 72): um ventilador eólico e um domus (iluminação zenital).



Figura 72: ventilador eólico e iluminação zenital (MENZ, 2004)

Todas as cabanas possuem a mesma orientação solar, com o telhado vivo voltado para norte. Alguns telhados são mais sombreados que outros (figuras 73, 74, 75 e 76) havendo, assim, algumas diferenças nas espécies vegetais escolhidas para determinados locais.



Figura 73: incidência solar (MENZ, 2004)



Figura 74: cobertura com sombras (MENZ, 2004)





Figura 75: diferenças de espécies  
(MENZ, 2004)



Figura 76: cobertura florida  
(MENZ, 2004)

A descrição dos dados climáticos do local, feita pelo arquiteto, é de extremos de frio (no inverno), calor (no verão) e chuvas, ocorrendo, ocasionalmente, períodos secos prolongados no verão. Considerando que as coberturas vivas foram projetadas para grandes períodos sem manutenção, é necessária uma escolha criteriosa das espécies vegetais (figura 77).



Figura 77: plantio das espécies vegetais testadas <sup>11</sup>

<sup>11</sup> Acervo Particular. BACKES, M.A. Nova Petrópolis, 2004.

O relato do arquiteto entrevistado sobre a manutenção das coberturas, até o momento da entrevista, é de que foi praticamente nenhuma. No verão de 2005, no entanto, o período sem chuvas foi prolongado, e algumas regagens, esporádicas, foram providenciadas.

A predominância das espécies é de plantas suculentas (figura 78), que resistem muito bem a períodos secos. Preventivamente, foi recomendada a instalação de um sistema auxiliar de rega, para suprir a vegetação dos telhados nos períodos de seca atípica (o que, até o momento da entrevista, ainda não havia sido instalado).



Figura 78: vegetação na cobertura em junho de 2005

A relação completa das espécies vegetais testadas nas cabanas encontra-se no item 4.1.2, através da tabela de espécies vegetais indicadas para coberturas vivas no RS, elaborada por Toni Backes. Ao ser entrevistado, o agrônomo afirmou que todas as espécies da tabela foram empregadas nas cabanas da Villa Flor.

## 5.6 RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR EM NOVA PETRÓPOLIS – RS

Data da entrevista: 30/06/2005

### 5.6.1 Dados da Edificação e da Cobertura Viva

A seguir (quadro 24) são expressos, de forma sucinta, dados relativos à edificação, e também as principais informações técnicas e construtivas da cobertura viva apresentada. Estes dados também são comentados no ítem seguinte (5.6.2), e analisados no capítulo 6.

Uso da edificação	residência unifamiliar
Data de início da obra	maio de 2004 (a obra, até o momento da visita, ainda não havia sido entregue)
O projeto foi concebido com cobertura viva	sim
Tempo de construção da cobertura viva	de dois a três dias
Orientação solar	cobertura voltada para nordeste
Sistema estrutural da cobertura	vigas (de 16 metros de comprimento) e lajes (com espinhas-de-peixe, de 10cm de altura), em concreto armado
Inclinação da cobertura	inclinação de 44° – cobertura empinada
Peso por m <sup>2</sup> (com terra molhada)	160Kg
Drenagem	calha em concreto armado (formando um volume longitudinal que integra a estrutura da base), preenchida com brita grossa, e tubos perfurados na boca dos drenos
Impermeabilização da estrutura	pintura asfáltica e lona de PEAD
Tipo de substrato	terra preta (70%), casca de arroz carbonizada (20%), composto orgânico de aviário (cama de aviário, que é composto pela palha e esterco) (10%), aproximadamente
Altura do substrato	15cm
Espécies vegetais empregadas	<i>Asparagus densiflorus</i> . Nomes comuns: aspargo-pendente, aspargo-ornamental, aspargo; <i>Plectranthus neochilus</i> . Nome comum: boldo-anão; <i>Bulbine frutescens</i> . Nome comum: bulbine; <i>Polygonum capitatum</i> . Nomes comuns: tapete-inglês, hexineum; <i>Iris sp.</i> Nome comum: iris-variegata; <i>Lavandula angustifolia</i> . Nome comum: lavanda; <i>Lamnpranthus sp.</i> Nome comum: portulaca-anã; <i>Portulaca grandiflora</i> . Nome comum: portulaca-grandiflora; <i>Portulaca sp.</i> Nome comum: portulaca-graúda; <i>Sedum multiceps</i> . Nome comum: sedum
Houve reposição das espécies vegetais	sim. A forte inclinação levou à erosão em alguns

	pontos. Um ano após o plantio, então, 5% do total do volume de terra foi acrescido à cobertura. Também foi acrescida vegetação, no mesmo percentual.
Estado da vegetação na visita ao local	bem adaptada, após a reposição vegetal, cobrindo toda a superfície do substrato
Tipo de manutenção feita	reposição de terra e espécies vegetais (conforme descrito anteriormente)

Quadro 24: resumo dos dados das coberturas vivas na Residência Unifamiliar em Nova Petrópolis

### 5.6.2 Composição e Descrição da Cobertura Viva

A cobertura viva da residência é composta pela estrutura de concreto inclinada, sobre a qual se assenta o restante das camadas construtivas (figura 79).

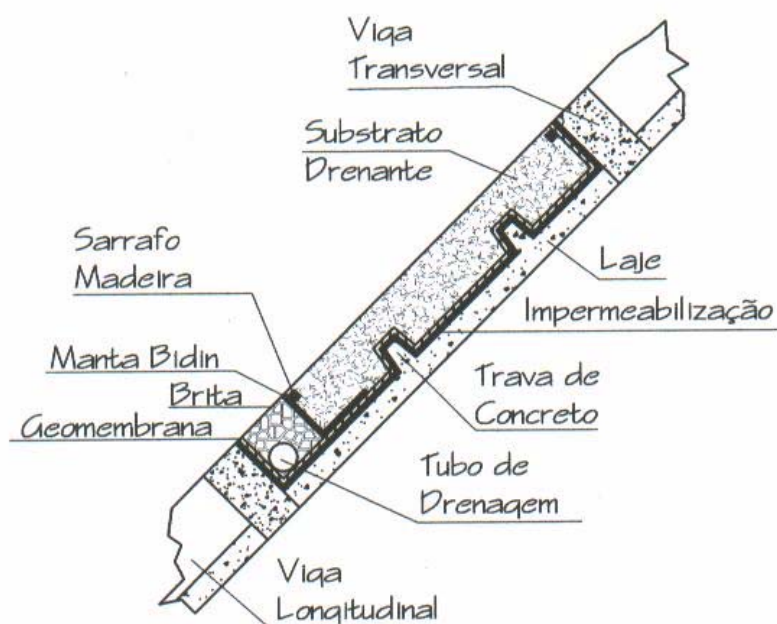


Figura 79: detalhe esquemático da cobertura viva (MENZ, 2004)

Esta residência foi encomendada por um portador de necessidade especial, em cadeira de rodas. Além de atender a requisitos de acessibilidade, que esta condição impõe, um desejo do proprietário é de que a cobertura mimetize o jardim frontal, paisagisticamente. A grande inclinação da cobertura ( $44^\circ$ ) permite que a cobertura seja visível por transeuntes (figura 80).





Figura 80: cobertura viva em junho de 2005

A estrutura é formada por três vigas, que vencem um vão de 16 metros, desde a parte superior da cobertura (extremidade da primeira cumeeira) até o apoio nas sapatas, enterradas no jardim. As lajes são pré-fabricadas, e a estrutura que as recebe é formada pelas três vigas principais, já citadas, amarradas por vigas menores, transversais às primeiras.

A cobertura viva é separada em duas partes (figura 81). A primeira, maior, localiza-se na parte mais alta do telhado. Abaixo dela, sob a laje, localizam-se os reservatórios de água potável e de água da chuva, formando um colchão de ar sobre as suítes. A segunda parte do telhado vivo, menor, acontece logo após a sacada que serve às duas suítes frontais.



Figura 81: estruturação do telhado

Os dois pavimentos da edificação receberam beirais (figuras 82 e 83), a fim de prover sombras às aberturas frontais, principalmente no verão.



Figuras 82 e 83: beirais inferior e superior, respectivamente (MENZ, 2004)

Como a inclinação da cobertura viva é grande, a laje recebeu uma estrutura chamada vulgarmente de espinha de peixe (figura 84), a fim de evitar deslizamentos do substrato por erosão. Esta estrutura é formada por pequenas muretas de 10cm de altura.



Figura 84: estrutura espinha-de-peixe

A primeira camada da cobertura viva é formada por pintura asfáltica (6 demãos), seguida da manta de PEAD de 0.8mm (encomendada no tamanho certo ao fornecedor, não havendo emendas). Ambas recobrem toda a superfície do substrato e, juntas, além da impermeabilização, têm a função de impedir a penetração de raízes. As extremidades da manta seguem até o interior da calha, e são fixadas à viga de concreto por sarrafos de madeira impermeabilizados com piche (figura 85). A água é direcionada à parte mais baixa do telhado, onde estão os tubos de dreno (figura 86).



Figura 85: sarrafo prendendo o PEAD.  
Baseado em (MENZ, 2004)



Figura 86: dreno. Baseado em (MENZ, 2004)

A calha de escoamento faz parte do corpo de concreto de sua base. É composta por um volume longitudinal de brita grossa, para drenagem, separado do substrato por uma manta geo-têxtil permeável (Bidin). A água escorre por um cano de 100mm, fechado por um rolo de tela (figura 87), filtrando a entrada d'água na tubulação. A base da tubulação de escoamento



d' água passa por dentro das vigas longitudinais da estrutura (figura 88), e é preenchida por cascalho, para prover uma drenagem natural.



Figura 87: escoamento da água do telhado por dentro da viga (MENZ, 2004)



Figura 88: filtro de tela na boca do tubo de escoamento de Ø 100mm (MENZ, 2004)

As espécies, plantadas em maio de 2004 são, basicamente, plantas suculentas (figuras 89 e 90).



Figuras 89 e 90: ajardinamento da cobertura em junho de 2004 <sup>12</sup>

O arquiteto entrevistado conta que ainda não houve manutenção, e que a vegetação resistiu bem ao período seco do verão de 2005. A resistência da cobertura viva, diz ainda, é boa em relação a chuvas, ventos (mesmo quando fortes) e granizo. Após um ano de seu plantio, é possível observar sua boa adaptação ao clima local (figuras 91 e 92).

<sup>12</sup> Acervo Particular. BACKES, M. A. Nova Petrópolis, 2004.



Figuras 91 e 92: desenvolvimento das espécies vegetais após um ano de seu plantio

O arquiteto entrevistado afirma não ter encontrado nenhum problema com a cobertura viva. Para regularizar a superfície da laje não foram utilizadas proteções mecânicas, apenas o recobrimento com piche.

Sobre os custos da cobertura viva, o entrevistado diz que dependem do projeto e sua execução, e, se o custo de implementação é um pouco maior que o dos telhados convencionais (como de telhas cerâmicas), deve-se à falta de estruturas de fornecimento e execução. Enfatiza, ainda, que é necessário muito cuidado na escolha dos materiais, que devem ser de boa qualidade.

## 5.7. CONDOMÍNIO HORIZONTAL ECOOVILA I – VILA NOVA – PORTO ALEGRE – RS

Data da entrevista: 03/07/2005

### 5.7.1 Dados da Edificação e da Cobertura Viva

A seguir (quadro 25) são expressos, de forma sucinta, dados relativos à edificação, e também as principais informações técnicas e construtivas da cobertura viva apresentada. Estes dados também são comentados no ítem seguinte (5.7.2), e analisados no capítulo 6.

Uso das edificações	residências unifamiliares
Data de início da obra	2002
O projeto foi concebido com cobertura viva	sim
Tempo de construção das coberturas vivas	três dias para cada unidade, em média
Orientação solar	coberturas voltadas para norte e sul
Sistema estrutural da cobertura	chapas de OSB de 15mm pregadas a um caibramento em madeira, sobre vigas em concreto armado
Inclinação da cobertura	entre 33° (forte inclinação) e 45° (empinado), conforme a casa
Peso por m <sup>2</sup> (com terra molhada)	160 Kg
Drenagem	calha metálica preenchida com brita, e tubo de drenagem, protegido por tela de Bidim
Impermeabilização da estrutura	pintura asfáltica nas chapas de OSB, com sobreposição de manta de PEAD
Tipo de substrato	terra preta, com pequenas quantidades de materiais decompostos (cascas de frutas e algas marinhas, entre outros)
Altura do substrato	10cm
Espécies vegetais empregadas	<i>Zoysia japonica</i> . Nomes comuns: grama esmeralda, zoísia-silvestre, grama-zoísia, zoísia;  <i>Tradescantia zebrina</i> . Nomes comuns: lambari, trapoeraba-roxa, judeu-errante.
Houve reposição das espécies vegetais	nenhuma espécie foi retirada, o que acontece são constantes testes com novas espécies, o que induz o crescimento de umas e a redução de outras, por processos naturais. Primeiramente, foram testadas as Gramíneas, e depois as Suculentas
Estado da vegetação na visita ao local	bem adaptada, recobrimdo toda a superfície do substrato

	substrato
Tipo de manutenção feita	sistema de irrigação por gotejamento, entre 2 e 3 horas por dia, durante a época de estiagem (verão).

Quadro 25: resumo dos dados das coberturas vivas do condomínio horizontal Ecoovila

### 5.7.2 Composição e Descrição da Cobertura Viva

A composição da cobertura viva é a mesma (figura 93) para todas as casas, havendo alguma variação na vegetação experimentada e na inclinação da cobertura.

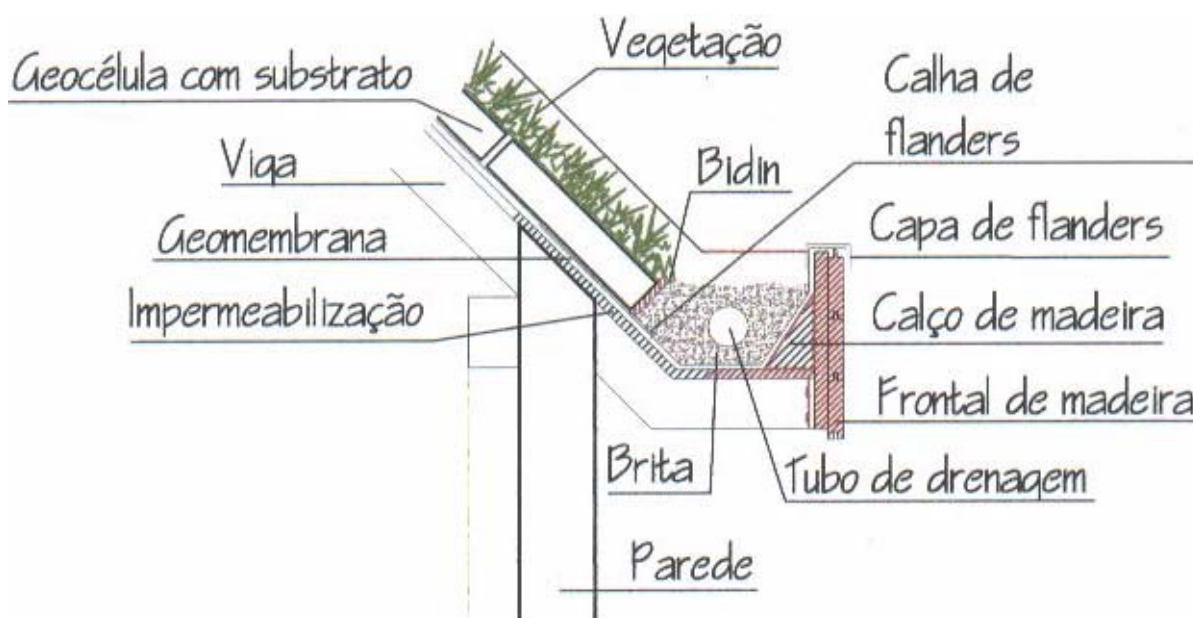


Figura 93: esquema da composição do telhado <sup>13</sup>

A Ecoovila Vila Nova I compreende uma área tota de 26.000m<sup>2</sup>, sendo uma parte composta por mata nativa, que deverá ser preservada. As medidas aproximadas do terreno são 450 x 60 metros. O empreendimento conta com 26 casas de alvenaria (figura 94), sendo 16 delas com três dormitórios e 10 com dois dormitórios. A sede administrativa da ARCOO está localizada no início do terreno, próxima a via de acesso frontal.

<sup>13</sup> Acervo Particular. ARCOO. Porto Alegre, 2004





Figura 94: maquete do empreendimento

A inclinação das coberturas é bastante grande (encontra-se inclinações desde 33° até 45°), a fim de otimizar o desempenho de placas solares (figura 95), e de permitir que o espaço abaixo das mesmas seja habitado. Além dos aspectos ecológicos relacionados a seu uso, as coberturas vivas idealizadas para a Ecoovila foram projetadas para prover um bom isolamento térmico no interior das edificações – o sótão, abaixo do telhado, possui um forno/lareira com chaminé passante exposta, para aquecimento do ambiente no inverno (figura 96).





