UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO

Coberturas vivas,
algumas observações técnicas para a sua implantação

Autor:

José Carlos Guerra Júnior

Orientador:

Prof. Dr. Reginaldo Luiz Nunes Ronconi

São Paulo
fevereiro de 2013

José Carlos Guerra Júnior

COBERTURAS VIVAS,
ALGUMAS OBSERVAÇÕES TÉCNICAS PARA A SUA IMPLANTAÇÃO

V.1

Dissertação apresentada ao
curso de Pós Graduação da
Faculdade de Arquitetura e
Urbanismo da Universidade
de São Paulo para a
obtenção de título de mestre
em arquitetura e urbanismo

Área de concentração:
Tecnologia

Orientador: Professor
Doutor Reginaldo Luiz
Nunes Ronconi

São Paulo
fevereiro de 2013

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

e-mail: arquitetoguerra@usp.br

Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo

Guerra, José Carlos, Júnior.
Coberturas vivas, algumas sugestões técnicas para sua implantação;
José Carlos Guerra Júnior; orientador Prof. Dr. Reginaldo Luiz Nunes
Ronconi. - São Paulo, 2013.
222 f. : 427 il.

Dissertação (Mestrado)--Universidade de São Paulo, 2013.

1. Coberturas vivas – Tecnologia. 2. Tecnologia verde na construção civil. 3. Ensaios experimentais. Guerra, José Carlos, Júnior. Título: Coberturas vivas, algumas sugestões técnicas para sua implantação

CDD 617.605

Nome: Guerra, José Carlos. Júnior

Título: Coberturas vivas, algumas sugestões técnicas para sua implantação

Dissertação apresentada a
faculdade de arquitetura de
arquitetura e urbanismo da
universidade de são Paulo
para a obtenção de título de
mestre em arquitetura e
urbanismo

Área de concentração:
tecnologia da arquitetura

Orientador: Prof. Dr.
Reginaldo Luiz Nunes
Ronconi

Aprovado em:

Prof. Dr. _____ Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

Prof. Dr. _____ Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

Prof. Dr. _____ Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

Dedicatória

Dedico esta conquista a meu pai José Carlos Guerra (em memória), e a minha mãe Rosmari Perella Guerra, e dizer que sem eles nada disso nunca teria acontecido e provavelmente nem chegado perto, e que seus valores morais e seu amor foram fundamentais, e por isso minha gratidão e amor são eternos.

Em mais do que especial à minha querida Carla, por sua paciência e sabedoria, por estar ao meu lado aconteça o que acontecer, e por me mostrar na prática o real significado das palavras: cumplicidade, companheirismo, dedicação, equilíbrio, coerência, carinho, e amor. A você, o meu amor e o meu muito obrigado,

Agradecimentos

Primeiramente agradeço a FAU-USP por me proporcionar essa possibilidade tão fascinante de viver o universo da pesquisa acadêmica e do ensino da arquitetura. Em especial a Prof^a. Dr^a. Maria Lucia Refinetti por me apresentar o programa PAE, e por seu contagiante modo de incentivar.

O maior agradecimento de todos vai ao Prof. Dr. Reginaldo Ronconi por sua paciência em meus momentos de dificuldade e ansiedade, por entender algumas ausências, por suas orientações sábias e sempre precisas e coerentes, e por me proporcionar uma das fases de maior aprendizado da minha vida.

Agradeço em especial a Prof^a. Dr^a. Érica Yukiko Yoshioka por suas conversas inteligentes e objetivas, e suas histórias fascinantes sobre seu percurso de sua vida como arquiteta e pessoa.

Agradecimento em conjunto aos professores Reginaldo Ronconi e Érica Yoshioka, por possibilitarem meu aprendizado como docente dentro do programa PAE e me aceitarem como aprendiz dentro das disciplinas da FAU-USP AUT-131 e AUT 184, e com isso poder viver um pouco do fascínio antigo de ser professor de arquitetura e urbanismo.

Aos Profs. Drs. Artur Simões Rozestraten e Maria de Assunção Ribeiro Franco por suas importantes observações dentro da banca de qualificação.

Agradeço ao Prof. Dr. Décio Amadio por me mostrar o caminho do aprendizado da pesquisa, e por me incentivar a fazer mestrado na FAU-USP

Agradeço aos amigos pesquisadores do laboratório de Culturas Construtivas do departamento de tecnologia da FAU-USP, por nossas conversas e trabalhos em equipe, e principalmente por me proporcionarem um ambiente tão fértil em idéias e conceitos de arquitetura e urbanismo

Agradeço ao Sr. Romerito Fonseca Ferraz, Técnico do canteiro experimental da FAU-USP, por sua ajuda presente sempre que preciso, e por nossas ricas conversas sobre a vida em canteiros de obra.

Agradeço a todos os amigos do Instituto INTACTU, em especial ao arquiteto Rui Meneses e ao químico David Paes de Castro, ambos por sua ajuda e cumplicidade, e a Claudia Angelini Lazur pela tradução e ajuda

Epígrafe

**“As pessoas grandes tem a mania de querer, a qualquer preço, explicar o
inexplicável.**

**Ficam irritadas com tudo que as surpreende. E, logo que acontece no
mundo algo novo, obstinam-se em querer provar que essa coisa nova se
parece com outra que já conheciam há muito tempo.**

**- Descobri uma coisa extraordinária- disse Tistu em voz baixa. – as flores
não deixam o mal ir adiante.”**

MAURICE DRUON

Trechos do livro “O menino do dedo verde”

**“A cada passo desta marcha, camponeses e operários tombam homens
fuzilados, mas por mais rosas que os poderosos matem nunca
conseguirão deter a primavera.”**

MAU/CIRO/DARWIN

Trecho da música “Aos fuzilados da C.S.N

Banda Garotos Podres

Resumo :**Coberturas vivas, algumas observações técnicas para a sua implantação.**

Esta pesquisa não teve a pretensão de resolver ou solucionar as questões envolvidas na problemática das coberturas vivas, e nem tão pouco dizer a maneira correta de se executar, mas sim apresentar algumas sugestões e questões a serem observadas no que se diz respeito ao desenvolvimento e aplicação da cobertura viva, e servir também de apoio para interessados na tecnologia. Ao longo de toda a apresentação da pesquisa será enfatizada a necessidade de se estudar cada cobertura dentro de seus parâmetros de singularidades impostas pelo local de implantação.

Para isso desenvolveu-se um estudo sobre o sistema construtivo de cobertura conhecido atualmente como “cobertura verde”, “teto verde”, ou “telhado de grama”. Essa investigação teve como enfoque questões técnicas de execução, como: impermeabilização, tipos de vegetação, tipos de drenagem, substrato, irrigação, etc.

Dentro da pesquisa foram investigados alguns materiais disponíveis no mercado, que possam ser adaptados e agregados à execução da cobertura viva. Uma etapa dos estudos foi estruturada em uma análise de produção de ensaios com modelos reduzidos, a fim de observar e entender mais de perto o ciclo e o funcionamento da cobertura.

Este estudo apresenta observações técnicas, realizadas tanto na fase de projeto como na de execução, fornecendo subsídios para contribuir com o aperfeiçoamento desta tecnologia.

Com o objetivo de evitar qualquer tipo de endurecimento dos futuros pensamentos envolvidos na resolução da problemática da singularidade da cobertura, a pesquisa não observa uma inserção em dinâmicas regionais, como por exemplo: componentes e materiais e sua disponibilidade regional, índices pluviométricos, vegetação e clima, e outros fatores envolvidos na implantação regional da cobertura viva, sendo que cada uma destas problemáticas sugerem e abrem caminhos para muitas outras pesquisas.

Palavras chave: cobertura viva, cobertura verde, telhado de grama, tecnologia da arquitetura, ensaio experimental, ecologia na arquitetura

Abstract

Living roofs, some technical observations for its implantation.

This research did not aim to solve or resolve the issues involved in problematic of living roofs, and neither tell the correct way to execute, but to present some suggestions and issues to be observed as regards the development and application of a living roof, and also serve to support people who are interested in this technology. Throughout the presentation of the research will emphasize the need to study each roof within the parameters of singularities imposed by deployment location.

To do this it developed a study on the construction system of coverage currently known as "green roof", "green cover", or "grass roof." This investigation was focused technical issues of implementation, such as waterproofing, vegetation types, types of drain, substrate, irrigation, etc.

Within the research were investigated some materials that are available in the market which can be adapted and added to the execution of living roofs. A step of studies was structured in an analysis of production tests with scale models in order to observe and understand more closely the cycle and operation of the roof.

This study presents technical observations, performed either in the design phase and in the implementation, providing subsidies to contribute to the improvement of this technology.

With the purpose of avoid any future tightening of thoughts involved in solving the problem of uniqueness of the roof, the research does not observe an insertion in regional dynamics, such as: materials and components and their regional availability, rainfall, vegetation and climate and other factors involved in the regional deployment of living coverage, with each of these problems and suggest ways to open many other researches.

Keywords: living roof, green roof, grass roof, architecture's technology, testing experimental, ecology in architecture.

Lista das tabelas

Tabela 1 – características dos diferentes tipos de coberturas verdes.....	27
---	----

Lista de ilustrações

Figura 1 – exemplo de casa viking, L'Anse aux Meadows, Canadá – imagem de Dylan Kereluk	23
Figura 2 – jardins suspensos da Babilônia – pintura de Martin Heemskerck ...	23
Figura 3 - casa viking - imagem retirada do livro VIKINGS de Fiona MacDonald	24
Figura 4 – Villa Savoy – Le Corbusier – fonte wikipedia	25
Figura 5 – croqui de exemplo do sistema extensivo – autoria: o autor.....	27
Figura 6 – cobertura extensiva – fonte: American Hydrotec Inc., 2011	27
Figura 7 - croqui de exemplo do sistema semi-intensivo – autoria: o autor.....	28
Figura 8 - cobertura semi intensiva – fonte: American Hydrotec Inc., 2011	28
Figura 9 - croqui de exemplo do sistema intensivo – autoria: o autor	29
Figura 10 - cobertura intensiva – fonte: American Hydrotec Inc., 2011	29
Figura 11 = aplicação da manta asfáltica – imagem fornecida pelo fabricante	33
Figura 12 – manta asfáltica da marca denver – imagem fornecida pelo fabricante.....	33
Figura 13 – geomembrana aberta	35
Figura 14 – geomanta de PVC da empresa SANSUY	35
Figura 15 – aplicação do Macline SDH – imagem fornecida pelo fabricante ...	37
Figura 16 – biomix substratos – imagem fornecida pelo fabricante.....	39
Figura 17 – Sky garden 10 – imagem fornecida pelo fabricante	41
Figura 18 – aplicação do Sky garden 10 – imagem fornecida pelo fabricante .	41
Figura 19 – tapetes de grama esmeralda.....	43
Figura 20 – produção dos tapetes de grama.....	43
Figura 21 – controle manual de irrigação – imagem fornecida pelo fabricante	45
Figura 22 – controle eletrônico GARDENA – imagem fornecida pelo fabricante	47
Figura 23 – aplicação do controle de irrigação – imagem fornecida pelo fabricante.....	47
Figura 24 – mangueira perfurada para irrigação – imagem fornecida pelo fabricante.....	49
Figura 25 – aplicação da mangueira perfurada – imagem fornecida pelo fabricante.....	49
Figura 26 – aplicação do aspersor circular – imagem fornecida pelo fabricante	51
Figura 27 – aspersor circular – imagem fornecida pelo fabricante	51
Figura 28 – pacote com os rolos de MAC DRAIN	53
Figura 29 – MAC-DRAIN 2L – imagem fornecida pelo fabricante	53
Figura 30 – manta bidin.....	55
Figura 31 – aplicação da manta bidin.....	55
Figura 32 – aplicação dos cubos de isopor	57
Figura 33 – cubos de isopor	57
Figura 34 – aplicação da argila expandida	59