Figura 95: cobertura viva inclinada com coletor solar (MENZ, 2004)



Figura 96: forno/lareira no sótão, abaixo da cobertura (MENZ, 2004)

A cobertura viva é estruturada por vigas de concreto, sobre as quais se apóia um caibramento em madeira com chapas de OSB pregadas (figuras 97 e 98), formando a base de apoio para o substrato. As chapas foram impermeabilizadas com pintura asfáltica, para então receberem as camadas que configuram a cobertura viva.



Figuras 97 e 98: chapas de OSB sobre caibros (MENZ, 2004)

A manta de PEAD é fixada ao hidroasfalto das chapas de OSB por aderência, e sua estabilidade é garantida pelo peso do substrato. Em seguida é colocada a geo-célula – também chamada de geo-membrana – (figuras 99 e 100) que estrutura o substrato, impedindo deslizamentos.



Figuras 99 e 100: geo-membrana (MENZ, 2004)

As geo-membrana tem estrutura alveolar, vem perfurada por todos os lados (figura 101) e suas extremidades chegam até o interior da calha de escoamento (figuras 102 e 103), que é metálica, executada em folha de flandres, e preenchida com brita fina.



Figura 101: perfurações da geo-membrana (MENZ, 2004)



Figura 102: geo-membrana sob a terra



Figura 103: calha pronta (MENZ, 2004)

Uma tela de Bidin envolve o dreno, formando um tubo que evita a penetração de brita na canalização, que é externa à edificação (figuras 104 e 105).



Figura 104: detalhe da canalização pluvial externa



Figura 105: descida do pluvial pela fachada

O substrato tem, aproximadamente, 10cm, que é quase a medida de altura da manta geo-têxtil, e sua composição é formada por terra preta, com pequenas quantidades de materiais decompostos (cascas de frutas e algas marinhas, entre outros).



A vegetação é composta por gramíneas (figura 108), por sua estrutura radicular, e suculentas (figura 106), com a intenção de minimizar possíveis deficiências de irrigação (pelo escoamento rápido) devido à grande inclinação do telhado (figura 107).



Figura 106: gramíneas e suculentas



Figura 107: vista das coberturas inclinadas



Figura 108: gramíneas formando um tapete

## 5.8 SEDE DA ARCOO – BAIRRO VILA NOVA – PORTO ALEGRE – RS

Data da entrevista: 11/09/2005

### 5.8.1 Dados da Edificação e da Cobertura Viva

A seguir (quadro 26) são expressos, de forma sucinta, dados relativos à edificação, e também as principais informações técnicas e construtivas da cobertura viva apresentada. Estes dados também são comentados no ítem seguinte (5.8.2), e analisados no capítulo 6.

Uso da edificação	Escritório de arquitetura e plantão de vendas
Data de início da obra	2000
O projeto foi concebido com cobertura viva	sim
Tempo de construção da cobertura viva	três dias
Orientação solar	cobertura inclinada voltada para norte e sul
Sistema estrutural da cobertura	estrutura em madeira (eucalipto) e chapas de OSB
Inclinação da cobertura	37° – cobertura menor, voltada para norte e 29° – cobertura maior, voltada para sul (ambas de forte inclinação).
Peso estimado por m <sup>2</sup> (com terra molhada)	160Kg
Drenagem	calha em chapa metálica galvanizada
Impermeabilização da estrutura	pintura asfáltica + manta de PEAD
Tipo de substrato	terra preta com pequenas quantidades de materiais decompostos (cascas de frutas e algas marinhas, entre outros)
Altura do substrato	10cm – água norte e 7cm – água sul, aproximadamente
Espécies vegetais empregadas	<i>Aptenia cordifolia</i> . Nomes comuns: maringá, rosinha-de-sol; <i>Lysimachia congestiflora</i> . Nome comum: lisimaquia; <i>Bulbine frutescens</i> . Nome comum: bulbine; <i>Schefflera arboricola</i> . Nome comum: cheflera; <i>Sedum Multiceps</i> . Nome comum: sedum; <i>Balsamina</i> . Nome comum: sem-vergonha; <i>Plectranthus neochilus</i> . Nome comum: boldo-anão.
Houve reposição das espécies vegetais	nenhuma espécie foi retirada, o que acontece são constantes testes com novas espécies, o que induz o crescimento de umas e a redução de outras, por processos naturais.
Estado da vegetação na visita ao local	bom, com aspecto saudável e recobrindo toda a superfície na cobertura menor (voltada para norte). Na maior, voltada para sul, o aspecto da vegetação

	em si é bom, porém não recobre totalmente o substrato.
Tipo de manutenção feita	eventual retirada de inços, irrigação por gotejamento nos meses quentes, na cobertura voltada para norte

Quadro 26: resumo dos dados da cobertura viva da sede da ARCOO

### 5.8.2 Composição e Descrição da Cobertura Viva

A seguir (figura 109), o arquiteto entrevistado fornece um detalhe construtivo da cobertura.

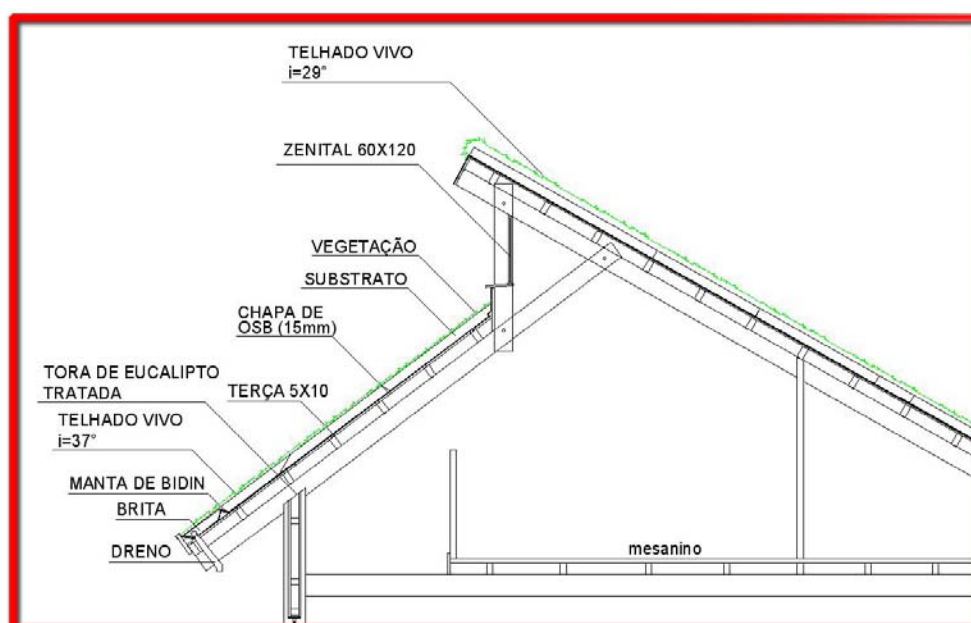


Figura 109: ampliação parcial do corte da cobertura <sup>14</sup>

A sede da ARCOO funciona como escritório de arquitetura e plantão de vendas do condomínio. A edificação possui cobertura viva em duas diferentes orientações: norte e sul. Na cobertura maior, voltada para sul, a inclinação é de 29°, enquanto que na cobertura menor, voltada para norte, a inclinação é de 37° (figura 110). Além das diferentes orientações e inclinações, as águas da cobertura têm diferentes espécies sendo testadas, diferentes manutenções e também diferente material construtivo.

<sup>14</sup> Acervo Particular. ARCOO. Porto Alegre, 2005.



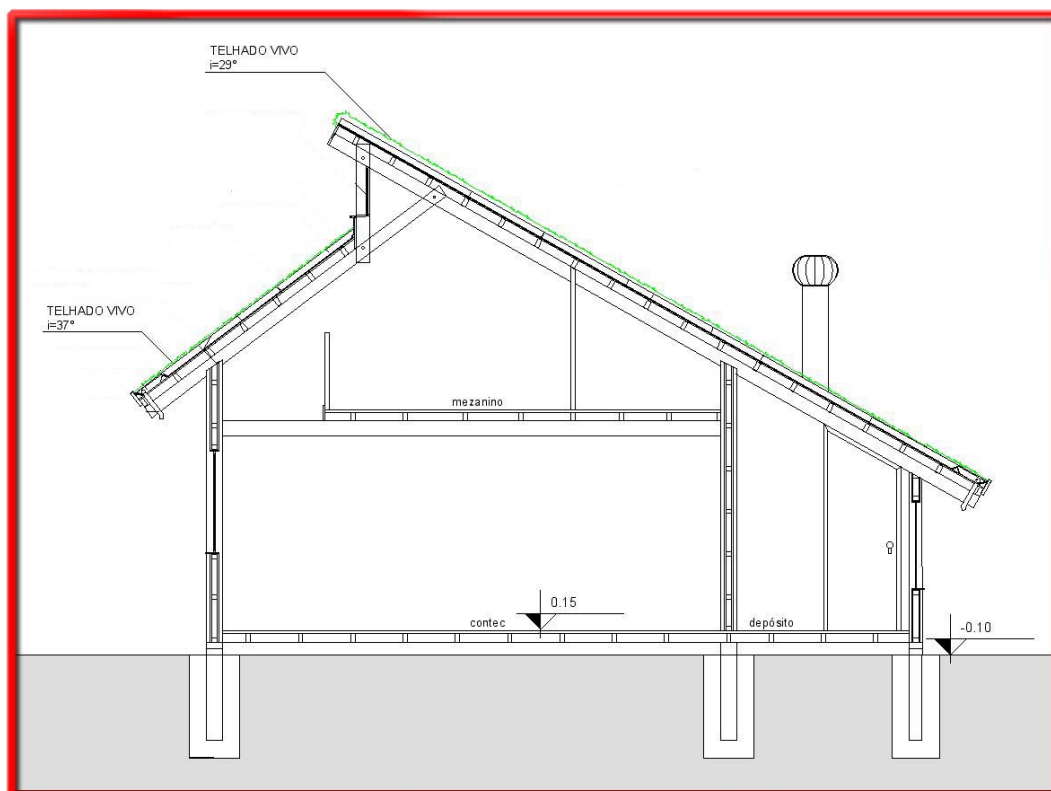


Figura 110: Corte Transversal da Cobertura <sup>15</sup>

Segundo a usuária entrevistada, é nesta edificação que são testadas novas espécies vegetais, antes que sejam liberadas para uso nas coberturas das residências do condomínio. Por ser a cobertura mais antiga, a sede não utilizou geo-célula desde o início, para estruturar o substrato. Para controlar a erosão, foi utilizado bambú. Ao descobrir-se a geo-membrana (ver ítem 5.7.4), esta foi testada na cobertura menor da sede (norte), onde permanece até hoje. A outra

água (sul), permanece com o bambú sob o substrato.

A entrevistada, bióloga, conta que a água da cobertura voltada para sul não possui muitas espécies vegetais, comparada com a outra (norte). Enquanto que na água sul (figuras 111 e 112) há sem-vergonha, suculentas e espécies trazidas pelos pássaros, sem controle, induzindo uma “sucessão natural” das espécies, na água norte (figuras 113 e 114) é que estão, além destas, as demais espécies da tabela (ítem 5.8.1).

<sup>15</sup> Acervo Particular. ARCOO. Porto Alegre, 2005.



figuras 111 e 112: imagens da cobertura orientada para sul



figuras 113 e 114: imagens da cobertura orientada para norte

Há, também, diferença no substrato das duas águas da cobertura. Na norte, o substrato é mais profundo – 10cm – permitindo o desenvolvimento das espécies com sistema radicular mais profundo. Na sul, a altura do substrato é menor – 7cm – e o sistema radicular das plantas, portanto, é mais rasteiro. Para a entrevistada, a diferença no aspecto da vegetação das duas águas deve-se, menos à insolação, e mais aos aspectos anteriormente citados.

Um dado interessante, relatado pela usuária, é a constatação de que o maringá, se utilizado sozinho, tem ótima adaptação à cobertura extensiva. Se plantado com a bulbine, no entanto, tende a não vingar. A explicação dada por ela, após a observação, é que a bulbine desenvolve pequenas copas, não deixando que maringá se desenvolva.

O autor do projeto, também entrevistado, relata uma sucessão de problemas com a calha. Segundo ele, o “quisto” dos telhados vivos é a calha. O arquiteto conta que, inicialmente, foi

empregada calha de alumínio, que gerou problemas, devido às emendas. Passou-se, então, a empregar calha de fibra de vidro, escolhida também em função do seu baixo impacto ambiental. Estas, porém, também geraram problemas, tendo pouca durabilidade. Atualmente, está sendo feita experiência com chapa metálica galvanizada, com tamanho reduzido, compradas prontas, dobradas e cortadas na própria obra (figura 115).



Figura 115: calha na orientação sul

## 5.9 RESIDÊNCIA 2 NO BAIRRO ASSUNÇÃO – PORTO ALEGRE – RS

Data da entrevista: 11/09/2005

### 5.9.1 Dados da Edificação e da Cobertura Viva

A seguir (quadro 27) são expressos, de forma sucinta, dados relativos à edificação, e também as principais informações técnicas e construtivas da cobertura viva apresentada. Estes dados também são comentados no ítem seguinte (5.9.2), e analisados no capítulo 6.

Uso da edificação	residência unifamiliar
Data de início da obra	1979 (finalização em 1981)
O projeto foi concebido com cobertura viva	sim
Tempo de construção da cobertura viva	o arquiteto entrevistado não respondeu a este ítem
Orientação solar	cobertura inclinada voltada para sul
Sistema estrutural da cobertura	vigas e lajes em concreto armado
Inclinação da cobertura	25%, aproximadamente
Peso estimado por m <sup>2</sup> (com terra molhada)	–
Drenagem	calha em concreto preenchida com brita
Impermeabilização da estrutura	manta asfáltica
Tipo de substrato	terra preta
Altura do substrato	25cm, aproximadamente
Espécies vegetais empregadas	<i>Axonopus Compressus</i> . Nome comum: grama-catarina; No anexo: <i>Uncaria Tomentosa</i> . Nome comum: unha-de-gato (trepadeira); Na parte plana: horta com vegetais (alface e tomate).
Houve reposição das espécies vegetais	sim, após vinte anos
Estado da vegetação na visita ao local	Sem vegetação na cobertura principal. Na porção menor, plana, existe uma horta sobre a cobertura.
Tipo de manutenção feita	CORTE DA GRAMA, eventual retirada de “inços” e irrigação nos meses quentes. Após 20 anos, substituição da manta, substrato e vegetação.

Quadro 27: resumo dos dados da cobertura viva da Residência 2 no bairro Assunção



### 5.9.2 Composição e Descrição da Cobertura Viva

No ano de 1979, foi concluída a obra desta residência, no bairro Assunção. Assim como o outro exemplar de construção, com cobertura extensiva – no mesmo ano e mesmo bairro, e tendo o mesmo autor de projeto – a residência é em estilo Modernista. A cobertura maior (figura 116) – principal, inclinada – foi concebida para ser coberta com grama, desde o início do projeto.



Figura 116: cobertura fotografada em 2005, já sem a cobertura de grama

Durante vinte anos, a manutenção dada foi a retirada de inços, podas da grama e irrigação, nos meses quentes. Em seu livro, Minke (2004) cita esta cobertura como um exemplo do que não deve ser feito (figura 117), em termos de manutenção:

A cobertura verde não deve ser cortada, como se pode ver na figura. Isto traz consigo, por um lado, o perigo de que se seque demasiado rápido e, por outro, que se perca muita substância orgânica. Se corta-se muito rente, o substrato deveria ser enriquecido para manter o equilíbrio.



Figura 117: a cobertura, ainda com grama, excessivamente cortada (MINKE, 2004)

Após vinte anos, no ano de 1999, a cobertura possuía infiltrações, devido ao rompimento da manta de impermeabilização. Foi, então, contratada uma empresa especializada em impermeabilizações, para trocar os componentes da cobertura (a partir da manta). O proprietário (e residente) relata um período de problemas com estes serviços, o que, ao final, resultou na substituição da cobertura viva por uma manta betuminosa ardosiada (figura 118).



Figura 118: cobertura fotografada em 2005, com a manta ardosiada

A drenagem da cobertura não foi modificada durante a substituição da cobertura viva pela manta. Apesar do volume d'água residual aumentar consideravelmente com essa substituição, a drenagem continua sendo feita através de ralos, localizados na calha de concreto original,



(junto a uma camada de brita) ao final da cobertura (figuras 119 e 120).



Figura 119: ralo, escondido sob a vegetação



Figura 120: camada de brita na calha

Pode-se considerar que a manutenção dada à cobertura viva não foi compatível com a intenção inicial de mantê-la extensiva. Ao contrário, a grama foi excessivamente aparada.. Atualmente, uma espécie trepadeira – *Hedera helix* (hera) – sobe pela cobertura (figura 121), e a idéia do usuário é que esta tome conta de toda a superfície, como aconteceu em um dos volumes da casa (figura 122). Por não haver nenhum tipo de manutenção, a trepadeira é a única cobertura viva que funciona como extensiva nesta residência.