Figura 35 – argila expandida.....	59
Figura 36 – aplicação do tubo de drenagem jê revestido com manta bidin.....	61
Figura 37 – tubo de drenagem tigre – imagem fornecida pelo fabricante	61
Figura 38 - aplicação da flange em uma geomanta de PVC	63
Figura 39 – flange de caixa d'água – imagem fornecida pelo fabricante.....	63
Figura 40 – tubos de queda – imagem fornecida pelo fabricante.....	65
Figura 41 – produção dos tapetes de grama.....	67
Figura 42 – tapetes de grama esmeralda.....	67
Figura 43 – aplicação da espécie dinheiro em penca	69
Figura 44 – dinheiro em penca.....	69
Figura 45 – detalhe da grama São Carlos.....	71
Figura 46 – aplicação da grama São Carlos	71
Figura 47 – aplicação da grama amendoim	73
Figura 48 – detalhe da grama amendoim.....	73
Figura 49 – implantação da espécie rabo de gato.....	75
Figura 50 – vista externa da cobertura antes da intervenção.....	79
Figura 51 – detalhe das telhas quebradas pelos frutos.....	79
Figura 52 – cobertura já toda destelhada, início das análises de condições do madeiramento	79
Figura 53 – início do desmonte e retirada das telhas	79
Figura 54 – aplicação do produto fungicida e hidrofugante.....	80
Figura 55 – medição das tábuas	80
Figura 56 – orientação ao ajudante para a aplicação do produto.....	80
Figura 57 – vista interna do tabuamento	81
Figura 58 – início da instalação das tábuas	81
Figura 59 – possibilidade de se caminhar sobre as tábuas pregadas.....	81
Figura 60 – vista lateral da tábua instalada.....	82
Figura 61 – detalhe da estrutura das tabeiras.....	82
Figura 62 – ajuda do Sr. Paulino Torrubia Lazur.....	82
Figura 63 – furação da tábua	82
Figura 64 – colocação da manta	83
Figura 65 – detalhe da dobra da manta nas tabeiras.....	83
Figura 66 – lona ainda dobrada sobre a manta.....	83
Figura 67 – lona antes dos arremates finais.....	83
Figura 68 – lona já instalada	84
Figura 69 – detalhe da instalação da drenagem	84
Figura 70 – detalhe da flange instalada na lona.....	84
Figura 71 – aplicação da argila expandida.....	84
Figura 72 – montagem da drenagem	84
Figura 73 – detalhe da junção dos tapetes de grama com o substrato	85
Figura 74 – colocação do substrato	85
Figura 75 – a arquiteta Carla trabalhando no plantio	85
Figura 76 – família utilizando a cobertura para pegar frutos do abacateiro.....	86
Figura 77 – cobertura pronta.....	86
Figura 78 – cobertura depois.....	86
Figura 79 – cobertura antes	86
Figura 80 – detalhe da drenagem	91
Figura 81 – vista frontal da edificação na rocha.....	91
Figura 82 – detalhe da impermeabilização trabalhando na rocha.....	91

Figura 83 – visualização da vegetação da cobertura com a vegetação do piso local.....	91
Figura 84 – cura da laje e construção da platibanda – imagem arquiteta lara .	94
Figura 85 – teste de estanqueidade da impermeabilização – imagem arquiteta lara	94
Figura 86 – aplicação de herbicida sobre laje impermeabilizada – imagem arquiteta lara	95
Figura 87 - Camada de proteção mecânica e camada drenante com argila expandida – imagem arquiteta lara	95
Figura 88 - Camada filtro e primeira camada de substrato – imagem arquiteta lara	96
Figura 89 - Grama amendoim – imagem arquiteta lara.....	97
Figura 90 - Grama amendoim após 10 meses do plantio – imagem arquiteta lara	97
Figura 91 - Grama amendoim após 3 meses e após adição de húmus – imagem arquiteta lara	97
Figura 92 – detalhe da laje impermeabilizada e da clara bóia montada – imagem eng. Felipe.....	100
Figura 93 – detalhe da laje impermeabilizada – imagem eng. Felipe.....	100
Figura 94 – detalhe da instalação da barreira anti raiz – imagem eng. Felipe	100
Figura 95 – intalação da barreira anti raiz – imagem eng. Felipe.....	100
Figura 96 – detalhe dos sacos de substrato sobre o bidin instalado – imagem eng. Felipe.....	101
Figura 97 – detalhe das argilas expandidas da camada drenante – imagem eng. Felipe.....	101
Figura 98 – detalhe da colocação do substrato e início do plantio de tapetes de grama	102
Figura 99 - detalhe de plantio da espécie nas bordas da cobertura – imagem eng. Felipe.....	102
Figura 100 – detalhe de plantio da espécie nas bordas da cobertura – imagem eng. Felipe.....	102
Figura 101 – detalhe da vegetação – imagem eng. Felipe.....	103
Figura 102 – detalhe de um dos proprietários realizando manejo e irrigação da vegetação após 6 meses de plantio, destaque para a couve em condições de colheita – imagem eng. Felipe.....	103
Figura 103 - vista da cobertura após 30 meses de execução – imagem eng. Felipe	103
Figura 104 – vista da cobertura após 30 meses de execução – imagem eng. Felipe	103
Figura 105 – detalhe da escada a ser retirada	105
Figura 106 – alunos desmontando um exercício anterior feita na abóboda ...	105
Figura 107 – abóboda pronta para o recebimento da cobertura viva	105
Figura 108 – detalhe dos primeiros tijolos assentados.....	106
Figura 109 – o técnico iniciando a instalação das platibandas.....	106
Figura 110 – vista da abóboda com parte da platibanda instalada	106
Figura 111 – detalhe da platibanda	106
Figura 112 – técnico instalando a platibanda	106
Figura 113 – instalação da platibanda.....	106
Figura 114 – platibanda concluída.....	107
Figura 115 – platibanda concluída	107

Figura 116 – platibanda concluída	107
Figura 117 – detalhe dos cantos arredondados para facilitar a execução da próxima etapa.....	107
Figura 118 – detalhe da junção das duas argamassas	107
Figura 119 – vista da platibanda, do recuo e da argamassa	108
Figura 120 – o descarregamento sendo feito	108
Figura 121 – sistema de fila indiana para descarregar os tapetes de grama .	108
Figura 122 – manta sendo aberta para realização do corte e da nova dobra	109
Figura 123 – detalhe da geomanta.....	109
Figura 124 – manta aberta em frente a abóboda catenária	109
Figura 125 – início da aplicação da geomanta	109
Figura 126 – manta cortada e dobrada pronta para ser aplicada.....	109
Figura 127 – fase final da aplicação da geomanta	110
Figura 128 – a geomanta sendo aplicada	110
Figura 129 – detalhe das dobras da geomanta aplicada.....	110
Figura 130 – vista da abóboda com a geomanta aplicada	110
Figura 131 – início da aplicação da camada drenante	110
Figura 132 – detalhe do formato que a manta drenante é entregue	110
Figura 133 – aplicação da segunda faixa da camada drenante	111
Figura 134 – manta primeira faixa aplicada.....	111
Figura 135 – aplicação das duas faixas finais	111
Figura 136 – vista das duas faixas aplicadas	111
Figura 137 – vista da etapa concluída.....	111
Figura 138 – detalhe da sobreposição das faixas	111
Figura 139 – início da aplicação	112
Figura 140 – detalhe dos tapetes de grama a serem transportados	112
Figura 141 – detalhe para a metodologia de aplicação.....	112
Figura 142 – colocação dos primeiros tapetes	112
Figura 143 – etapa do primeiro substrato concluída	113
Figura 144 – execução da etapa	113
Figura 145 – instalação da rede sobre a primeira camada de tapetes de grama	113
Figura 146 – detalhe da rede de nylon.....	113
Figura 147 – aplicação dos tapetes em todo o pé da rede.....	114
Figura 148 – colocação de tapetes de grama para fixação das bordas da rede	114
Figura 149 – detalhe da sobreposição das camadas	114
Figura 150 – colocação dos tapetes de grama como peso inicial para segurar a rede	114
Figura 151 – vista da instalação da rede estrutural.....	114
Figura 152 – abertura dos tapetes como estruturação final da rede	114
Figura 153 – instalação na parte inclinada, utilização da escada como suporte	115
Figura 154 – início da instalação da segunda camada de substrato armado .	115
Figura 155 – detalhe da sobreposição das camadas	115
Figura 156 – vista geral da instalação.....	115
Figura 157 – pesquisador contribuindo para a execução da cobertura.....	116
Figura 158 – detalhe da instalação	116
Figura 159 – etapa concluída	116
Figura 160 – finalização da etapa	116

Figura 161 – pesquisador e técnico ao lado da etapa concluída	116
Figura 162 – vista da etapa concluída.....	117
Figura 163 – vista da etapa concluída.....	117
Figura 164 – vista da etapa concluída.....	117
Figura 165 – vista da etapa concluída.....	117
Figura 166 – vista da etapa concluída.....	117
Figura 167 - vista da cobertura após 15 dias da execução	118
Figura 168 – vista da cobertura após 15 dias da execução	118
Figura 169 - vista da cobertura após 15 dias da execução	118
Figura 170 – vista da cobertura após 20 dias.....	118
Figura 171 – vista da cobertura após 20 dias.....	118
Figura 172 – vista da cobertura após 20 dias.....	119
Figura 173 – vista da cobertura após 20 dias.....	119
Figura 174 – vista da cobertura após 45 dias.....	119
Figura 175 – vista da cobertura após 45 dias.....	119
Figura 176 – argamassagem da canaleta	120
Figura 177 – colocação da forma sobre a mesa vibratória.....	120
Figura 178 – retirada das peças.....	121
Figura 179 – início do desmonte da forma	121
Figura 180 – canaleta desformada.....	121
Figura 181 – retirada das últimas peças	121
Figura 182 – estocagem das canaletas prontas.....	121
Figura 183 – detalhe do encaixe da canaleta.....	121
Figura 184 – aplicação do primer asfáltico em toda a platibanda.....	124
Figura 185 – aplicação do primer asfáltico	124
Figura 186 – utilização de manta asfáltica da marca DENVER.....	124
Figura 187 – necessidade de mão de obra especializada para a instalação da impermeabilização	124
Figura 188 – colocação dos tubos de drenagem revestidos com bidim na boca do tubo de queda	125
Figura 189 – os cubos de isopor são fornecidos em sacos plásticos de 5 kg. 125	
Figura 190 – detalhe dos cubos de isopor sobre a impermeabilização com o bidim cobrindo.....	125
Figura 191 – colocação do tubo de drenagem revestido ao longo de toda a platibanda mais baixa.....	125
Figura 192 – as camadas: cubos, bidim, areia, substrato	126
Figura 193 – todas as camadas: cubos, bidim, areia, substrato, tapete de grama	127
Figura 194 – grama São Carlos aplicada em placas de 0.40 x 0.90m	127
Figura 195 – visualização das camadas	127
Figura 196 – detalhe da camada de cubos já com a areia colocada sobre o bidim.....	128
Figura 197 – aplicação das camadas.....	128
Figura 198 – ponto de irrigação sendo utilizado durante a execução da cobertura	128
Figura 199 - plantio dos tapetes de grama.....	128
Figura 200 – correção do nivelamento da camada de isopor.....	129
Figura 201 – equipe de execução da cobertura reunida após o trabalho concluído	129
Figura 202 – detalhe da aplicação	129

Figura 203 – cobertura com a grama em um processo de crescimento evoluído	129
Figura 204 – vista da cobertura de sobre a caixa d'água.....	129
Figura 205 – telha sendo colocada	132
Figura 206 – a estrutura de caibros.....	132
Figura 207 – telhas colocadas e encaixadas	133
Figura 208 – saco do substrato	133
Figura 209 – observações do produto.....	133
Figura 210 – colocação do substrato concluída	134
Figura 211 - colocação do substrato	134
Figura 212 – colocação em todas as canaletas das telhas	134
Figura 213 – detalhe da brita e manta bidin como contenção do substrato ...	134
Figura 214 – cobertura pronta para receber a vegetação	134
Figura 215 – detalhe da vegetação plantada	135
Figura 216 – vegetação ocupando apenas um terço do espaço do ensaio ...	135
Figura 217 – plantio das mudas de dinheiro em penca (<i>Callisia repens</i>)	135
Figura 218 – execução do plantio das mudas.....	135
Figura 219 – detalhe das mudas que serão utilizadas	135
Figura 220 – espécie ocupando um terço do espaço do ensaio	136
Figura 221 – detalhe do posicionamento das mudas	136
Figura 222 – detalhe das mudas.....	136
Figura 223 – detalhe da vegetação seca	137
Figura 224 – detalhe das mudas praticamente mortas, tendo apenas suas raízes vivas	137
Figura 225 – detalhe da muda elevada, em sinal de enraizamento e vida.....	138
Figura 226 – mudas demonstrando sinais de sobrevivência.....	138
Figura 227 – detalhe da muda.....	138
Figura 228 – mudas em crescimento	138
Figura 229 – detalhe das mudas mortas	139
Figura 230 – morte da espécie rabo de gato.....	139
Figura 231 – detalhe da vegetação enraizada e em crescimento	140
Figura 232 – detalhe das mudas fixadas.....	140
Figura 233 – plantas em processo de multiplicação.....	140
Figura 234 – detalhe da espécie	141
Figura 235 – poucas mudanças na mudas plantadas	141
Figura 236 – detalhe do substrato com a primeira muda da espécie sedum - suculenta	143
Figura 237 – ensaio montado com as telhas, camada de substrato e início de plantio.....	143
Figura 238 – detalhe da espécie	143
Figura 239 – detalhe da muda de sedum - suculenta plantada.....	143
Figura 240 – plantio do dinheiro em penca (<i>Callisia repens</i>)	143
Figura 241 – detalhe do substrato com as duas espécies	143
Figura 242 – foram jogadas sementes de tomate silvestre	144
Figura 243 – detalhe do substrato e da espécie dinheiro em penca (<i>Callisia repens</i>)	144
Figura 244 – grande crescimento do tomate e pouca mudança na sedum - suculenta.....	145
Figura 245 – vegetação formada e já com frutos	145
Figura 246 – detalhe do maciço vegetal.....	145