Figura 121: hera se espalhando pela manta



Figura 122: volume anexo coberto por hera

Uma parte da cobertura principal, em concreto, é plana. Esta não é vista pela frente da casa, pois localiza-se em uma porção posterior da mesma. Nesta cobertura, a manta impermeabilizante pôde ser trocada sem problemas e, desde então, o caseiro cultiva uma horta

de legumes e ervas (figuras 123, 124, 125 e 126). Neste caso, a manutenção da horta faz com que os cuidados dispensados a esta porção da cobertura sejam intensivos. Com seus 30 a 40cm de substrato – o caseiro, entrevistado, não soube precisar – a horta já dura seis anos, e ainda não houve problema com infiltrações.



Figura 123: horta sobre a cobertura plana



Figura 124: horta sobre a cobertura plana



Figura 125: horta sobre a cobertura plana



Figura 126: horta sobre a cobertura plana

## 5.10 RESIDÊNCIA NO ASSENTAMENTO DO MST FILHOS DE SEPÉ – VIAMÃO – RS

Data da entrevista: em duas etapas: 03/2004 e 13/09/2005

### 5.10.1 Dados da Edificação e da Cobertura Viva

A seguir (quadro 28) são expressos, de forma sucinta, dados relativos à edificação, e também as principais informações técnicas e construtivas da cobertura viva apresentada. Estes dados também são comentados no ítem seguinte (5.10.2), e analisados no capítulo 6.

Uso da edificação	centro de reuniões e convívio
Data de início da obra	março de 2004
O projeto foi concebido com cobertura viva	sim
Tempo de construção da cobertura viva	dois dias
Orientação solar	norte e sul
Sistema estrutural da cobertura	estrutura em toras de madeira, e base de sustentação da cobertura, em tablado feito de bambú
Inclinação da cobertura	5° (cobertura de leve inclinação)
Peso estimado por m <sup>2</sup> (com terra molhada)	200Kg
Drenagem	não há calha, a água da chuva escorre pelo telhado, e chega até uma camada de brita, no solo
Impermeabilização da estrutura	manta de PEAD (0,8mm)
Tipo de substrato	terra e areia, retiradas do local
Altura do substrato	14cm, aproximadamente
Espécies vegetais empregadas	relvado – conjunto de espécies gramíneas, retiradas do próprio local
Houve reposição das espécies vegetais	não
Estado da vegetação na visita ao local	boa, recobrimdo toda a superfície do substrato
Tipo de manutenção feita	nenhuma

Quadro 28: resumo dos dados da cobertura viva no Assentamento Filhos de Sepé



### 5.10.2 Composição e Descrição da Cobertura Viva

A seguir (figura 127) Minke (2004) demonstra o detalhamento técnico empregado nesta cobertura, e a estrutura é estudada, através de croqui (figura 128).

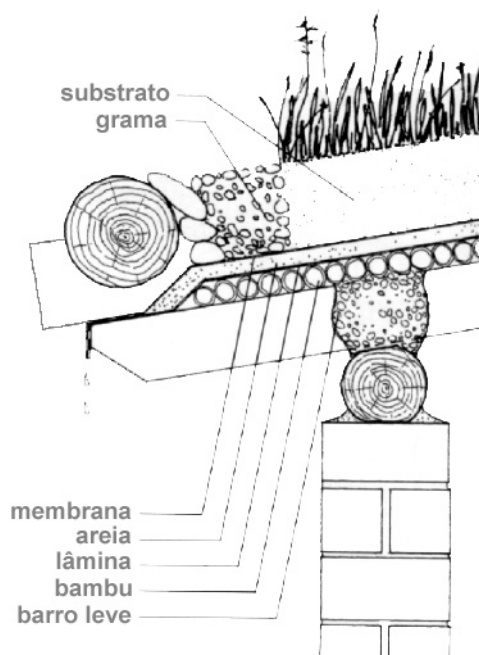


Figura 127: detalhe construtivo da cobertura (MINKE, 2004)

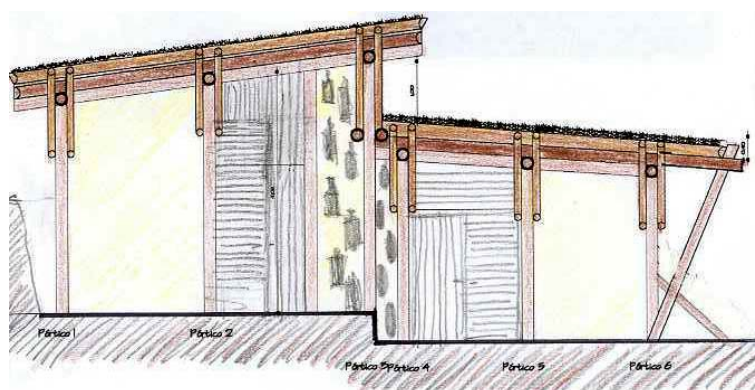


Figura 128: croqui da estrutura da edificação <sup>16</sup>

<sup>16</sup> Acervo Particular. Croqui desenvolvido pelos alunos do curso de bio-construção, ministrado pelo prof. Dr. Gernot Minke, no assentamento do MST, em Viamão-RS. GUIZZO, I. Viamão, 2004.

Durante uma oficina de bio-arquitetura, ministrada pelo Dr. Gernot Minke em 2004, foi construída a cobertura viva extensiva sobre um anexo (figura 129), com a função de centro de reuniões e convívio. A edificação, em materiais alternativos (como pneus, barro e feno), foi construída em mutirão, pelos participantes da oficina, sob orientação do ministrante do curso e de seu ajudante, o arquiteto Márcio D'Ávila.



Figura 129: cobertura do Centro de Convívio em setembro de 2005

Na estrutura, foram utilizados velhos postes de madeira, provenientes de doação da linha telefônica. Sobre estes, foram colocados bambús (figura 130). O bambú recebeu tratamento com água (uma parte), e com tanino diluído em água, antes de chegar até o local. Após estar colocado sobre a estrutura, foi pulverizado sobre ele ácido bórico (figura 131), e posteriormente óleo diesel, com os objetivos anti-fungicida e de impermeabilização (do próprio bambú), respectivamente.



Figura 130: estrutura da cobertura viva <sup>17</sup>



Figura 131: ácido bórico sendo borrifado no bambú <sup>18</sup>

Sobre esta estrutura, foi então aplicada uma lona preta, com 0,4mm de espessura, recoberta com uma camada de 3 a 4 cm de areia (figuras 132 e 133).



Figura 132: colocação da lona e da camada de areia <sup>19</sup>



Figura 133: camada de areia pronta para receber manta de PEAD <sup>20</sup>

Sobre esta camada, foi aplicada a manta de PEAD com 0,8mm de espessura – esta sim, com a função de impermeabilização da cobertura. O objetivo da lona preta e da areia, juntas, é

<sup>17 18 19 20</sup> Acervo particular. GUIZZO, I. Porto Alegre, 2005.



proteger a impermeabilização de atritos com a estrutura de bambú, irregular. A lona de PEAD, em duas partes, foi soldada a seco no local.

A seguir, foram retiradas leivas de grama do próprio local (figuras 134 e 135), colocadas sobre a camada de substrato de terra e areia.



Figura 134: leivas sendo retiradas do local



Figura 135: leivas de grama prontas para serem colocadas na cobertura

Em seu livro, Minke (2004) comenta a elaboração desta cobertura, e diz que a inclinação de 5° foi uma ótima solução, pois não necessita capa de drenagem, ao mesmo tempo que não é inclinada o bastante para que escorregue durante a construção.

A água residual da cobertura cai diretamente sobre uma faixa de brita (figura 136), localizada no entorno da edificação, para este fim.



Figura 136: camada de brita para receber as águas residuais da cobertura

Ao término da oficina, a cobertura viva foi finalizada (figura 137). Segundo o relato do usuário entrevistado, nenhuma manutenção foi necessária. O mesmo tem planos de, futuramente, aproveitar essa cobertura para horta, investigando que espécies poderiam adaptar-se ao cultivo nestas condições (fora do solo, com 14cm de substrato).



Figura 137: cobertura finalizada, em março de 2004

## 6 ANÁLISES

Conforme descrito anteriormente, no capítulo 2 (Metodologia), as análises das informações obtidas partem dos levantamentos nas obras, e entrevistas com autores de projeto e usuários. Neste capítulo serão quantificadas, em conjunto, e comentadas, todas as informações obtidas com os levantamentos e entrevistas. Estas análises se darão, divididas em dois grupos:

- a) análise das informações coletadas nas obras;
- b) análise das informações coletadas nas entrevistas.

Através destes dois grupos é possível analisar, de forma separada, as informações técnicas relativas às obras, e o conhecimento dos entrevistados sobre o tema. Por fim, fornecem dados para comparação das obras com a bibliografia, tanto em aspectos técnicos, quanto em relação à experiência de profissionais e usuários.

### 6.1 ANÁLISE DAS INFORMAÇÕES COLETADAS NAS OBRAS

As informações coletadas durante as visitas às obras, através de análise *in loco*, registros fotográficos e material gráfico fornecido pelos autores dos projetos, são quantificadas e comentadas a seguir. Também contribuíram para esta etapa informações provenientes das entrevistas com os autores de projeto e, em alguns casos, também com os moradores, a fim de elucidar alguma dúvida, que não tenha sido possível tirar, apenas com a observação *in loco*.

#### 6.1.1 Dados das Edificações e das Coberturas Vivas

Nesta etapa, são analisados dados referentes às edificações que possuem coberturas vivas extensivas, através de quatro tópicos específicos: usos; ambiente da edificação onde foi construída a cobertura viva; caráter (se foi profissional ou experimental); e data da construção. Um total de 10 edificações foram analisadas.

## a) Usos

Abaixo (quadro 29), estão os resultados levantados pela pesquisa, sobre os usos dados às edificações com coberturas vivas.

USO	CARÁTER	Nº DE EXEMPLARES
USO RESIDENCIAL	HABITAÇÃO UNIFAMILIAR	4
	HABITAÇÃO	2
USO COMERCIAL	ESCRITÓRIO	3
USO MISTO	HAB. UNIF. + ESCRITÓRIO	1

Quadro 29: quantificação dos exemplares por seus usos e caracteres

Dentre os exemplares levantados, a predominância de uso é residencial, principalmente em edificações unifamiliares. Dentre os exemplares de habitações multifamiliares estão a cobertura de um apartamento, em edifício no bairro Moinhos de Vento, e o condomínio horizontal Ecoovila.

## b) Ambiente

Abaixo (quadro 30), verifica-se os ambientes das edificações onde foram construídas as coberturas vivas, e também o número de exemplares para cada um deles.

AMBIENTE	Nº DE EXEMPLARES
COBERTURA DA EDIFICAÇÃO	6
GARAGEM	1
CHURRASQUEIRA	1
OUTROS*	2

Quadro 30: quantificação dos exemplares por ambiente onde está a cobertura viva

No universo das obras levantadas, a predominância de exemplares é de coberturas vivas no corpo principal das edificações. Aqueles exemplares em que a cobertura localiza-se em edículas (anexas às edificações, como garagem ou zonas de convívio abertas e cobertas) representam a minoria. Há também mais exemplos de construções novas com coberturas vivas, do que exemplos onde foi feita a substituição de telhados existentes por coberturas vivas (apenas 20% dos exemplares). Isso demonstra que a cobertura viva, nestas situações, foi

especificada juntamente com o restante do projeto, no momento de sua concepção. A maioria dos projetos também possui uma preocupação em utilizar conceitos de bio-arquitetura, e esses conceitos estão também expressos em outros ítems da obra. A cobertura viva participa, portanto, como uma das técnicas empregadas, buscando esta maneira de construir.

Nos exemplos em que as coberturas vivas aparecem como única demonstração de bio-arquitetura, sua escolha se deu em função da estética e do conforto térmico, sabidamente capazes de serem proporcionados pela mesma.

### c) Caráter

Abaixo (quadro 31), verifica-se o caráter das coberturas executadas, classificando-as em profissional ou experimental.

CARÁTER	PROFISSIONAL	EXPERIMENTAL
Nº DE EXEMPLARES	7	3

Quadro 31: quantificação dos exemplares pelo caráter da cobertura

Devido à falta de tradição de coberturas vivas nas regiões estudadas, pode-se considerar que todas as coberturas foram experimentais. Mesmo a que contou com a consultoria de um especialista, Gernot Minke (a do assentamento Filhos de Sepé), teve adaptações em relação aos materiais, e utilizou mão-de-obra não especializada. Todas as coberturas têm em comum a investigação construtiva, a curiosidade e o interesse na análise do desempenho, por parte de seus autores. No universo das obras levantadas, no entanto, pode-se perceber uma diferença entre as obras que foram construídas para exclusiva experimentação da técnica, sem o compromisso de venda a clientes ou uso permanente. Este é o caso da cobertura construída na Casa de Sofia.

A cobertura no assentamento Belo Monte foi classificada como experimental, devido à utilização de mão-de-obra obra leiga (mutirão), e pelo fato da estrutura ter sido modificada *in loco*, durante a obra. Existe, no entanto, um comprometimento com os moradores, o que a difere da cobertura da Casa de Sofia. Também pode ser considerada experimental a cobertura executada, em mutirão, durante um curso de bio-construção no assentamento do MST Filhos de Sepé. As três obras, portanto, não possuem caráter comercial, como as demais.



Embora a cobertura 1, construída no bairro Assunção, seja a residência do próprio arquiteto, o fato de funcionar ali também seu escritório a torna comercial e, portanto, a experimentação em si não basta. Precisa ter bom resultado estético e de eficiência. Por este motivo, este exemplo é classificado como profissional.

#### d) Data da Construção da Cobertura Viva

As datas das coberturas vivas levantadas, expressas através das décadas em que foram construídas (quadro 32), trazem dados curiosos para a pesquisa, e sugerem algumas hipóteses.

DÉCADA	ANO	Nº DE EXEMPLARES
1970 – 1979	1979	2
1980 – 1989		0
1990 – 1999		0
2000 – 2005*	2003, 2004, 2005	8

Quadro 32: quantificação dos exemplares por suas datas de construção

Sobre este ítem, apenas duas edificações se destacam pela data de construção: 1979. Essas experiências parecem ter permanecido isoladas no tempo, pois não foram localizados registros ou relatos de outra(s) residência(s) utilizando cobertura viva extensiva na mesma época, nos locais estudados.

A data seguinte em que foram encontrados exemplares de obras com coberturas vivas extensivas é 2003, havendo, portanto, um intervalo de 24 anos entre os dois primeiros exemplares e os demais. Um dado curioso é que a manutenção (reforma) total das duas primeiras coberturas deram-se precisamente na mesma época em que as outras coberturas vivas começaram a surgir. A partir daí, até o ano de 2005, concentram-se os demais exemplares investigados. Estes dados podem levar a algumas hipóteses, como:

- o interesse pela técnica de coberturas vivas extensivas teve grande impulsionamento na década de 70, em diferentes países (como os da Europa). Em Porto Alegre, este interesse resultou em dois exemplares de edificações, projetadas pelo mesmo arquiteto, representando, então, uma iniciativa de experimentação isolada;
- no período de tempo compreendido entre 1979 e 2003 o interesse pelo assunto ficou restrito a área acadêmica, não havendo o mesmo interesse na área profissional da construção civil, nas áreas estudadas (o que reflete um comportamento que não foi restrito a essas áreas);

- a partir de 2003, até 2005, concentram-se a quase totalidade de exemplares levantados, o que demonstra um recente interesse pelo tema por parte dos profissionais da área da construção civil;
- este interesse não é isolado, pela técnica em si, mas vem ao encontro de uma crescente conscientização social da necessidade de repensar os processos de consumo dos recursos naturais. Na área da construção civil, essa conscientização resulta na curiosidade, pesquisa e experimentação de técnicas de construção, que amenizem os impactos ambientais gerados por seus processos construtivos.

#### e) Tempo de Construção da Cobertura Viva

A seguir (quadro 33), pode-se observar os tempos de execução das coberturas vivas levantadas, comparativamente.

<b>OBRA</b>	<b>TEMPO DE CONSTRUÇÃO (após a estrutura pronta)</b>
OBRA 1	o autor de projeto entrevistado não respondeu a este ítem
OBRA 2	7 dias
OBRA 3	2 dias
OBRA 4	1 dia
OBRA 5	em média de 2 a 3 dias (por cabana)
OBRA 6	entre 2 e 3 dias
OBRA 7	em média 3 dias (por unidade)
OBRA 8	3 dias
OBRA 9	o autor de projeto entrevistado não respondeu a este ítem
OBRA 10	1 dia

Quadro 33: tempo de execução da cobertura viva por obra levantada

Em média, as coberturas vivas foram executadas em pouco tempo, entre um e três dias. A cobertura que levou mais tempo para ser montada foi a da residência no Assentamento Belo Monte. A explicação dada pelo morador e pelo arquiteto (autor do projeto) é que a estrutura, de toras de madeira, foi cortada e montada no próprio local, e durante este processo houveram algumas alterações no projeto.