Figura 247 – detalhe do fruto já maduro	145
Figura 248 – detalhes da espécie dinheiro em penca (<i>Callisia repens</i>)	145
Figura 249 – detalhe dos frutos colhidos.....	145
Figura 250 – detalhe do encontro das duas espécies.....	146
Figura 251 – crescimento da espécie dinheiro em penca (<i>Callisia repens</i>) ...	146
Figura 252 – morte do tomate silvestre	147
Figura 253 – o dinheiro em penca (<i>Callisia repens</i>) continua o crescimento .	147
Figura 254 – detalhe do crescimento da sedum - succulenta	147
Figura 255 – a sedum - succulenta também apresentou crescimento	147
Figura 256 – detalhe da raiz formada pela telha	148
Figura 257 – pé de tomate com as raízes expostas.....	148
Figura 258 – pontos isolados de multiplicação da espécie	149
Figura 259 – formação do maciço vegetal	149
Figura 260 – a espécie espalhando através de focos isolados de crescimento	149
Figura 261 – o crescimento da espécie sedum - succulenta	149
Figura 262 – invasão da espécie dinheiro em penca (<i>Callisia repens</i>)	150
Figura 263 – detalhe do crescimento da espécie	150
Figura 264 – detalhe do crescimento da sedum - succulenta	150
Figura 265 – detalhe do crescimento	150
Figura 266 – detalhe do breve encontro das espécies.....	150
Figura 267 – detalhe de que ervas daninhas só crescem onde não tem vegetação.....	150
Figura 268 – detalhe do encontro das espécies.....	151
Figura 269 – crescimento das duas espécies	151
Figura 270 – vista de todo o ensaio todo	151
Figura 271 – detalhe do maciço vegetal.....	152
Figura 272 – crescimento e domínio da espécie dinheiro em penca.....	152
Figura 273 – detalhe do crescimento da sedum - succulenta	152
Figura 274 – encontro das duas espécies.....	153
Figura 275 – crescimento e domínio da espécie dinheiro em penca.....	153
Figura 276 – detalhe do encontro das duas espécies	153
Figura 277 – colocação da manta alfébrica	156
Figura 278 – recipiente plástico com argila expandida.....	156
Figura 279 – detalhe do recipiente pronto para receber o substrato e a vegetação.....	156
Figura 280 – aplicação do substrato	157
Figura 281 – colocação de substrato	157
Figura 282 – caixa pronta para receber a vegetação	157
Figura 283 – plantio das mudas de grama amendoim	158
Figura 284 – a grama amendoim é comercializada através de mudas em sacos plásticos	158
Figura 285 – término da montagem do ensaio.....	158
Figura 286 – detalhe da estrutura das raízes	158
Figura 287 – retirado da muda do saquinho plástico.....	158
Figura 288 – ensaio colocado na base inclinada.....	159
Figura 289 – colocação do ensaio sobre a base	159
Figura 290 – detalhe da estrutura da raiz.....	160
Figura 291 – detalhe da raiz perfurando a manta asfáltica	160
Figura 292 – demonstração dos focos de perfuração	160

Figura 293 – detalhe para os dois pontos de perfuração	160
Figura 294 – detalhe da estrutura de sustentação da camada vegetal de da impermeabilização	162
Figura 295 – montagem da estrutura dentro do LAME da FAU-USP	162
Figura 296 – vista geral da estrutura	162
Figura 297 – detalhe da instalação da tela.....	163
Figura 298 – utilização de tela soldada continua.....	163
Figura 299 – estrutura do ensaio dentro do canteiro experimental da FAU-USP pronta para receber a impermeabilização	163
Figura 300 – técnico demonstrando o desmonte da estrutura	163
Figura 301 – entendimento da execução da dobra da manta nos cantos	164
Figura 302 – detalhe da dobra da lona.....	164
Figura 303 – detalhe da dobra da lona pronta para fixação	164
Figura 304 – lona pronta para ser instalada	164
Figura 305 – detalhe da manta perfurada com a passagem da flange	165
Figura 306 – canto da lona solto e dobrado para a instalação da flange de drenagem	165
Figura 307 – detalhe do anel de borracha da flange, este servirá de vedação em conjunto com a manta	165
Figura 308 – parte da flange que vai receber a segunda fase de drenagem .	165
Figura 309 – detalhe da flange pronta para receber a porca de vedação	166
Figura 310 – a porca sendo colocada na flange.....	166
Figura 311 – anel de borracha com a pressão necessária para a vedação e estanqueidade.....	166
Figura 312 – porca instalada e devidamente apertada, criando pressão sobre o anel de borracha e a manta.....	166
Figura 313 – técnico demonstrando a instalação concluída.....	166
Figura 314 – flange e manta colocados prontos para ajuste final da dobra a fixação final	166
Figura 315 – corte na tela metálica para passagem da drenagem.....	167
Figura 316 – últimos ajustes antes da fixação final	167
Figura 317 – revestimento do tubo de drenagem com manta bidim.....	167
Figura 318 – medição do tubo de drenagem perfurado	167
Figura 319 – início da montagem da camada drenante	168
Figura 320 – instalação do tubo de drenagem junto a flange.....	168
Figura 321 – detalhe da argila expandida com o tubo de drenagem.....	168
Figura 322 – camada drenante de argila instalada	168
Figura 323 – aplicação da manta bidin.....	168
Figura 324 – detalhe da junção do bidim, da argila expandida e do tubo de drenagem	168
Figura 325 – aplicação de manta bidin sobre a camada de argila expandida	168
Figura 326 – detalhe de nivelamento da camada de substrato	169
Figura 327 – aplicação de substrato de terra vegetal.....	169
Figura 328 – camada de substrato pronta para receber a vegetação	169
Figura 329 – técnico fazendo o plantio dos tapetes	170
Figura 330 - colocação da primeira placa de grama esmeralda.....	170
Figura 331 – autor explica para aluna do 5 ano de arquitetura sobre o funcionamento do ensaio	170
Figura 332 – vegetação quase terminada	170
Figura 333 – término da instalação da manta	171