O tempo de montagem não variou muito, contando em alguns casos com mão-de-obra leiga, através de mutirão, em outros com mão-de-obra da construção civil, treinada pelo próprio executor da obra. No entanto, nenhuma mão-de-obra era especializada neste tipo de técnica, o que aponta para uma relativa facilidade de execução. Com exceção das bandejas de concreto pré-fabricadas (com o nome de Ecotelha), as demais coberturas utilizaram uma técnica

construtiva bastante simples, e o transporte dos materiais até a cobertura foi feito pelos executores. Nenhuma máquina foi empregada para este fim.

#### f) Orientação Solar

A seguir (quadro 34), quantifica-se as orientações solares em que se apresentam as coberturas levantadas.

<b>ORIENTAÇÃO SOLAR</b>	<b>NÚMERO DE OBRAS <sup>x</sup></b>
NORTE	6
SUL	5
LESTE	1
OESTE	1
NORDESTE	1
SUDESTE	1
NOROESTE	1
SUDOESTE	1

Quadro 34: orientações solares das coberturas

Segundo a bibliografia consultada, quanto maior for a incidência solar direta sobre a cobertura, maior será a evaporação pelas plantas. Para locais com incidência solar muito forte e direta, a escolha da vegetação deve considerar estes fatores, elegendo-se espécies apropriadas.

Sessenta por cento das obras levantadas possuem a cobertura viva voltada para Norte. São elas: Casa no Casa de Sofia, Residência no Assentamento Belo Monte, Pousada Villa Flor, Residência na Assunção 2, Filhos de Sepé e Sede da Arcoo. A primeira delas é considerada plana (4,5% de inclinação), portanto, é a que tem menor influência da orientação solar. A segunda e terceira, possuem, respectivamente, leve inclinação (variável entre 3,6° e 16°) e forte inclinação (30°), e a incidência solar é mais direta sobre a vegetação.

No caso da segunda obra – Residência no Assentamento Belo Monte – a escolha da vegetação recaiu sobre as gramíneas retiradas do próprio local, que são utilizadas em todas as orientações, com a leve inclinação. Devido à obra ser nova, não se percebe ainda diferenças significativas em função da orientação solar. Este, no entanto, será uma boa referência para análises futuras da adaptação destas gramíneas em diferentes orientações.

Apenas algumas cabanas da Villa Flor – quinta obra – têm sombreamento de árvores vizinhas, o restante está em exposição direta aos raios solares. Por este motivo, segundo o arquiteto entrevistado, a predominância da vegetação recai sobre as espécies de suculentas (que também resistem bem a períodos secos), e as gramíneas são evitadas. Preventivamente, foi recomendada a instalação de um sistema auxiliar de rega, para suprir de água a vegetação dos telhados nos períodos de seca atípica (o que, até o momento da entrevista, ainda não havia sido instalado).

Outra cobertura que recebe considerável insolação direta é a da Residência Unifamiliar em Nova Petrópolis. Esta cobertura está voltada para a orientação solar nordeste, com 44° de inclinação (quase 100%). Por este motivo, assim como as cabanas da Villa Flor, também esta cobertura tem predominância de espécies suculentas.

A Residência no Bairro Assunção 1 possui forte inclinação (variável entre 20° e 30°), voltada para sul. A espécie eleita para a capa vegetal é a grama esmeralda, em sua quase totalidade. Na borda lateral e inferior, foi também empregado aspargo.

#### g) Peso Estimado Sobre a Estrutura

A bibliografia consultada divide as cargas em pontuais, permanentes e acidentais. A seguir, está a relação de cargas permanentes das coberturas levantadas (quadro 35).

<b>OBRAS</b>	<b>CARGA PERMANENTE (por m<sup>2</sup>)</b>
OBRA 1	250Kg
OBRA 2	250 Kg.
OBRA 3	180 Kg
OBRA 4	110 Kg
OBRA 5	160Kg
OBRA 6	160Kg
OBRA 7	160Kg
OBRA 8	160Kg
OBRA 9	250Kg
OBRA 10	200Kg

Quadro 35: cargas permanentes (por m<sup>2</sup>) estimadas por cobertura

Embora o arquiteto entrevistado não tenha respondido a este ítem, o peso por metro quadrado das coberturas nas Residências 1 e 2 no Bairro Assunção pode ser estimado, a grosso modo. Considerando as espécies vegetais e os 25 cm de substrato saturado, chega-se,

aproximadamente, a um peso de 250 Kg/ m<sup>2</sup>, o que é bastante, para este tipo de cobertura extensiva. Em se considerando que as coberturas extensivas de leve inclinação podem ter substratos menores, este foi um considerável sobrepeso nas estruturas.

Sobre as demais obras, pode-se dizer que, de maneira geral, o peso das coberturas sobre as estruturas (estimado por seus autores) estão acima do previsto na bibliografia. Britto (2001) conta que, em geral, este peso não ultrapassa os 100Kg/m<sup>2</sup> (com terra saturada). Isto, no entanto, para uma altura de substrato de, aproximadamente, oito centímetros. Minke (2004), para os mesmos 100Kg/m<sup>2</sup>, fala em alturas de 10cm de substrato vegetal.

Um aspecto importante a ser mencionado é o de que, em muitas destas coberturas, o sobrepeso está relacionado ao uso da cobertura como espaço de convívio. Nem sempre há uma separação clara, dentro das respostas, entre o que é peso da cobertura em si (carga permanente), e o que são cargas acidentais. Alguns exemplos, como o da obra 10 – Assentamento Filhos de Sepé – inclui essa utilização no cômputo geral de cargas.

Apenas em uma obra – a Cobertura no Bairro Moinhos de Vento – a cobertura extensiva foi uma reforma. Neste caso, a estrutura existente (em madeira) não recebeu nenhum reforço. O telhado anterior era de telhas cerâmicas, sabidamente mais leves do que a nova cobertura. A hipótese que se faz, então, é que a estrutura estava superdimensionada para o primeiro caso, possivelmente por motivos estéticos (pilares e vigas mais robustos).

As coberturas que prevêm cargas pontuais são as das cabanas da Pousada Villa Flor, que possuem ventilador eólico e abertura zenital. Estas cargas, no entanto, não estão localizadas sobre pilares, mas sobre as vigas de *Lyptus*, que estruturam o restante da cobertura. A residência no Assentamento Belo Monte possui uma estrutura complexa, devido ao projeto da cobertura em si (dividida em diferentes planos). A robustez da estrutura, no entanto, foi pensada para suportar cargas acidentais, como o trânsito de pessoas sobre a cobertura.

Também é prevista esta utilização na cobertura da Casa de Sofia, nas unidades habitacionais da Ecoovila e na Residência no Bairro Assunção, porém, de diferentes maneiras: enquanto que, na Casa de Sofia a idéia é que se utilize a cobertura como um espaço de contemplação e convívio, na Residência no Bairro Assunção o trânsito de pessoas (e, neste caso, também máquinas) acontece apenas nos momentos de manutenção. Nas unidades habitacionais da Ecoovila acontece um meio-termo: são previstos os momentos de manutenção mas, como a



cobertura é muito íngreme (33° a 45°), ao invés de utilizá-la, foi previsto uma espécie de terraço junto a ela, onde os moradores e visitantes circulam e convivem.

#### h) Drenagem

A drenagem das águas residuais provenientes das coberturas analisadas acontecem de maneira semelhante à drenagem usual dos telhados residenciais. Há calhas em concreto preenchidas com brita – nas residências 1 e 2 na Assunção – fazendo parte da estrutura da cobertura, há calhas externas, em folhas de flandres – como nas cabanas da Pousada Villa Flor) e até mesmo escoamento por dentro de vigas (como na residência Unifamiliar em Nova Petrópolis).

Um dado curioso, é o da recomendação feita por Minke (2004), sobre o tubo de drenagem (tubo perfurado) – como o utilizado no Anexo da Casa de Sofia – em que o autor fala que um tubo de drenagem, de aproximadamente 1 metro de comprimento, pode ser utilizado. Sobre o comprimento do tubo, Cruz (informação verbal) <sup>21</sup>, conta que o tubo deve percorrer toda a largura da platibanda (ou beiral, conforme o projeto), em seu ponto mais baixo, e tenha ao menos dois pontos de desague. Em recente *email*, dirigido a um aluno de graduação, o arquiteto, Mestre em impermeabilização, sugere:

(...) Para a coleta d'água, sugiro que coloques um dreno paralelo à platibanda. Após, recubra-o com Bidim ou Geotextil, de tal forma que a terra não se esvaia pelas perfurações do dreno.

---

<sup>21</sup> Informação fornecida pelo Arquiteto Msc Júlio Cruz, durante consultoria para a elaboração desta pesquisa. Porto Alegre, 2005.

A seguir (figura 138), Cruz exemplifica sua sugestão sobre o dreno.



Figura 138: esquema da posição do tubo perfurado, em planta baixa e corte, respectivamente <sup>22</sup>

Conforme descrito no item 5.8.4, a calha foi o elemento construtivo que causou problemas de manutenção na Sede da Ecoovila. Tanto o autor do projeto (arquiteto), quanto a usuária (bióloga) entrevistados, relatam dificuldade em encontrar uma calha durável, sem problemas de instalação (emendas), e ao mesmo tempo com baixo impacto ambiental e produzido em série (oferecido pelo mercado). Vale dizer que este é um problema encontrado por quem busca, no Brasil, construir com baixo impacto ambiental. Não há diversificação de produtos e, em alguns casos, encontrá-los pode ser bastante difícil. Quando o produto atende a um requisito, como custo, não atende a outro, como baixo impacto ambiental.

#### i) Impermeabilização da Estrutura

Os autores consultados na bibliografia descrevem a impermeabilização como eficiente quando atende basicamente a dois requisitos: impedir a chegada da água até os componentes da estrutura e ser, para tanto, resistente às raízes. A seguir (quadro 36), observa-se os tipos de impermeabilização empregados nas obras levantadas.

TIPO DE IMPERMEABILIZAÇÃO	NÚMERO DE OBRAS*
manta asfáltica	2
membrana de PEAD	4
pintura asfáltica + membrana de PEAD	3
telhas <i>Onduline</i> *	1

Quadro 36: tipos de impermeabilização empregados

<sup>22</sup> Acervo Particular. CRUZ, J. Porto Alegre, 2005.

Minke (2004) descreve, como material mais seguro e mais econômico para uma membrana protetora às raízes, um tecido de poliéster revestido em PVC, com espessuras de 2mm. Esta mesma membrana atende, sozinha, às duas condições de eficiência citadas anteriormente. No Brasil, por ser importado, este material tem custo elevado e, por esse motivo, não está presente em nenhuma das obras levantadas.

Apenas duas coberturas vivas analisadas utilizam manta asfáltica sozinha, como impermeabilização. As membranas betuminosas, segundo Minke (2004), necessitam proteção anti-raízes, o que pode ser feito através de uma membrana adicional. Curiosamente, estas são as edificações mais antigas, cujas impermeabilizações só foram trocadas após vinte e quatro anos. A explicação para que as infiltrações tenham demorado a aparecer, mesmo sem a proteção anti-raízes, é que as gramíneas, que compunham a camada de vegetação, não possuem raízes agressivas à impermeabilização.

Britto (2001) conta que uma boa solução de impermeabilização deve prever um sistema formado por diversas camadas, para aumentar seu desempenho. As membranas de PEAD (polietileno de alta densidade) cumprem a função de proteção anti-raízes, mas o ideal é que abaixo dela exista uma camada específica de impermeabilizante, a fim de otimizar sua eficiência. Dentre as obras analisadas, 50% delas fazem uso da manta de PEAD. Vinte por cento delas, no entanto, utilizam apenas ela como impermeabilização.

Minke (2004) fala que as membranas de PEAD podem ter bom preço. Sua rigidez, no entanto, dificulta dobras e recortes, e são difíceis de serem soldadas *in loco*. O ideal é que sejam soldadas na própria fábrica que as fornece. Por essas características, as membranas de PEAD são, segundo o autor, indicadas somente para superfícies planas.

Nas duas obras onde foi empregada apenas a membrana de PEAD como impermeabilização, os dados da bibliografia se confirmaram; as dobras e arremates foram de difícil execução, nos dois casos. Uma destas coberturas é plana regular, a outra tem superfície de leve inclinação e com um formato que exigiu recortes na manta. Com esses recortes, houve a necessidade de executar emendas, o que não foi feito na própria fábrica, e nem com a técnica indicada (solda a quente). Nas duas situações, o resultado foram infiltrações na cobertura, conforme está descrito nos itens 5.2.4 e 5.3.4.

Nos três exemplos em que foi utilizada pintura asfáltica sob a membrana de PEAD, apenas um apresentou infiltração, e o motivo foi falha na execução. Segundo o autor de projeto entrevistado, a falta de limpeza no telhado antes da aplicação da manta de PEAD provocou furos na mesma, causando a infiltração.

As duas residências na Assunção tiveram desgastes da manta em diferentes tempos. Enquanto a Residência 1 teve duração da manta asfáltica de 24 anos, a da Residência 2 durou vinte anos. Ambas foram construídas na mesma época, tiveram o mesmo autor de projeto e contaram com a mesma equipe de execução da cobertura. A orientação solar de ambas é a mesma – sul – e a camada de substrato é também idêntica.

O que foi diferente, ao longo dos anos, foi a manutenção dada à “cobertura jardim”. Enquanto que na primeira casa a grama era cortada sem aparentes excessos, na segunda este corte era excessivo, tanto em frequência, quanto em tamanho – a grama, em determinadas vezes, praticamente não aparecia, de tão rente ao substrato, como se observa na foto do ítem 5.9.4. Neste caso, a dica dada por Minke (2004), sobre não cortar excessivamente a vegetação, sob o risco de enfraquecer todo o sistema, se confirma. A perda de substância orgânica e o ressecamento da terra são consequências deste procedimento. Pode-se, a partir disso, supor que o sistema enfraquecido tenha contribuído para a deterioração acelerada da manta impermeabilizante, comparativamente à outra obra. O motivo disso é provável que seja a maior oscilação térmica a que este material foi submetido.

#### j) Substrato Vegetal

As principais funções do substrato são servir de matéria nutriente, armazenar e drenar água, e ter poros de ar suficientes para o crescimento das raízes. A seguir, serão comentados aspectos relevantes, segundo a bibliografia consultada, sobre este componente das coberturas levantadas.

- *Composição do Substrato, Altura e e Inclinação*

Segundo Minke (2004), as coberturas se dividem em quatro grupos, conforme sua inclinação:

- planas (até 3° – até 5%);

- de leve inclinação (entre 3° e 20° – entre 5% e 36%);
- de forte inclinação (entre 20° e 40° – entre 36% a 84%);
- “empinados” (superiores a 40° – superiores a 84%).

Minke (2004) explica que as coberturas vivas, sem inclinação, podem ter mais de 30cm de altura de substrato, ou então uma camada especial de drenagem. Já as coberturas inclinadas, segundo o mesmo autor, podem ter substratos menores, a partir de apenas 3cm de altura.

Apenas uma das coberturas levantadas – a da Casa de Sofia – é plana. Para não sobrecarregar a estrutura, foi empregada uma camada especial de drenagem, conforme indicado pela bibliografia. Utilizando-se esta camada – geossintético *Mac Drain 2L* – a camada de substrato (composta por uma mistura de terra preta com areia média, conformando uma camada de 10 cm de altura acima da geo-membrana drenante) pôde, então, ser reduzida. O arquiteto entrevistado, no entanto, não demonstrou satisfação com a drenagem existente, acreditando que a mesma não retém água suficiente no substrato para as espécies vegetais – uma mistura de gramíneas e suculentas, com a dispersão de sementes e plantio de mudas de *Sedum sp.* Seria interessante, também, uma análise mais profunda do substrato, pois uma composição diferente, talvez, dentro dos mesmos 10cm, promovesse uma drenagem mais favorável ao equilíbrio da cobertura viva.

Segundo a bibliografia consultada, as coberturas planas (até 3°) são as mais propensas a danos, quando não recebem os cuidados de um jardim. Minke (2004) conta que nestas coberturas a vegetação está mais exposta a fortes oscilações de umidade, e que no caso de pequenas espessuras de substrato, a terra tende a ficar sem oxigênio. Para evitar este problema, pode-se aumentar a drenagem, utilizando-se uma composição de substrato mais drenante, ou ainda as camadas de substrato podem ser maiores que aquelas utilizadas em coberturas inclinadas. Nenhuma das alternativas anteriormente descritas, no entanto, foi empregada neste exemplo. A partir da observação no local, pode-se levantar a hipótese de que o efeito de ressecamento não esteja ligado à camada de drenagem e, sim, à pouca altura (10cm) de substrato, e à falta de recobrimento vegetal (assim já idealizado para ser no projeto da cobertura). As parcelas grandes do substrato expostas, e substituição de vegetação por tijolos (prevendo a circulação de pessoas sobre a cobertura), contribuíram para um prejuízo geral da umidade da cobertura.

Apenas duas coberturas – a do assentamento Belo Monte e do assentamento do MST Filhos de Sepé – são de leve inclinação. A altura do substrato, no primeiro caso, é de 13cm, composto por terra retirada do próprio local (argilosa), com percentual entre 30% e 40% de areia. A altura do substrato está de acordo com o indicado pela bibliografia. O substrato, nesta categoria de inclinação, funciona como camada de drenagem, ao mesmo tempo armazenando uma parcela de água, e escoando o volume excedente. Por este motivo, não necessita camada drenante especial, como anteriormente observado.

A segunda cobertura de leve inclinação tem diversas semelhanças com a primeira. Além dos aspectos ideológicos relacionados aos projetos (os quais não serão tratados neste trabalho), os materiais retirados do próprio local, a mão-de-obra e a técnica construtiva (mutirão) são idênticas.

Segundo a bibliografia, se for utilizada terra retirada do solo do entorno, esta não deve ser muito argilosa, e deve, em geral, ser misturada com areia, para que o substrato fique mais leve e com melhor condição de drenagem. Além disso, segundo Antochevis e Chollet (informação verbal)<sup>23</sup>, a areia dá mais espaço para enraizamento. Neste exemplo, pode-se observar a aplicação desta recomendação, já que, como a terra retirada do próprio local (para compor o substrato) era muito argilosa, foi então acrescida a ela o percentual de areia.

Quarenta por cento das coberturas possuem forte inclinação (Residências na Assunção 1 e 2, Pousada Villa Flor e Sede da ARCOO). Para esta situação, a bibliografia consultada indica que seja previsto algum artifício contra o deslizamento do substrato. Minke (2004) aconselha que, quanto maior a inclinação, menor deve ser a distância entre esses elementos que visam segurar o substrato.

Na Residência no Bairro Assunção 1, uma maneira de manter a umidade do substrato (25cm de terra preta) foi a colocação de “travessas” de tijolos, que acumulam um pouco da água que percorre a cobertura – sistema comparado pelo arquiteto entrevistado ao de um vaso comum. Os tijolos ficam sobre a manta, e não são impermeabilizados, impregnando-se com a água das chuvas, assim como a terra e a grama. A distância aproximada entre os tijolos é de um metro.

Na Pousada Villa Flor, as cabanas possuem uma camada de substrato de 15cm de altura (em média), composta de material de grande permeabilidade – terra preta (75%), casca de arroz

---

<sup>23</sup> Rita Antochevis e Deise Chollet, agrônomas, forneceram consultoria durante a elaboração desta pesquisa. Porto Alegre, 2005.



(20%), composto orgânico de javalis (5%). O arquiteto entrevistado relata que, devido à inclinação do telhado, o excesso de água acaba sendo derramado sobre a calha, e na parte inferior do substrato ocorre um acúmulo de água. Neste exemplo, não foi executado nenhum artifício contra o deslizamento do substrato. Apesar disso, segundo o arquiteto entrevistado, não ocorreram deslizamentos.

A Residência Unifamiliar em Nova Petrópolis é o único exemplo levantado com cobertura empinada, segundo a classificação de Minke (2004). Uma técnica descrita pelo mesmo autor, para conter o deslizamento do substrato, é a utilização de duas camadas de grama, dispostas uma sobre a outra, de maneira que a primeira camada esteja com a grama voltada para baixo, servindo de substrato para a camada seguinte. Desta maneira, as raízes se entrelaçam, reforçando a estrutura da capa vegetal como um todo. Neste exemplo esta técnica, considerada como adicional à outra, principal, não foi utilizada.

Como a inclinação da cobertura é grande, a laje recebeu uma estrutura chamada vulgarmente de espinha de peixe, a fim de evitar deslizamentos do substrato, e erosão (por aceleração danosa do escoamento da água das chuvas). Esta estrutura é formada por pequenas muretas com 10cm de altura.

Segundo a bibliografia consultada, em coberturas planas ou pouco inclinadas, a camada de drenagem deve ser coberta por um feltro ou tela, para impedir que o lodo formado na camada de substrato acima não passe para a mesma, dificultando a respiração das raízes. Segundo Minke (2004), em coberturas, a partir das levemente inclinadas, esta medida não é necessária, já que a inclinação aumenta o poder de drenagem.

A cobertura plana (Casa de Sofia), portanto, é a única em que essa separação entre uma camada de substrato mais fina e outra, com poder de drenagem aumentado, seria desejável. No entanto, neste exemplo não há nenhuma separação, pois os 10cm de substrato são compostos pelo mesmo material orgânico (terra preta e areia média).

Nas cabanas da Pousada Villa Flor, o substrato não é separado da camada drenante (de brita) por uma manta filtrante no sentido convencional (através de uma camada horizontal). Curiosamente, nas cabanas, a separação é feita através de uma parede entre o substrato e a calha. Na calha é que está localizada a camada de brita, que recebe então a manta geotêxtil (Bidim), que permite o escoamento da água e segura outros elementos (como pedras ou lascas), que poderiam prejudicar a drenagem. O mesmo acontece na Residência do

Engenheiro, onde a calha de escoamento é composta por um volume longitudinal de brita grossa para drenagem, separado do substrato por uma manta geo-têxtil permeável (Bidim).

Pela maneira particular de seu autor conceber a cobertura viva extensiva (ou ecológica), a Ecotelha possui diferenças em relação às demais coberturas estudadas. Uma delas é em relação ao substrato. Em seus 5cm de composição, não há diferença de composição. Embora sua natureza não tenha sido revelada pelo construtor entrevistado (que é também responsável por sua criação), não há uma camada drenante em especial. No fundo de cada concavidade da ecotelha vai um pedaço do geo-têxtil Bidim, com a finalidade de impedir a saída do substrato.

#### k) Espécies Vegetais Empregadas

Além das espécies vegetais que constam no quadro do item 4.1.2, este item descreve outras espécies vegetais, empregadas nas obras (quadro 37).

NOME CIENTÍFICO	NOMES COMUNS
–	relvado – conjunto de espécies gramíneas, retiradas do próprio local
<i>Axonopus compressus</i>	grama-missioneira, grama-tapete, grama são-carlos, grama-sempre-verde
<i>Callisia repens</i>	dinheiro-em-penca
<i>Cuphea gracilis</i>	cuféia, érica, falsa-érica, cúfea
<i>Kalanchoe fedtschenkoi</i>	calancoê-fantasma
<i>Portulaca oleracea</i>	beldroega, caaponga, onze-horas
<i>Tradescantia zebrina</i>	lambari, trapoeraba-roxa, judeu-errante
<i>Zoysia japonica</i>	grama esmeralda, zoísia-silvestre, grama-zoísia, zoísia

Quadro 37: espécies vegetais empregadas nas obras, além das descritas por Toni Backes

Na listagem acima, apenas a cuféia e a grama-missioneira são espécies nativas do Brasil, e apenas a grama-missioneira é da Região Sul. As demais espécies são todas exóticas, com as seguintes origens:

- dinheiro-em-penca: América Tropical;
- calancoê-fantasma: Madagascar;
- beldroega: Europa;
- lambari: México;
- grama-esmeralda: Japão.

O agrônomo e paisagista Toni Backes foi consultor em quatro das obras analisadas. São elas: Pousada Villa Flor, Residência Unifamiliar em Nova Petrópolis, Ecoovila e Sede da Ecovila. Na obra do Anexo da Casa de Sofia, o quadro de plantas indicadas para telhados vivos no RS – ítem 4.1.2, elaborada por Backes – serviu de fonte de consulta para os autores do projeto. Em sua listagem, assim como nas obras anteriormente citadas, destaca-se a predominância de espécies exóticas. Ao ser indagado sobre o motivo destas escolhas, Backes relatou haver pouca disponibilidade de produção e pesquisa de espécies nativas, quando empregadas como mudas individuais – como é o caso, nas coberturas vivas.

As obras que empregam predominantemente gramíneas, são as que elegem espécies locais. As leivas podem ser retiradas do próprio local – como nas obras Residência no Assentamento Belo Monte e Centro de Convívio do Assentamento Filhos de Sepé – ou compradas, trazidas de outro local, etc. – como nas Residências 1 e 2 na Assunção.

A partir da análise das espécies vegetais, pode-se concluir que, com excessão dos autores de projeto que elegem as espécies gramíneas, há alguma dificuldade em se encontrar espécies locais, já testadas, para o uso em coberturas vivas extensivas. Por este motivo, conforme relata Backes, a escolha prioriza espécies já conhecidas e testadas. Isto sugere a necessidade de realizar-se mais pesquisas nesta área, a fim de conhecer, também, a adaptabilidade de plantas locais e nativas a esta técnica construtiva.

### **6.1.3 Dados de Manutenção das Coberturas**

A seguir, serão comentados os dados relativos às manutenções empregadas nas coberturas levantadas, através de tópicos: substituição das espécies vegetais, aspecto da vegetação na visita ao local, tipo de manutenção realizada e outras utilizações da cobertura. Através destes tópicos, busca-se conhecer quais foram os aspectos importantes após a ocupação destas coberturas.

#### **a) Substituição das Espécies Vegetais**

As duas obras mais antigas – Residência na Assunção 1 e 2 – tiveram a vegetação trocada, após vinte e quatro e vinte anos, respectivamente. As duas coberturas, segundo os moradores,

apresentaram problemas de infiltrações, devido ao desgaste natural da manta de impermeabilização, e a vegetação foi substituída na obra que refez toda a cobertura.

Também a substituição da vegetação feita na Residência no Assentamento Belo Monte, assim como nos dois casos anteriormente citados, foi devido a manutenção de outros componentes da cobertura, como impermeabilização – neste caso, a infiltração se deu por falha na execução.

As demais obras não tiveram substituição das espécies vegetais, embora o arquiteto entrevistado sobre a Casa de Sofia esteja testando as espécies, a partir de indicações feitas em uma lista de espécies indicadas, fornecida por um agrônomo especialista em coberturas vivas.

#### b) Aspecto da Vegetação na Visita ao Local

A seguir, a quantificação do aspecto da vegetação na visita ao local, através da observação (quadro 38).

ASPECTO DA VEGETAÇÃO	Nº DE OBRAS
<b>BOA</b> , COBRINDO TODO O SUBSTRATO	8
<b>RUIM</b> , DEIXANDO TRECHOS DO SUBSTRATO DESCOBERTO	1
<b>RUIM</b> , HAVENDO SUBSTITUIÇÃO DA COBERTURA VIVA POR OUTRA	1

Quadro 38: aspecto da vegetação (por observação na visita)

Apenas uma obra – a Casa de Sofia – apresentava a vegetação em mau estado, com falta de recobrimento do substrato e espécies vegetais com aparente ressecamento. Os motivos disso, no entanto, conforme explicado no item 5.3.4, não estão relacionados à escolha das espécies vegetais em si, mas sim a outros fatores de projeto.

A vegetação na Residência no Assentamento Belo Monte, apesar de visualmente ressecada, recobria toda a superfície da cobertura no momento da visita e, segundo o arquiteto e autor do projeto, a tendência é que o equilíbrio se reestabeleça com o tempo. O mesmo diz que, assim como a grama do entorno (de onde foi tirada), a que está na cobertura apresenta-se mais ou menos verde, conforme a estação do ano, ressecando-se e regenerando-se naturalmente.

A vegetação da Residência na Assunção 2 teve a cobertura de grama substituída por manta betuminosa, motivo pelo qual não pôde ter sua cobertura principal avaliada. Na parte em que

há horta, os cuidados são intensivos, e na parte em que há hera, apesar de ser do tipo extensivo, encontra-se em outra categoria de vegetação viva, não abordada neste trabalho.

### c) Tipo de Manutenção Realizada

A seguir, serão comparados os cuidados dispensados à manutenção das coberturas vivas levantadas (quadro 39).

OBRA	TIPO DE MANUTENÇÃO
OBRA 1	eventual retirada de “inços”, e a irrigação nos meses quentes. Após 24 anos, substituição da manta, substrato e vegetação.
OBRA 2	devido às infiltrações causadas pelas emendas feitas na manta, foi necessário remover partes da cobertura, refazer a impermeabilização e reaplicar o substrato e a vegetação.
OBRA 3	ainda não foi executado, mas está previsto um detalhamento a ser desenvolvido, em função das infiltrações causadas pelas dobras e arremates da manta de PEAD.
OBRA 4	nenhuma, até o momento da visita
OBRA 5	regagens esporádicas no verão de 2005
OBRA 6	nenhuma, até o momento da visita ao local
OBRA 7	sistema de irrigação por gotejamento, entre 2 e 3 horas por dia, durante a época de estiagem (verão).
OBRA 8	irrigação nos meses quentes, e testes com novas espécies. Substituição da calha
OBRA 9	CORTE DA GRAMA, eventual retirada de “inços” e irrigação nos meses quentes. Após 20 anos, substituição da manta, substrato e vegetação.
OBRA 10	nenhuma, até o momento da visita ao local

Quadro 39: manutenções realizadas nas coberturas

Em termos de manutenção, pode-se dizer que há variação nos exemplos pesquisados. Três coberturas – obras 4, 6 e 10 – não haviam recebido nenhum tipo de cuidado de manutenção, até o momento da visita. Tratam-se de obras novas, como a grande maioria. Entre as três, no entanto, em termos de vegetação, tem-se, desde plantas do tipo suculentas até grama retirada do próprio local. Em comum, estas coberturas têm o fato de se encontrarem em bom aspecto no momento da visita.

As obras 5 e 7 receberam cuidados mínimos, como irrigação nos meses quentes. Também nestes dois casos, as espécies vegetais são variadas, com plantas do tipo suculentas e grama, entre outros.

As obras 2, 3 e 8 tiveram maiores cuidados de manutenção, devido a problemas de infiltrações, decorrentes de falhas nos sistemas construtivos, havendo erros de projeto e

execução. Por este motivo, a manutenção da cobertura viva não pôde ser agrupada na mesma categoria das demais – pois o motivo da manutenção não estava relacionado com componentes vivos.

As obras 1 e 9 são as mais antigas e, por esse motivo, são também as que fornecem mais dados sobre a manutenção dispensada às coberturas, ao longo de sua vida-útil. Na obra 1, a manutenção foi, segundo o morador e autor do projeto, mínima, como previsto em coberturas vivas extensivas. O fato de haver algum corte da grama, e a falta de cuidado ao mexer na terra, podem ser o motivo do enfraquecimento da mesma. Na obra 9, a manutenção empregada prejudicou, ao invés de manter, a grama, danificando a cobertura.

#### d) Outras Utilizações da Cobertura

A seguir, estão descritos outros usos dados às coberturas vivas levantadas (quadro 40).

TIPO DE USO	OBRAS
Espaço de convívio	Casa de Sofia, Belo Monte, Ecoovila
Viveiro de animais	Ecoovila
horta	Residência na Assunção 2

Quadro 40: outras utilizações dadas às coberturas

Minke (2004) fala sobre outras utilizações das coberturas vivas:

[...] as coberturas vivas extensivas não devem ter tráfego de pessoas sobre si, a não ser nas situações de manutenção da vegetação, [...] nestes casos, deveriam ser usados pedaços da superfície da cobertura para caminhos e terraços, com pranchas de madeira ou de metal, por exemplo.

ou

Colocar uma horta sobre cobertura plana é possível, mas tem pouco sentido. [...] a exposição direta de superfícies do substrato (falta de recobrimento vegetal) produz fortes variações de umidade e temperatura, o que não é propício ao crescimento de plantas de cultivo. O cultivo de frutas, verduras e legumes pertence ao jardim e não à cobertura!

Apesar do que recomenda o autor, a criatividade dos profissionais incluiu novos usos às coberturas. No exemplo da horta, em especial, o morador entrevistado conta que a mesma existe há pelo menos oito anos. Estes exemplos, embora não sejam comuns na bibliografia, representam o desejo de outros usuários, como os da cobertura no Assentamento Filhos de



Sepé, do MST. Lá, o usuário entrevistado tem planos de futuramente aproveitar esta cobertura para horta, investigando que espécies poderiam adaptar-se ao cultivo nestas condições.

## 6.2 ANÁLISE DAS INFORMAÇÕES COLETADAS NAS ENTREVISTAS

Tendo sido conhecidos os aspectos relevantes sobre coberturas vivas extensivas, a partir da revisão bibliográfica, e realizadas as entrevistas, partiu-se então ao agrupamento das informações coletadas. Neste momento, foram conhecidas as experiências profissionais com coberturas vivas nos locais pesquisados. Estes dados possibilitaram estabelecer semelhanças e diferenças entre a teoria e a prática nos locais estudados, e contextualizar essas experiências, com dados do clima local, materiais disponíveis e técnicas construtivas empregadas.

Nesta etapa identificou-se as expectativas dos autores de projeto, assim como os benefícios e problemas percebidos pelos usuários. No ítem manutenção, destacou-se o que foi necessário até o momento da entrevista, na experiência de cada usuário. Inicialmente, foi feita a transcrição completa de cada entrevista. A partir daí, as respostas foram agrupadas conforme os tópicos da pesquisa, seguindo a seguinte ordem:

- repostas fornecidas por autores de projeto;
- repostas fornecidas por usuários (residentes ou não).