Figura 334 – instalação da manta	171
Figura 335 – detalhe da manta instalada	171
Figura 336 - instalação da flange junto a manta asfáltica	172
Figura 337 – flange instalado pronto para receber a segunda etapa de drenagem	172
Figura 338 – manta de drenagem cortada pronta para a instalação	173
Figura 339 – corte da manta de drenagem MACDRAIN 2 L	173
Figura 340 – instalação da manta de drenagem	173
Figura 341 – manta de drenagem instalada	173
Figura 342 – detalhe do perfil da manta de drenagem	173
Figura 343 – camada de substrato pronta para receber a vegetação	174
Figura 344 – início da colocação substrato	174
Figura 345 – plantio da parte final das placas de grama	174
Figura 346 – início do plantio das placas de grama esmeralda	174
Figura 347 – corte da manta asfáltica	175
Figura 348 – instalação da manta asfáltica	175
Figura 349 – manta asfáltica instalada pronta para receber a drenagem	175
Figura 350 – instalação da flange	176
Figura 351 – perfuração da manta para instalação da flange	176
Figura 352 – instalação do tubo de drenagem	177
Figura 353 – revestimento do tubo de drenagem com manta bidim	177
Figura 354 – colocação da camada drenante de argila expandida	177
Figura 355 – instalação do tubo de drenagem	177
Figura 356 – detalhe da manta bidim, próxima etapa da drenagem	178
Figura 357 – camada de argila pronta em conjunto com o tubo de drenagem	178
Figura 358 – ajustes finais na manta bidim	178
Figura 359 – instalação da manta bidim	178
Figura 360 – detalhe do substrato	179
Figura 361 – início da colocação do substrato	179
Figura 362 – camada de substrato pronta para receber a vegetação	179
Figura 363 – término de plantio do último trecho	179
Figura 364 – plantio das placas de grama esmeralda	179
Figura 365 – vegetação toda plantada, término do modelo	180
Figura 366 – detalhe da impermeabilização sem sofrer ação das raízes	181
Figura 367 – detalhe das raízes seguindo o formato da impermeabilização ..	181
Figura 368 – detalhe do substrato e das raízes, formando junto com o feltro um maciço único	181
Figura 369 – detalhe da presença de raízes fortes, mas sem afetar a impermeabilização	181
Figura 370 – detalhe das raízes perfurando a lateral da impermeabilização ..	182
Figura 371 – detalhe da formação da vegetação	182
Figura 372 – detalhes das raízes e da perfuração	182
Figura 373 – detalhe da formação das raízes e das raízes na manta	182
Figura 374 – detalhe da formação das raízes transpassando o feltro	183
Figura 375 – detalhe da formação da vegetação	183
Figura 376 – detalhe da ponta de perfuração da raiz	183
Figura 377 – detalhe das raízes perfurando a impermeabilização	183
Figura 378 – pesquisador ajudando no desmonte do exercício	185
Figura 379 – início do desmonte do exercício	185

Figura 380 – detalhe da camada de substrato e vegetação.....	186
Figura 381 – detalhe da estruturação das raízes da grama esmeralda	186
Figura 382 – professor Reginaldo Ronconi mostra a estrutura da raiz da grama esmeralda.....	186
Figura 383 – detalhe da raiz perfurando o plástico	186
Figura 384 – raízes se entrelaçando ao saco de polipropileno	186
Figura 385 – fixação das raízes na superfície de cimento	186
Figura 386 – colocação da placa de argamassa encostada em um poste metálico de iluminação.....	189
Figura 387 - aplicação da camada drenante	189
Figura 388 – colocação da primeira placa de grama.....	190
Figura 389 – colocação da primeira fileira de grama.....	190
Figura 390 – detalhe das placas apoiadas no chão	190
Figura 391 – detalhe da amarração	191
Figura 392 – amarração tela de nylon em uma vara de bambu para facilitar a instalação	191
Figura 393 – colocação da segunda fileira de placas de grama e colocação da rede de nylon.....	191
Figura 394 – vista lateral	191
Figura 395 – vista lateral do sistema.....	192
Figura 396 – rolos de tapetes de grama deitados preparados para serem desenrolados e amarrados.....	192
Figura 397 – detalhe dos rolos de tapete prendendo o bambu da estrutura da rede	192
Figura 398 – primeiro rolo de grama desenrolado.....	192
Figura 399 – terceiro rolo desenrolado.....	193
Figura 400 – segundo rolo desenrolado.....	193
Figura 401 – detalhe do sanduíche da tela de nylon com as duas camadas de placa de grama.....	193
Figura 402 – detalhe dos pontos amarrados.....	194
Figura 403 – placas amarradas entre elas e com a rede de nylon.....	194
Figura 404 – detalhe da colocação da placa de grama sob a rede de nylon .	195
Figura 405 – colocação de toda a fileira de substrato	195
Figura 406 – a rede toda instalada com a primeira camada de placa de grama completa.....	195
Figura 407 – detalhe da sobreposição das camadas	195
Figura 408 – rede de nylon esticada sobre a primeira camada de placa de grama	196
Figura 409 – detalhe do tapete sendo desenrolado	196
Figura 410 – aplicação do tapete de grama	196
Figura 411 – aplicação do tapete de grama	197
Figura 412 – aplicação final da ultima camada	197
Figura 413 – detalhe das amarrações.....	197
Figura 414 – vista lateral do ensaio finalizado.....	197
Figura 415 – pontos de amarração	198
Figura 416 – detalhe da amarração	198
Figura 417 – rega final aplicando na parte superior para que a água passe por todo o ensaio.....	198
Figura 418 – segunda etapa de rega no final da tarde do dia da implantação	198