### 6.2.1 Respostas fornecidas por autores de projeto

Os autores de projeto, arquitetos e engenheiros, destacaram, durante suas entrevistas, diferentes aspectos relacionados com as suas experiências no uso de coberturas vivas, em projetos executados. Alguns tópicos foram lançados, para incentivá-los a falar dos ítems que mais se destacam, em sua opinião.

a) Data da primeira obra com cobertura viva extensiva (quadro 41).

DÉCADA	ANO	AUTORES DE PROJETO
1970 – 1979	1978	2
1980 – 1989	-	0
1990 – 1999	1999	2
2000 – 2005*	2000, 2001, 2002, 2004, 2005	8

Quadro 41: agrupamento das datas do primeiro projeto de cobertura viva, com autoria dos entrevistados

b) Número de obras executadas com coberturas vivas extensivas (quadro 42).

NÚMERO DE OBRAS	NÚMERO DE AUTORES DE PROJETO
DE 1 A 5	5
DE 5 A 10	2
MAIS DE 10	3

Quadro 42: quantificação do número de projetos com coberturas vivas realizados pelos entrevistados

c) Descrição de Vantagens Percebidas Com o Uso de Coberturas Vivas

A seguir (quadro 43), encontram-se as vantagens percebidas com o uso de coberturas vivas, descritas por pelo menos dez por cento dos entrevistados.

VANTAGEM DESCRITA	Nº DE RESPOSTAS
ESTÉTICA	11
PSICOLÓGICA	4
INTEGRAÇÃO COM PROJETOS DE BIO-ARQUITETURA	7
INCREMENTO DA BIODIVERSIDADE NAS CIDADES	5
DIMINUIÇÃO DAS ILHAS DE CALOR	3
FILTRAGEM DE PARTÍCULAS DO AR	3
PROTEÇÃO TÉRMICA DOS MATERIAIS COMPONENTES	6
INÉRCIA TÉRMICA NO INTERIOR DA EDIFICAÇÃO	8
DIMINUIÇÃO DA CANALIZAÇÃO PLUVIAL	8
RETARDO NA VAZÃO DA ÁGUA DAS CHUVAS	8
USO DA COBERTURA COMO JARDIM	10
USO DA COBERTURA COMO JARDIM (c/ acesso às pessoas)	5
POSSIBILIDADE DE HORTA NA COBERTURA	2
ISOLAMENTO ACÚSTICO	4
BAIXO CUSTO DE IMPLANTAÇÃO	6
BAIXO CUSTO DE MANUTENÇÃO	9

Quadro 43: principais vantagens com o uso de coberturas vivas, descritas pelos entrevistados

A primeira constatação sobre as vantagens que o uso de coberturas vivas pode proporcionar, na visão dos autores de projeto, é que foram citadas, em sua quase totalidade, as vantagens elencadas pela bibliografia. A proporção em que aparecem, dentro dos comentários feitos pelos autores de projeto, é que varia.

Apenas uma vantagem foi unanimidade para todos os entrevistados: a estética. Mesmo por aqueles que não consideraram este como o aspecto mais importante, o fator estético não deixou de ser citado. Logo após, com a quase totalidade de respostas, está a possibilidade de utilização da cobertura como jardim, pela capacidade que as coberturas vivas têm de misturar espécies vegetais em sua composição.

Mais da metade dos entrevistados citou os seguintes aspectos: baixo custo de implantação e manutenção, proteção térmica dos materiais componentes (principalmente impermeabilização e estrutura), inércia térmica no interior da edificação (maior conforto térmico), diminuição do volume e retardo na vazão das águas pluviais, e possibilidade de integração com projetos de bio-arquitetura.

O equivalente à metade dos autores de projeto consideraram importantes o acesso de pessoas às coberturas, podendo desfrutá-las como um espaço aberto sobre os telhados, e o incremento da biodiversidade nas cidades, através dos pássaros que circulam por essas coberturas, usufruindo das mesmas e podendo trazer sementes de novas espécies de flores.

Para menos da metade dos entrevistados, foram importantes os seguintes aspectos: o isolamento acústico no interior da edificação, a filtragem de partículas do ar, a contribuição para diminuição das ilhas de calor urbanas, e outros aspectos benéficos relacionados ao uso de vegetação em meios urbanos (já comentados no capítulo 3). Embora não recomendado por Minke (2004), o potencial de utilização da cobertura como horta foi citado por vinte por cento dos profissionais entrevistados.

Alguns aspectos foram descritos por apenas um profissional, e valem a pena serem comentados. O primeiro deles é a possibilidade de testar uma técnica construtiva ainda não difundida no Brasil, o que representa um desafio profissional. O segundo é a diminuição do impacto da ocupação do terreno, através do incremento de área verde junto ao mesmo. Desta maneira, o profissional tenta compensar um pouco a ocupação do solo, levando para a cobertura o material orgânico que foi retirado do mesmo, quando deu lugar à edificação.

Também foi citada a possibilidade de integração com a paisagem existente, principalmente pelo fato de poderem ser utilizadas espécies locais, como gramíneas retiradas do próprio entorno. Outra vantagem percebida por um profissional foi a melhora no microclima da cobertura, assim como a simbiose entre materiais orgânicos e industrializados.

Um profissional destacou, em especial, uma vantagem associada às coberturas vivas pouco comentada na bibliografia: o arquiteto relaciona o uso de coberturas vivas com a concepção denominada, atualmente, como "quinta fachada", uma concepção Modernista preconizada por Le Corbusier. O mesmo arquiteto afirma que a estética proporcionada pela Cobertura Verde à "quinta fachada" é um indiscutível ganho compositivo e de sustentabilidade.

#### d) Descrição de Dificuldades Encontradas Com o Uso de Coberturas Vivas

A seguir (quadro 44), encontram-se as principais dificuldades encontradas pelos entrevistados, com o uso de coberturas vivas.

<b>DIFICULDADE DESCRITA</b>	<b>NÚMERO DE RESPOSTAS</b>
NÃO RESPONDEU AO ÍTEM	3
EMENDA DA LONA DE PEAD	4
OUTROS PROBLEMAS COM IMPERMEABILIZAÇÃO	1
SUBDIMENSIONAMENTO DAS CARGAS	1
FALHAS NA EXECUÇÃO	1
PROBLEMAS COM A DRENAGEM (CALHA)	1
PROBLEMAS RELACIONADOS À MANUTENÇÃO	0

Quadro 44: principais dificuldades com o uso de coberturas vivas, descritas pelos entrevistados

A respeito deste tópico, o que mais chama a atenção é o fato de nenhum profissional identificar a manutenção das coberturas vivas como uma dificuldade encontrada em sua(s) experiência(s), o que vai de encontro ao que diz a bibliografia sobre este tipo de telhado. Embora haja manutenção em algumas coberturas – o que será visto no item 6.2.1.7, a seguir – este fato não é visto como um problema pelos entrevistados.

O item que mais recebeu atenção, tendo sido citado por metade dos entrevistados, é a impermeabilização. Em primeiro lugar, a quase totalidade dos profissionais que utilizaram lonas de PEAD descreveram-na como dura (pouco maleável), e difícil de se executar dobras e arremates (como as bordas, por exemplo). Outra dificuldade encontrada com o uso da manta

foi a execução de emendas, mas apenas nos casos em que foram feitos sobrepasses, ao invés de solda a seco – esta, a maneira correta de emendar dois ou mais trechos da manta de PEAD. Apesar das dificuldades encontradas, no entanto, os profissionais que optaram por esse material afirmaram ser um bom impermeabilizante, resistente, e a escolha se deu por falta de opções melhores no mercado, já que tinham conhecimento de que a lona betuminosa comum (vulgarmente chamada “de caminhão”) não oferece a mesma resistência às raízes.

Ainda em relação a impermeabilização, uma importante consideração foi feita por um dos entrevistados. Ele afirmou que, por se tratar de uma técnica praticamente desconhecida, houve muitos problemas inesperados. Neste caso, a impermeabilização empregada foi a manta asfáltica. Segundo o profissional, um dos pontos críticos da impermeabilização da laje de concreto, que serviu de estrutura à cobertura- foi a irregularidade de sua superfície. O entrevistado conta que deve-se executar uma superfície sempre plana, sem ressaltos, cantos em demasia e passagens de tubulações. Estes obstáculos são, segundo ele, pontos vulneráveis, tanto na execução como para a drenagem. Sobre a camada impermeável, cantos e ressaltos tornam-se barreiras para a passagem do fluxo da água, criam poças mais ou menos permanentes sobre a impermeabilização, condições que diminuem a durabilidade dos materiais.

Outra dificuldade, citada por um dos entrevistados, foi o subdimensionamento das cargas. Ao ser feito o cálculo da estrutura, foi considerado o peso da terra molhada, como indica a bibliografia. O cálculo, no entanto, não previu a técnica construtiva que seria empregada – no caso desta obra, mutirão. Com o trânsito de várias pessoas sobre a cobertura, no momento da execução, a estrutura começou a dar sinais de instabilidade, e a montagem da cobertura precisou ser interrompida, para que a estrutura fosse reforçada.

Para outro entrevistado, houve uma falha na execução de mais de uma das casas que construiu, o que ocasionou a necessidade de reparos nas coberturas pouco tempo após sua execução. O profissional relata que houve falta de limpeza nos telhados (estrutura) antes da aplicação da manta de PEAD. Assim, as irregularidades das superfícies resultaram em ressaltos na impermeabilização, gerando, até, acúmulos de água em determinados pontos. Além disso, restos de materiais deixados sob a manta, como tocos de madeira e até mesmo pregos, ocasionaram furos na mesma. A última dificuldade relatada por autor de projeto foi

relativa a calha – conforme descrito no ítem 5.8.4 e, a exemplo do último ítem, também ocorreu em mais de uma edificação, gerando a necessidade de reparos.

A recomendação feita por Minke (2004), em relação a domus, janelas, chaminés ou outros, é evitá-los em coberturas vivas. Um dos entrevistados relatou uma infiltração, ocasionada pela corrosão das partes metálicas da esquadrias de sustentação dos vidros das aberturas zenitais, colocadas muito próximas à terra e matéria vegetal. Quinze por cento dos entrevistados não comentaram este ítem.

#### e) Verificação de Cuidados Necessários Durante o Projeto

Sobre os cuidados necessários na etapa de projeto, por serem recomendações oriundas das experiências profissionais, diretamente relacionadas ao ítem anterior, não foram quantificados em quadro, e sim descritos, não importando quantos entrevistados citam um ou outro aspecto. Os principais cuidados a serem tomados durante o projeto com cobertura viva, segundo os entrevistados, são:

- impermeabilização;
- cálculo estrutural;
- drenagem;
- sistema de irrigação;
- escolha do substrato;
- escolha da vegetação;
- cuidados com domus, janelas ou outros;
- inclinação da cobertura.

No que diz respeito à impermeabilização, as recomendações feitas pelos entrevistados são, em primeiro lugar, evitar emendas nas lonas de PEAD, encomendando os tamanhos corretos, já cortados, ao fornecedor. Quando as emendas forem necessárias, prever sua execução com solda a seco, ao invés de fazer sobreposições ou utilizar pintura asfáltica. Detalhar os acabamentos laterais da lona (arremates), também deve ser uma preocupação nesta etapa.

Uma sugestão feita por autores de projeto, é que se case dois sistemas de impermeabilização como, por exemplo, pintura com hidroasfalto e manta de PEAD. Esta sobreposição de duas camadas impermeabilizantes aparece em algumas das obras levantadas e, segundo os



profissionais que a utilizaram, pode ser considerada uma forma de aumentar o desempenho da proteção contra água e raízes. Também sobre este tópico, foi alertado por um dos entrevistados que não se passe tubos ou canalizações pela cobertura, o que pode prejudicar o desempenho da impermeabilização.

O cálculo estrutural é uma preocupação de todos os entrevistados, já que a terra molhada (mesmo quando em substratos pequenos, como 10cm), é sabidamente mais pesada que outros materiais, como telhas cerâmicas. O que apenas alguns profissionais citaram, no entanto, foi o fato de haver tráfego de pessoas sobre as coberturas, no mínimo em dois momentos: na montagem, e nas manutenções. Além da carga em si, é necessário prever como esse acesso vai se dar, planejando ao menos uma escada de fácil manuseio e montagem. Alguns entrevistados já previram estas situações durante o projeto e, para quem não havia previsto, estas passaram a ser recomendações da maior importância.

O tráfego de pessoas pela cobertura, no entanto, nem sempre fica restrito aos dois momentos citados anteriormente, havendo projetos em que o uso da cobertura prevê acesso aos moradores, para que usufruam deste espaço aberto ajardinado. Nestes casos, além do cálculo estrutural ser da maior importância, um dos entrevistados alertou, em especial, para a situação de crianças subirem ao telhado desacompanhadas. Havendo em projeto esta facilidade de acesso, é fundamental que seja também previsto um sistema de segurança, destaca o profissional. Segundo ele, este sistema pode ser através de redes de segurança (como as usadas em apartamentos), havendo uma platibanda alta o suficiente, ou ainda, havendo um terraço pequeno após a cobertura viva, por onde se dá o acesso à mesma (a exemplo da Ecoovila).

Sobre a drenagem foi citada a importância de se projetar um bom sistema, que seja simples de manter e que, ao mesmo tempo, possa prover a umidade necessária ao substrato. Um dos profissionais cita que o tempo de permanência da água na cobertura deve ser projetado com atenção, para que a drenagem não seja excessiva (o que ocorreu com sua cobertura). A cobertura viva, segundo ele, quando não possui um sistema de retenção da água coletada através das chuvas, tende a ficar ressecada em períodos de poucas (ou sem) chuvas. A pouca atenção dada a esse item, para o profissional, deve-se ao fato de muitas vezes o projetista prever a saída da água da cobertura, como quem faz a drenagem de um terreno, e as duas situações têm naturezas bastante distintas.

O desafio aos projetistas é o equilíbrio de se ter uma boa retenção da água na cobertura, mas evitando seu excesso, principalmente adequando-a tanto a períodos secos quanto a períodos chuvosos. Um dos entrevistados prevê um sistema simples, que procura drenar sem excesso sua cobertura viva. Através dos tijolos sem impermeabilização, dispostos sobre a manta hidroasfáltica, mantém a terra umedecida por mais tempo nestes locais, sem prejudicar a drenagem.

Outro autor de projeto descreve um sistema direto, como gárgulas, (que é mais simples que dreno, portanto fácil de manter), como sistema preferencial de drenagem nas coberturas vivas que utilizem lajes planas. Já nas coberturas que utilizem lajes inclinadas, segundo ele, além dessas gárgulas, devem ser também utilizados drenos.

A irrigação, nos meses quentes, ou em períodos secos, segundo alguns entrevistados, também deve ser prevista em projeto. Para estes profissionais, o sistema adotado pode ser o de gotejamento, através de uma mangueira perfurada, posicionada no topo da cobertura.

A escolha do substrato e da vegetação também se destacam entre as observações feitas pelos autores de projetos. Além dos dois elementos estarem relacionados, alguns aspectos foram mencionados sobre um ou outro, em particular. Em relação à escolha do substrato, um dos entrevistados recomenda que este não deve ser nem muito, nem pouco argiloso, para uma boa drenagem. O mesmo profissional costuma utilizar a grama retirada do próprio local onde será construída a cobertura, ou do entorno imediato ao mesmo. A razão disso, para ele, é priorizar os materiais locais, o que além da integração com o lugar, facilita a manutenção (por se tratarem de espécies vegetais nativas, já adaptadas àquele clima).

Uma unanimidade entre os entrevistados é o cuidado com a escolha das espécies vegetais, que devem ter raízes superficiais e, ao mesmo tempo, ser resistentes a períodos secos, chuvas e/ou vento em excesso, e baixas temperaturas. Alguns dos entrevistados têm optado evitar gramíneas em suas coberturas, substituindo-as por suculentas. A razão disso, para eles, é a maior resistência apresentada por estas espécies, comparando-as às gramíneas. Um dos entrevistados, em especial, afirma que as gramíneas não são indicadas a locais com grande incidência solar direta.

A inclinação da cobertura não é uma preocupação para a maioria dos entrevistados, já que suas obras são classificadas como de leve inclinação (entre 3° e 20° – ou entre 5% e 36%) ou

de forte inclinação (entre 20° e 40° – ou entre 36% a 84%). Apenas uma obra possui inclinação maior que estes valores, sendo classificada como “empinada”. O profissional que fez uma recomendação sobre respeitar a inclinação, no entanto, não foi o que projetou esta cobertura “empinada”, e sim o que desenvolveu um sistema pré-fabricado de montagem de coberturas vivas. Segundo o construtor, é necessário é respeitar os limites de inclinação estabelecidos por seu sistema construtivo: até no máximo 30° (67%) , sendo o mínimo de inclinação determinado pela telha (quando utilizada).

#### f) Verificação de Cuidados Necessários Durante a Execução

Os cuidados necessários na etapa de execução dos projetos das coberturas vivas, assim como aqueles necessários aos projetos, são recomendações oriundas das experiências profissionais dos entrevistados. Não estão quantificados, pois a pesquisa considera neste tópico, mais do que a quantidade, a diversidade de comentários. Assim, os principais cuidados a serem tomados durante a execução de um projeto com cobertura viva, segundo os entrevistados, estão relacionados com a impermeabilização.

Tanto aqueles que utilizam a manta de PEAD, quanto os que utilizam pintura asfáltica, como impermeabilização, destacam a importância de se ter uma superfície lisa, sem ressaltos, na estrutura que receberá esta camada impermeabilizante. Um dos entrevistados, que executou a cobertura sobre estrutura de bambú, aplicou uma lona preta comum (betuminosa) sobre a estrutura. Sobre esta lona, então, foi derramada uma camada de areia, para dar a regularização, e só após isso foi colocada a manta de PEAD.

A manta deverá ser aplicada somente após uma inspeção da limpeza da cobertura, e sobre ela deve-se trabalhar com os pés descalços, ou com chinelos de borracha, com o solado livre de pedregulhos ou qualquer outro material que possa arranhá-la ou furá-la.

Por fim, as dobras da manta de PEAD receberam algum destaque, por parte de autores de projetos. Segundo eles, o material é rígido, difícil de se executar dobras. Deve-se, portanto, ter atenção redobrada no momento de executá-las.

#### g) Verificação da Necessidade e Frequência de Manutenção

Para o profissional que teve a construção com cobertura viva mais antiga, a grama só foi trocada em 2004, durando vinte e quatro anos. A manutenção dada neste período, segundo ele, foi a retirada de “inços” e eventual irrigação em meses quentes.

Outro entrevistado relata boa resistência da vegetação, principalmente após um período de falta de chuvas no verão de 2005. A vegetação citada por ele é composta, em sua quase totalidade, por suculentas, não havendo espécies gramíneas. O mesmo profissional afirma que a retirada de sementes e vegetais estranhos ao telhado, nas coberturas executadas por ele, é realizada semestral ou anualmente.

O autor de projetos que costuma trabalhar com grama retirada do próprio local, afirma que esta escolha também se faz por minimizar a necessidade de corte e irrigação. Segundo ele, a variação de espécies fortalece a grama, portanto algumas espécies vegetais, que tenham brotado espontaneamente, e que não sejam arbóreas, devem ser deixadas no telhado. O mesmo profissional diz que um corte por estação é saudável para a vegetação, para que não aconteça uma seleção natural das espécies mais fortes. A geada, segundo ele, queima a grama, mas sua recuperação acontece naturalmente, e não é necessário que se molhe a cobertura, mesmo nos meses quentes.

Mais de um autor de projetos fala da necessidade de se regar a cobertura nos meses quentes, e um deles, em especial, relata que no verão de 2005, quando a grama não resistiu no solo imediato à edificação, a vegetação da cobertura manteve-se bem, com regagens semanais. O entrevistado, no entanto, destaca que na cobertura a predominância das espécies é de suculentas, e não gramíneas.

#### h) Outros Comentários

Alguns profissionais não souberam estimar o custo de uma cobertura viva, por dois motivos: o primeiro, afirmado por um entrevistado, foi não considerar essa escolha como algo à parte do restante do projeto, e colocá-lo dentro do custo geral; o segundo motivo, pelo qual mais de um entrevistado não soube responder o custo aproximado (por m<sup>2</sup>) de uma cobertura viva, foi o fato de vários materiais componentes ou provirem de doações, ou serem retirados do local, e a mão de obra ser gratuita (através de mutirão). Por estes motivos, inclusive, mais de um

entrevistado vislumbrou, nas coberturas vivas, uma possibilidade de integração com projetos habitacionais que atendam à população de baixa renda.

O construtor que desenvolveu uma padronização na montagem das coberturas também não respondeu à pergunta sobre o preço estimado de seu produto por metro quadrado. No entanto afirmou que, comparativamente a um telhado convencional, com estrutura em madeira e telhas cerâmicas, seu produto custa aproximadamente setenta por cento a mais, para uma mesma superfície de cobertura. Em seu *website*, este custo comparativo cai para cinquenta por cento.

Um dos entrevistados afirma que, em telhados muito inclinados, as orientações Norte e Sul devem ser evitadas, devido ao excesso de insolação (no caso norte), ou sua quase ausência (no caso sul). Outra observação feita pelo entrevistado é que determinadas espécies de plantas não suportam ventos, e nos locais onde este é muito intenso, devem ser projetados quebra-ventos para amenizar sua intensidade sobre a cobertura (beneficiando também a edificação).

## 6.2.2 Respostas Fornecidas por Usuários

### a) Descrição de Vantagens Percebidas Com o Uso de Coberturas Vivas

A satisfação dos usuários com as coberturas vivas é unânime. Mesmo o morador que teve a cobertura viva principal de sua residência removida – Residência 2 no bairro Assunção – considera esta uma ótima solução construtiva, e atribui os problemas que levaram à troca da cobertura à falta de competência, por parte da empresa que executou o serviço – após vinte anos, a manta precisou ser trocada, conforme explicado no ítem 5.9.4.

As principais vantagens percebidas por este grupo de entrevistados são:

- estética;
- conforto térmico, sob a cobertura (principalmente no verão);
- uso da cobertura como um jardim;
- possibilidade de acesso à cobertura;
- baixo custo de manutenção.

A estética, novamente, foi unanimidade entre os entrevistados – tal qual aconteceu com o grupo de autores de projeto. Os demais ítems comentados aparecem na maioria absoluta das respostas. A possibilidade de utilização da cobertura como horta, posta em prática por um dos usuários – Residência 2, no bairro Assunção – é expectativa para outro – Centro de Convívio no Assentamento Filhos de Sepé, e não foi um aspecto destacado, por ter somente estes dois usuários como exemplo.

Os aspectos relativos ao aumento da biodiversidade nas cidades, diminuição da canalização pluvial, isolamento acústico e proteção térmica dos materiais, só foram comentados pelos usuários que também eram autores de projeto. Estes aspectos, portanto, estão mais relacionados a um conhecimento prévio do tema, a alguma pesquisa bibliográfica, não representando aspectos de prioritária importância para usuários comuns (leigos).

#### b) Descrição de Dificuldades Encontradas Com o Uso de Coberturas Vivas

Quanto aos problemas encontrados, de maneira geral, os usuários apontam poucos ou nenhum problema. O usuário da Residência no Assentamento Belo Monte, que participou ativamente da execução, comentou dois problemas, relativos à execução, descritos no item 5.2.4. Também relatou problemas na execução, o usuário (e autor de projeto) do Anexo na Casa de Sofia.

Outro usuário que relatou problema foi o usuário da Residência no bairro Assunção 2, porém, conforme comentado no item anterior (6.2.2.1), somente após vinte anos de utilização. Após este período, a manta impermeabilizante necessitou ser trocada. A empresa que executou este serviço, no entanto, não atendeu às expectativas do cliente, deixando ocorrerem infiltrações e não solucionando o problema definitivamente. Por este motivo, após inúmeras discussões entre o cliente (proprietário da casa) e a empresa, o primeiro decidiu substituir a cobertura viva por uma manta ardosada verde.

A usuária da Sede da Arcoo mencionou os problemas com a calha, confirmando o relato feito pelo autor do projeto.



#### c) Verificação da Necessidade e Frequência de Manutenção

Assim como previsto pela bibliografia, e expectativa dos autores de projeto, a manutenção foi um aspecto considerado benéfico pelos usuários, praticamente inexistindo, segundo os mesmos. O item 6.1.3 – análise dos dados de manutenção das coberturas – foi escrito em função das respostas fornecidas por este grupo de entrevistados. Destaca-se, neste item, a irrigação nos meses quentes.

#### d) Outros Comentários

Os comentários espontâneos mais significativos, feitos por este grupo de entrevistados, são aqueles que dizem respeito a outras utilizações da cobertura, e foram descritos anteriormente, no item 6.1.3.0

## 7 CONCLUSÕES

Neste capítulo são mostradas as conclusões do trabalho, obtidas a partir das análises das coberturas vivas extensivas construídas nas edificações estudadas, e também das entrevistas com os autores de projetos e usuários. São apresentadas, ainda, sugestões para investigações futuras.

### 7.1 SOBRE AS ANÁLISES DAS OBRAS LEVANTADAS E DAS ENTREVISTAS

Para que se possa elaborar análises sobre as coberturas vivas construídas, a visita ao local é imprescindível, já que a análise a partir de material gráfico fornecido pode omitir algum detalhe importante. Sempre que o autor de projeto ou usuário da edificação esteve presente no momento da visita, esta mostrou-se mais produtiva, uma vez que todas as dúvidas sobre o que era observado eram solucionadas no próprio local.

A medida em que as obras eram vistas, estabeleceu-se uma rotina de análise, com itens prioritários a serem observados e fotografados. Pelo fato de haver quase simultaneidade entre análise de obra e entrevista, fez-se necessário que esta rotina de análise estivesse previamente roteirizada – para que nenhum item fosse esquecido, em função da presença de outras pessoas interagindo.

O Brasil não tem tradição na construção de coberturas vivas extensivas, tanto planas quanto inclinadas. Por este motivo, a análise de toda e qualquer experiência construtiva é tão válida quanto um experimento científico. Na verdade, estes dois fatores – experiências em construções e experimentos científicos – são fundamentais para o conhecimento e a dissiminação desta técnica construtiva.

A indústria da construção civil brasileira ainda não disponibiliza materiais compatíveis com aqueles já empregados para a construção de coberturas vivas extensivas – a exemplo do tecido de poliéster revestido em PVC, de 2mm de espessura, citado por Minke (2004), no item 4.1.1.1, como sendo a solução de proteção `as raízes mais segura e econômica na Europa. Por

este motivo, é imprescindível conhecer o desempenho dos materiais disponíveis no mercado, e investir em pesquisas para aprimorá-los, adequando-os ao uso em coberturas vivas extensivas.

Em todos os exemplos levantados, há apenas uma tentativa de industrialização, o restante é artesanal, lembrando as construções vernaculares européias. Esta tentativa, que resultou em um produto patenteado, denominado “Ecotelhado”, possui o mérito de facilitar a montagem da cobertura viva, e de ter facilidade de remoção, no caso de reparos no subtelhado. Sua pesquisa de substrato, ainda que não revelado pelo entrevistado, e de vegetação, também pode ser considerada válida, principalmente por demonstrar que, em apenas 5cm de altura de substrato, há espécies vegetais que se adaptam ao cultivo extensivo em coberturas.

Os benefícios térmicos proporcionados por este sistema, no entanto, são questionáveis, pois a bibliografia consultada destaca a relação entre a altura do substrato e o isolamento térmico no interior da edificação. Além disso, há uma camada de ar entre o subtelhado e as caixas de concreto que formam o “Ecotelhado”, não havendo uma vedação que configure um colchão de ar (não há hermeticidade). Isto minimiza qualquer efeito de isolamento térmico, sobretudo no inverno. O que pode haver, isso sim, é uma diminuição do calor gerado pela incidência solar, devido ao sombreamento que este sistema provê ao subtelhado. Por ser uma técnica nova, necessita ainda pesquisas com medições (a exemplo de pesquisas existentes com coberturas artesanais). Com isso, poder-se-á comprovar ou não alguns benefícios, como o grau de isolamento térmico em diferentes condições de temperatura, e absorção de ruídos, por exemplo.

As coberturas vivas extensivas compõem um sistema, onde a harmonia entre as partes é fundamental para seu bom desempenho. Cada escolha implica em outra encadeada, pois algumas características fazem toda a diferença dentro do conjunto. Por exemplo, coberturas extensivas planas não necessitam mecanismos anti-deslizantes (para segurar o substrato), mas, em contrapartida, precisam de uma camada de drenagem mais eficiente e de uma maior altura de substrato que as coberturas inclinadas.

As coberturas de leve inclinação, assim como as planas, também não necessitam destes mecanismos, podendo ter uma altura de substrato menor que estas (o quê, conseqüentemente, gera um menor sobrepeso estrutural). Além disso, não precisam de uma camada especial de drenagem, assim como aquelas coberturas concebidas a partir de forte inclinação. Pode-se

dizer que as coberturas ligeiramente inclinadas possuem as vantagens de cada uma das outras (planas, de forte inclinação e empinadas), sem as desvantagens que as mesmas têm, comparativamente. Deste modo, são as mais indicadas para construções com reduzidos custos de implementação e pouca ou, praticamente, nenhuma manutenção.

Conforme o projeto, no entanto, esta opção por uma determinada inclinação pode não funcionar, a exemplo do que foi visto nas obras da Ecoovila I e Residência do Engenheiro. Na primeira, a utilização do espaço sob o telhado como sótão, e as placas coletoras solares instaladas na cobertura, condicionam o projeto da cobertura a uma forte inclinação. Na segunda obra, além da utilização do espaço sob o telhado, também a necessidade de não avançar com a cobertura sobre o jardim, e permitir um pé-direito mínimo para utilização da garagem, condicionaram o projeto no mesmo sentido.

Em se tratando da execução das coberturas, não há ainda mão-de-obra especializada, mas a orientação dada pelo autor de projeto (quase sempre executor da obra), é que esta etapa deve ser acompanhada de perto pelo mesmo, para que não haja erros durante esta etapa.

De todos os componentes da cobertura viva, seja ela qual for, a camada de impermeabilização, também responsável pela proteção anti-raiz, é a que mais exige cuidados. As análises das obras levantadas mostraram que a lona de PEAD não é a mais adequada, ainda que seja bastante utilizada por aqui (por apresentar melhor custo-benefício, entre as opções oferecidas pelo mercado brasileiro). A dificuldade em executar dobras pode causar grandes estragos, a exemplo da cobertura da Casa de Sofia. Embora tenha sido dito na bibliografia – por Minke (2004) – que o ideal é que as dobras e emendas sejam encomendadas junto com a lona, vindo já executadas do fornecedor, apenas as cabanas da Pousada Villa Flor o fizeram (e ainda assim, só as emendas foram feitas desta maneira, as dobras foram executadas *in loco*).

Ainda sobre a impermeabilização, é importante que seja dito que o aumento de sua vida útil – devido à pouca oscilação térmica a que é submetida, por estar sob o substrato e vegetação – pôde ser verificada nos dois exemplos mais antigos. Construídas no mesmo ano de 1979, as Residências na Assunção 1 e 2 tiveram a mesma impermeabilização (manta asfáltica), durando o mesmo tempo, até sua deterioração (cerca de vinte e quatro anos). Como nas duas obras houve corte da grama, em uma delas (Residência 2) inclusive excessivamente, pode-se

supor que o material impermeabilizante poderia ter sua durabilidade estendida por mais tempo.

A respeito das entrevistas cabe, em primeiro lugar, dizer que as expectativas dos autores de projeto, em sua quase totalidade, foram confirmadas pelos usuários das edificações. Ítens como conforto térmico no interior das edificações, bom aspecto da cobertura (estético), e baixo custo de manutenção, foram quase unanimidade entre os entrevistados. Alguns aspectos mais técnicos, ou relacionados com o entorno, como maior durabilidade dos componentes de impermeabilização (devido à inércia térmica proporcionada pela cobertura viva), ou diminuição da canalização e retardo na vazão pluvial, no entanto, podem ser mais lembrados pelos usuários.

Há, por parte dos entrevistados dos dois grupos, um interesse pelo acesso à cobertura, para sua utilização, seja como um ambiente de convívio, ou até mesmo como horta (esta alternativa, citada em menor número de vezes). Mais autores de projeto do que usuários, no entanto, relacionaram de forma direta as coberturas vivas com projetos de bio-arquitetura, o que evidencia uma necessidade de divulgar ainda mais a relevância desta vertente da construção civil.

## 7.2 SUGESTÕES DE INVESTIGAÇÕES FUTURAS

Este trabalho de investigação cumpriu com seus objetivos, concluindo que as coberturas vivas extensivas são passíveis de utilização nas regiões pesquisadas. Outras pesquisas ainda poderão ser feitas, contribuindo para que construções deste tipo tornem-se práticas correntes, auxiliando na formação de projetistas, mão-de-obra, fornecedores de materiais e executores.