Figura 419 – detalhe da balança com o resultado da pesagem sem os tapetes de grama	199
Figura 420 – suporte para pesagem	199
Figura 421 – detalhe da balança com o resultado da pesagem dos tapetes úmidos.....	200
Figura 422 – imagem da pesagem dos tapetes úmidos.....	200
Figura 423 - detalhe da balança com o resultado da pesagem dos tapetes encharcados.....	200
Figura 424 – detalhe da pesagem dos tapetes encharcados.....	200
Figura 425 – vista de do conjunto se misturando com a vegetação do local .	201
Figura 426 - camada vegetal estabilizada.....	201
Figura 427 – detalhe da grama esmeralda enraizada e estruturas o sistema	201
Figura 428 – detalhe de espécie invasora.....	201

Sumário

Dedicatória	1
Agradecimentos	2
Epígrafe.....	3
Resumo :.....	4
Abstract.....	5
Lista das tabelas	6
Lista de ilustrações	6
Introdução	18
Justificativa de pesquisa	21
Objetivo geral	21
Objetivos específicos	22
1. CAPÍTULO I - Colocação geral da questão	22
1.1. Apresentação.....	22
1.2. Histórico e utilização contemporânea da cobertura	23
1.3. Coberturas extensivas, semi-intensivas, e intensivas.....	26
1.4. Materiais possíveis para composição da cobertura	29
1.4.1. Técnicas de impermeabilização.....	32
1.4.2. Substratos	38
1.4.3. Irrigação.....	44
1.4.4. Drenagem.....	52
1.4.5. Vegetação	66

2.	CAPITULO II – Estudos de caso.....	77
2.1.	ESTUDO DE CASO 01 - Cobertura em anexo residência Clélia Angelini	78
2.2.	ESTUDO DE CASO 02 - Mineradora de água Águas Lucema.....	87
2.3.	ESTUDO DE CASO 03 - Cobertura viva arquiteta Iara Lima Ferraz - POLI-USP	92
2.4.	ESTUDO DE CASO 04 - Cobertura viva Engenheiro Felipe Augusto Pinheiro	98
2.5.	ESTUDO DE CASO 05 – Cobertura Laboratório de Culturas Construtivas (LCC) - Canteiro Experimental FAU-USP.....	104
2.6.	ESTUDO DE CASO 06 - Residência Ricardo e Juliana	123
3.	III – Ensaio e simulações em modelos reduzidos	130
3.1.	Introdução.....	130
3.2.	Objetivos gerais	130
3.3.	Ensaio de vegetação:	131
3.3.1.	Modelo reduzido “A”	131
3.3.2.	Modelo reduzido “B”	142
3.4.	Perfuração da camada impermeabilizante	155
3.4.1.	Manta asfáltica e rápida perfuração.....	155
3.4.2.	Comparação entre 3 sistemas	161
3.4.2.1.	Sistema 01: manta de PVC marca SANSUY sem nenhum tipo de proteção mecânica	164
3.4.2.2.	Sistema 02: manta asfáltica marca DENVER com manta drenante MACDRAIN 2L da marca Macafferri	171
3.4.2.3.	Sistema 03: manta asfáltica marca DENVER sem nenhum tipo de proteção mecânica	175
3.5.	Ensaio feito por alunos da disciplina AUT-131 da FAU-USP ..	184
3.6.	Estabilização da camada vegetal, substrato e vegetação	187
3.6.1.	Tapetes de grama esmeralda com tela de PVC e barbante de algodão	187
	Considerações finais:	202
	Bibliografia	207

Introdução

Observando o processo de crescimento do habitat humano dos séculos XX e XXI, nota-se um crescimento desordenado de característica marcante, a de impermeabilização quase generalizada do solo e a devastação quase total de suas reservas naturais. Esta prática, juntamente com o direcionamento do mercado imobiliário para construção do maior número possível de metros quadrados, contribuiu com que a qualidade ambiental dentro destas cidades se tornasse cada vez mais comprometida.

O impacto da urbanização pode produzir aumento sensível nos coeficientes de escoamento superficial de uma bacia. Um habitante produz em média cerca de 49m² de área impermeável numa bacia, e para cada 10% de aumento na área impermeável, ocorre cerca de 100% de aumento no coeficiente de escoamento¹ e no volume de cheia superficial, (Tucci, 2000).

Como por exemplo, a cidade de São Paulo, que com a rapidez do seu crescimento a partir de 1980 gerado por grandes fatores socioeconômicos vindos junto com a expansão das estradas e ferrovias, e com o intenso crescimento populacional, isso fez com que a cidade adquirisse uma tendência de crescimento centrífuga, seguindo para suas periferias e exterminando todo o tipo de reserva verde que estivesse em seu caminho. *"Entre 1940 e 1980, dá-se verdadeira inversão quanto ao lugar de residência da população brasileira. Há meio século atrás (1940), a taxa de urbanização era de 26,35%, em 1980 alcança 68,86%. Nessas quarenta anos, triplica a população total do Brasil, ao passo que a população urbana se multiplica por sete vezes e meia."*²

Sempre apoiado pelo poder público, e pela falta de políticas adequadas, principalmente no que se diz respeito ao transporte e habitações em conjunto com o direcionamento do mercado imobiliário com forte caráter especulativo a cidade cresceu predatoriamente, e como consequência deste crescimento a cidade de São Paulo hoje sofre problemas ambientais muito sérios gerando péssima qualidade do ar, aumento de sua temperatura, enchentes, crescimento

¹ Coeficiente de escoamento de enchentes de uma bacia, representa a quantidade de água de escoamento gerada pela bacia em eventos chuvosos – Tucci, Coeficiente de Escoamento e Vazão Máxima de Bacias Urbanas 2000 – pag. 61 a 68