Seguem algumas sugestões de pesquisas futuras, dentro da mesma linha de investigação:

- a) re-estudo do conjunto das obras apresentadas neste trabalho, dentro de um espaço de tempo maior (como, por exemplo, em intervalos de cinco anos);
- b) análise das coberturas vivas extensivas em outros locais do Rio Grande do Sul, com características climáticas diferentes das estudadas;
- c) desenvolvimento de materiais e técnicas pré-fabricadas, mantendo o ideal de construção ecológica (pelo uso destes materiais) e custo reduzido;

- d) através da construção de protótipos, a investigação de:
- desempenho dos materiais de impermeabilização disponíveis no mercado, usuais e alternativos (lonas de caminhão, por exemplo);
  - outras espécies vegetais;
  - diferentes composições de substrato, com materiais residuais;
  - diferentes materiais de drenagem;
  - combinações entre os itens anteriores, visando a identificação dos melhores resultados;
  - possibilidade de uso de hortas sobre as coberturas;

Seria, ainda, interessante verificar o experimento realizado por Pouey em 1998, comparando o estado das duas coberturas construídas em protótipos, na cidade de Pelotas, para verificar a existência ou não de infiltração em alguma delas. Poder-se-ia, também, analisar se a impermeabilização da cobertura com grama está melhor conservada que a da cobertura com piso cerâmico (terraço). Contactada durante a execução deste trabalho, a autora do experimento afirmou ser praticamente impossível o acesso aos protótipos, devido a sua localização – uma área de mata abandonada no campus da UFPEL, que necessita ser aberta para o trânsito de pessoas. Por este motivo, não foi possível acompanhá-la e proceder essas verificações.



## REFERÊNCIAS

**ARCHITECTURE in Detail:** Cubiertas. Barcelona: Instituto Monsa de Ediciones, 2003.

BRITTO C.C.; GONZALES, J.N; FRUTOS, C.B.; MACHADO, M.V. Energy Consumption in the Ecological Flat Roof. In: PLEA, 2001, Florianópolis. Anais eletrônicos. Compact Disc.

BRITTO C.C.; **Análisis de la Viabilidad y Comportamiento Energético de la Cubierta Plana Ecológica**. 2001. Tese (Doutorado em Construção e Tecnologia Arquitetônicas)-Departamento de Construção e Tecnologia Arquitetônicas. Escola Técnica Superior de Arquitetura. Universidade Politécnica de Madrid. Madrid, Espanha.

COBERTURAS VERDES. **Revista Impermeabilizar**, São Paulo: Palanca Editora Técnica, ano 11, n° 125, p. 261-264, out. 1998.

COLOMBO, C.R. **Princípios Teórico-Práticos para Formação de Engenheiros Civis:** em Perspectiva de uma Construção Civil Voltada ao Desenvolvimento Sustentável. 2004. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção)-PPGEP. UFSC, Florianópolis.

**DOMUS n° 59** – fevereiro. Domus S.p.A. Milão, 1973.

FAGUNDES, H.A.V; MANO, R.S.: **Cobertura Vegetal:** O Ajardinamento de Tetos Planos e Inclinação. 2001. Paper (Mestrado em Engenharia)-PPGEC. UFRGS, Porto Alegre.

FEDRIZZI, B. **Vegetação e Conforto Ambiental**. Porto Alegre: NORIE, 2003. Polígrafo de Aula.

FONTES, M.P.Z; REIS ALVES, L.A.S.M; COSENZA, C.A.N. Humanização na Arquitetura da Saúde: A Contribuição do Conforto Ambiental dos Pátios e Jardins em Clima Tropical Quente – Úmido. In: ENTAC, 2004, São Paulo. Anais eletrônicos. Compact Disc.

GIL, A.C. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. São Paulo: Atlas, 1996.

GRECCO, D. O Bom e o Barato da Casa Ecológica. Disponível em:

<http://www.bsi.com.br/unilivre/centro/experiencias/experiencias/389.htm>. Acesso em: 12 jul. 2004.

HENEGHAM, T. **GA – Architect nº 12: Tadao Ando**: 1988 – 1993. vol.2. A.D.A.: Tokyo, 1993.

KOHLER, M.; GRIMME, F.W.; GUSMÃO, F.; LAAR, M.; DE ASSUNÇÃO PAIVA, V.L.; TAVARES, S.; SCHMIDT, M.; AUGUSTA DE AMIGO, N.; SOUZA, C.G. Estudo de Aplicação de Plantas em Telhados Vivos Extensivos em Cidades de Clima Tropical. In: ENCAC, 2001, Campinas. Anais eletrônicos ...Disponível em:<http://www.fh-nb-de/lu/manKoehler/download/encac-telhadoverde-fp.doc>. Acesso em :12 set. 2004

KOHLER, M.; GRIMME, F.W.; GUSMÃO, F.; LAAR, M.; DE ASSUNÇÃO PAIVA, V.L.; TAVARES, S.; SCHMIDT, M.; AUGUSTA DE AMIGO, N.; SOUZA, C.G. Green Roofs in Temperate Climates and in the Hot-humid Tropics far Beyond the Aesthetics. In: PLEA, 2001, Florianópolis. Anais eletrônicos ...Disponível em:[http://www.rio3.com/proceedings/RIO3\\_493\\_M\\_Koehler.pdf](http://www.rio3.com/proceedings/RIO3_493_M_Koehler.pdf). Acesso em :12 set. 2004.

MACHADO, M.V.; BRITTO C.C.; GONZALES, J.N; FRUTOS, C.B. El Cálculo de la Conductividad Térmica Equivalente en la Cubierta Ecológica. Ambiente Construído. Porto Alegre, v.3, n.3, p. 65-76, jul./set. 2003. Disponível em: <http://www.antac.com.br/ambienteconstruido.htm>. Acesso em: 10 ago. 2004.

MASCARÓ, L. **Luz, Clima e Arquitetura**. Porto Alegre: GG Edições Técnicas, 1981.

MENEGAT, R. (Coord.). **Atlas Ambiental de Porto Alegre**. Porto Alegre: Editora da Universidade, 1998.

MENZ, C. A. **Construção de Telhados Vivos**: Apresentação de Casos de Adaptação de Técnicas Construtivas Européias no Rio Grande do Sul. Pesquisa Integrante de Trabalho Final de Graduação. Caxias do Sul, 2004.

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

MINKE, G. **Manual de Construcción en Tierra**. Montevideo: Nordan-Comunidad, 2001.

MINKE, G. Inclined Green Roofs: Ecological and Economical Advantages and Passive Heating and Cooling Effect. In: PLEA, 2001, Florianópolis. Anais eletrônicos. Compact Disc.

MINKE, G. **Techos Verdes: Planificación, Ejecución, Consejos Prácticos**. Montevideo: Fin de Siglo, 2004.

MORGADO, J.M.F. Coberturas Verdes. Impermeabilizar nº 125. São Paulo: Palanca Editora Técnica, out. 1998.

NORIE. Porto Alegre, PPGECC–UFRGS, 1998. Apresenta o Grupo de Desenvolvimento Sustentável, através das Linhas de Pesquisa, Equipe e Projetos Institucionais. Disponível em: < [http://www.cpgec.ufrgs.br/norie/frame\\_apresenta\\_1.htm](http://www.cpgec.ufrgs.br/norie/frame_apresenta_1.htm) >. Acesso em 28/11/2005.

POUEY, M.T.F. **Estudo Experimental do Desempenho Térmico de Coberturas Planas: Vegetação e Terraço**. 1998. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – PPGECC. UFRGS, Porto Alegre.

RUANO, M. **Ecourbanismo: Entornos Humanos Sostenibles**. Barcelona: Gustavo Gili, 1995.

SATTLER, M.A. **Arborização Urbana e Conforto Ambiental**. Porto Alegre: NORIE, 2003. Polígrafo de Aula.

SCHMITT, C.M.; **Manual de Formatação de Textos para Apresentação de Dissertações de Mestrado e Teses de Doutorado**. 2002. Manual (Mestrado em Engenharia)-PPGECC. UFRGS, Porto Alegre.

SILVEIRA, W.J.da C.; PETINNE, J.; OLIVEIRA, R. Habitação de Interesse Social em Florianópolis (SC): Critérios para Definição de Coberturas. In: ENTAC, 2004, São Paulo. Anais eletrônicos. Compact Disc.

STEVENSON, N. **Para Entender a Arquitetura**. São Paulo: Ática, 1998.

VAN LENGEN, J. **Manual do Arquiteto Descalço**. Porto Alegre: Livraria do Arquiteto, 2004.

WHITAKER, T. **Agenda 21 para a Construção Sustentável**. Tradução de GONÇALVES, I. São Paulo: Escola Politécnica da USP – Departamento de Engenharia de Construção Civil, 2000.

ZinCo International: planungshilfe das gruene dach. Unterensingen, Alemanha. Zin/Co. 1998.

ZinCo International: as formas mais bonitas que seus tetos podem receber. Unterensingen, Alemanha. Zin/Co. 1998.

## APÊNDICE A – ESTIMATIVA COMPARATIVA DE CUSTOS DE IMPLEMENTAÇÃO

Conside-se a cobertura viva a seguir (figura 140), projetada para o Centro Profissionalizante Vale do Caí – Escola Técnica, no município de Feliz – RS, em 2004.

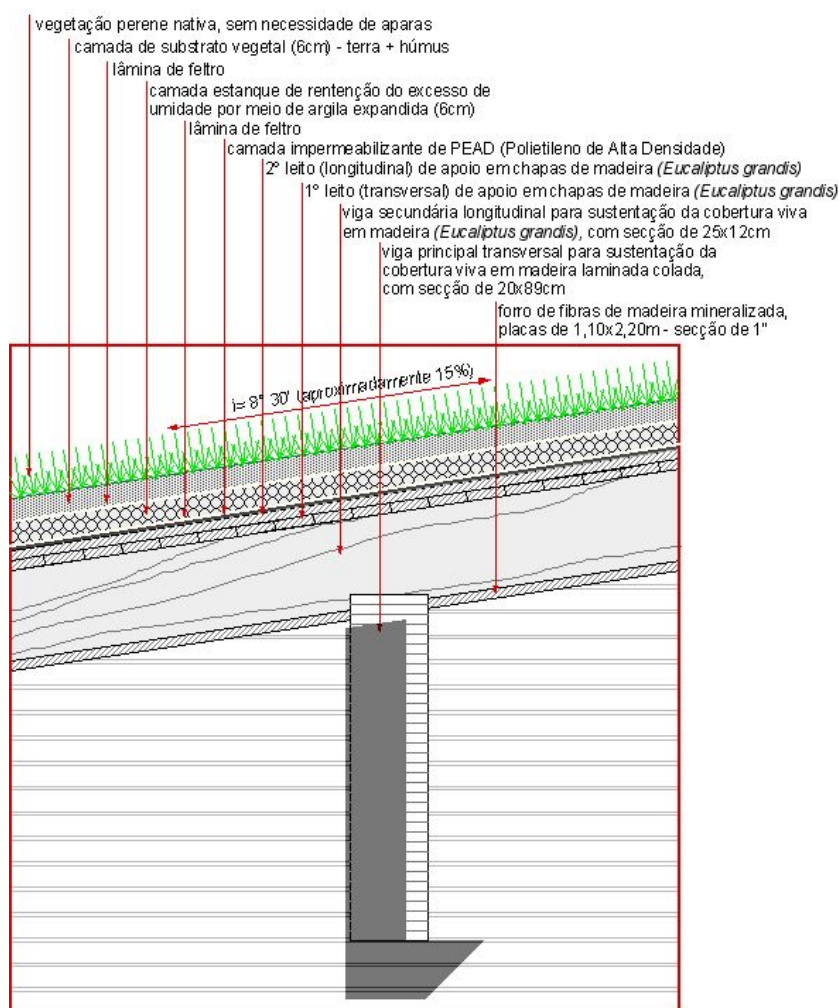


Figura 140: esquema compositivo da cobertura viva empregada no projeto da Escola Técnica, no município de Feliz-RS

Traçando-se uma comparação entre esta cobertura, e uma convencional, em estrutura de madeira, com telhas de barro (tipo telha francesa), pode-se estimar, por metro quadrado, o custo comparativo de implementação das duas coberturas. Esta estimativa, expressa nos quadros a seguir (quadro 45 e quadro 46), sugere pouca diferença de implementação entre a cobertura convencional e a cobertura viva, no que diz respeito aos materiais empregados. Para efeitos de estudo, foram desconsiderados custos com transporte e mão-de-obra. Em um estudo mais completo, no entanto, estes fatores devem ser considerados.

**COBERTURA CONVENCIONAL**

<b>MATERIAL</b>	<b>UNIDADE</b>	<b>QUANTIDADE</b>	<b>PREÇO UNITÁRIO</b>	<b>PREÇO TOTAL</b>
Algozoa chapa galvanizada corte 25	m/lin	1	R\$ 10,00	R\$ 10,00
Caibro de peroba	m/lin	3 peças de (6x5x100cm)	R\$ 3,67	R\$ 11,01
Cumeeira	m/lin	4 peças	R\$ 12,13	R\$ 48,54
Forro de fibras de madeira mineralizada	m2	Placas de (1,10x2,20mt secção de 1")	R\$ 61,04	R\$ 61,04
Ripa de peroba	m/lin	4 peças de (5x1x100cm)	R\$ 0,90	R\$ 3,60
Rufo	m/lin			
Telha Cerâmica Francesa	m2	15 peças	R\$ 0,76	R\$ 11,40
Viga de peroba	m/lin	2 peças de (16x6x100 cm)	R\$ 12,83	R\$ 25,66
<b>VALOR TOTAL</b>				<b>R\$ 171,25</b>

Quadro 45: estimativa de custo de materiais de uma cobertura convencional, com telhas francesas e estrutura de madeira, por metro quadrado

**COBERTURA VIVA**

<b>MATERIAL</b>	<b>UNIDADE</b>	<b>QUANTIDADE</b>	<b>PREÇO UNITÁRIO</b>	<b>PREÇO TOTAL</b>
Viga de peroba	m/lin	2 peças de (16x6x100 cm)	R\$ 12,83	R\$ 25,66
Caibro de peroba	m/lin	3 peças de (6x5cm)	R\$ 3,67	R\$ 11,01
Forro de fibras de madeira mineralizada	m2	Placas de (1,10x2,20mt secção de 1")	R\$ 61,04	R\$ 61,04
1° leito (transversal) de apoio em chapas de madeira (Eucaliptus grandis)	m/lin	10 peças (10x2,5x100 cm)	R\$ 1,80	R\$ 18,00
2° leito (longitudinal) de apoio em chapas de madeira (Eucaliptus grandis)	m/lin	10 peças (10x2,5x100cm)	R\$ 1,80	R\$ 18,00
Manta PEAD espessura = 2mm	m2	1	R\$ 7,40	R\$ 7,40
Feltro asfáltico 14 libras	m2	2	R\$ 13,71	R\$ 27,43
Argila expandida	m3	0.06	R\$ 17,26	R\$ 1,03
Terra vegetal	m3	0.06	R\$ 2,40	R\$ 0,14
Grama catarina em placa (leiva)	m2	1	R\$ 6,17	R\$ 6,17
<b>VALOR TOTAL</b>				<b>R\$ 175,88</b>

Quadro 46: estimativa de custo de materiais de uma cobertura viva, com estrutura de madeira, por metro quadrado



## ANEXO A – DADOS CLIMÁTICOS DAS REGIÕES ESTUDADAS

A seguir, foram elaboradas médias, com base nos dados climáticos dos últimos cinco anos, nos locais estudados. Os dados de Porto Alegre foram retirados do Atlas Ambiental de Porto Alegre (MENEGAT, 1998). Não há estações meteorológicas no município de Nova Petrópolis e, por este motivo, a FEPAm disponibilizou dados do município de Farroupilha, por sua proximidade geográfica, e características climáticas semelhantes.

<b>PORTO ALEGRE</b>	Vento Direção	Vento Velocidade Média	Precipitação Média	Temperatura Máxima Média	Temperatura Média	Temperatura Mínima Média
<b>Anual</b>	E ESE SE	1,57m/s	1,324mm	18,85°	24,9°	8,63°

Quadro 47: resumo dos principais dados climáticos de Porto Alegre

- As direções dos ventos em Porto Alegre tem predominância leste, leste-sudeste e sudeste.
- A temperatura média anual é de 24,9°, tendo sido registrado máximas médias de 18,85° e mínimas médias de 8,63°

<b>FARROUPILHA</b>	Vento Direção	Vento Velocidade Média	Precipitação Média	Temperatura Máxima Média	Temperatura Média	Temperatura Mínima Média
<b>Inverno</b>	NE	1,57m/s	155,19mm	18,85°	12,52°	8,63°
<b>Primavera</b>	NE	1,65m/s	157,15mm	22,84°	17,07°	12,14°
<b>Verão</b>	NE	1,68m/s	144,05mm	26,79°	22,03°	15,76°
<b>Outono</b>	NE	1,66m/s	99,41mm	23,29°	17,65°	13,55°

Quadro 48: resumo dos principais dados climáticos de Farroupilha

Resumo das informações obtidas, a partir da média dos últimos 5 anos:

- a direção predominante dos ventos em Farroupilha é Nordeste, em todas as estações do ano;
- a temperatura média no inverno é 12,52°, sendo as médias máximas 18,85° e médias mínimas 8,63°, nesta estação;
- a temperatura média na primavera é 17,07°, sendo as médias máximas 22,84°, e médias mínimas 12,14°, nesta estação;
- a temperatura média no verão é 22,03°, sendo as médias máximas 26,79°, e médias mínimas 15,76°, nesta estação;
- a temperatura média no outono é 17,65°, sendo as médias máximas 23,29°, e médias mínimas 13,55°, nesta estação.