² Milton Santos, a urbanização brasileira, 1993 - pg 31

de moradias precárias, insalubridade urbana, etc. *“A julgar pelo numero de pessoas que vivem em cidades, este é o século da revolução urbana. Na verdade, a população urbana mundial quase triplicou desde 1950, mas é nas cidades dos países em desenvolvimento que os problemas sócio-ambientais urbanos são mais numerosos e complexos. Por essa razão, elas se constituem, atualmente, no nosso mais inquietante desafio.”*¹

Os materiais que compõem as superfícies urbanas (ruas, casas, prédios, etc.) apresentam características de reflexão e emissão de radiação térmica muito diferente em relação às mesmas das áreas rurais e paisagens naturais, como exemplo, o revestimento das ruas da cidade executados em asfalto acumula mais calor que as ruas rurais feitas a partir de terra batida ou revestimento em pedra, *“Nos últimos anos os governos dos países adiantados têm feito esforços no sentido de conservação dos solos nas áreas rurais, com firmes bases ecológicas para evitar a erosão e desertificação; no entanto pouco tem sido feito em relação à recuperação do solo urbano, onde grandes áreas urbanas ficam impermeáveis em manchas continuas e lençóis freáticos são esgotados para a implantação de edificações sem a menor preocupação e menção nos planos diretores e códigos de obra.”*²

Devido a estas características e ao constante crescimento demográfico, as cidades de todo o mundo vem sofrendo com o surgimento de um fenômeno conhecido como ilhas de calor³.

As ilhas de calor urbanas são fenômenos microclimáticos favoráveis ao aumento da temperatura no inverno nas cidades de latitudes médias, mas provocam muito desconforto nas cidades de clima tropical e quente.

Uma das soluções para minimizar este problema seria a criação de ilhas verdes utilizando, plantio de árvores, aumento da permeabilidade do solo e aplicação de revestimentos nas edificações como paredes e coberturas vivas,

¹ Maria Elisa Marcondes Helene, Marcelo Briza Bicudo - cenário mundial - sociedades sustentáveis, 1994 - pag.19

² Maria de Assunção Ribeiro Franco - Planejamento ambiental para a cidade sustentável - 2001- pag. 65

³ Ilhas de calor são fenômenos microclimáticos observados em cidades grandes índices de urbanização, e nestas cidades a temperatura costuma ser mais alta que áreas mais rurais, a denominação ilhas de calor é dada a distribuição espacial e temporal do campo de temperatura sobre uma cidade, definindo uma distribuição de isotermas que faz lembrar as curvas de nível da topografia de uma ilha, daí a origem do nome *ilha de calor* – fonte wipédia

utilização de elementos construtivos com impactos ambientais menos negativos, e mais responsáveis.

Em países mais adiantados já se observa a utilização destas técnicas, talvez pela necessidade iminente de minimização do impacto humano sobre seu sítio, como por exemplo, na Alemanha *“no final da década de 70, o ministério de desenvolvimento urbano e proteção ambiental de Berlim, em um estudo encarregado a um grupo de especialistas, detectou que era possível recuperar, em menos de 30 anos, entre 50 e 60% da energia empregada na calefação, com a consequente redução de emissões nocivas em cerca de 70%. Para isso eram necessárias as seguintes medidas: aplicar proteção térmica aos edifícios; optar massivamente pelo gás; a introduzir zonas intermédias de compensação de temperatura; utilizar a energia solar, ..., recobrir com vegetação os prédios, coberturas e fachadas (multiplicando por dez as superfícies verdes ecologicamente ativas nas cidades) com esta ultima medida, se conseguiria que as plantas absorvessem uma quantidade considerável de pó e poluentes, bem como seria reduzida consideravelmente, as temperaturas locais das zonas urbanizadas, elevando-se o conteúdo de oxigênio e umidade no ar.”*¹

Observa-se que atualmente países mais adiantados nas questões tecnológicas da construção civil com menor impacto ambiental, possuem já em sua história um desafio climático, como por exemplo, a Alemanha que geograficamente está inserida em clima hostil com baixíssimas temperaturas, onde em sua história mostra as preocupações tecnológicas com o condicionamento térmico da edificação, como coberturas vegetadas nas habitações Vikings, mostrando o vínculo entre tecnologia e necessidade.

Observando as novas posturas nas gestões públicas, as necessidades e vontades da sociedade de melhorar a qualidade ambiental dentro de suas cidades, e por existir um escasso material bibliográfico e estudos técnicos relacionados ao tema no Brasil, apresentou-se a necessidade de uma pesquisa e produção técnica sobre a cobertura viva, com o objetivo de demonstrar elementos e pensamentos importantes para a aplicação eficiente dentro das cidades.

¹ Maria de Assunção Ribeiro Franco - Planejamento ambiental para a cidade sustentável - 2001- pag. 67

Justificativa de pesquisa

Nossa contemporaneidade marca seu avanço com grandes transformações tecnológicas, o surgimento de novos produtos e materiais de diferentes naturezas, equipamentos e máquinas inteligentes, globalização da comunicação, e muitas outras ferramentas poderosas de transformação, mas em contra partida a essa grande evolução, criamos também grandes problemas ambientais advindos dessa mesma evolução, ou da maneira com a qual foram tratados esses avanços.

Compreendendo a necessidade de aumentar as preocupações e responsabilidades ambientais, as coberturas vivas são elementos importantes para essa remodelação da postura urbana. Mas ao mesmo tempo, observa-se também um despreparo dos projetistas para absorver e empregar essa tecnologia.

Acredita-se que este despreparo pode ser diminuído aumentando a curiosidade dos projetistas quanto à tecnologia da cobertura, e que esse novo modo de olhar pode transformar a postura geral da produção dos espaços das cidades. Por acreditar nessa necessidade, essa pesquisa pretende contribuir na consolidação desse mesmo olhar.

Objetivo geral

O objetivo mais amplo deste trabalho é montar uma estrutura de organização de dados que possibilite um entendimento prévio da problemática da cobertura viva, sem, contudo, encontrar respostas definitivas para as questões aqui apresentadas, procuramos sim fomentar questionamentos e dúvidas no que se diz respeito à singularidade da tecnologia de sua implantação.

Ao sugerir a possibilidade de executar a cobertura viva utilizando a junção de materiais e mostrar que não é necessário utilizar materiais específicos e únicos, fabricados em locais distantes da implantação da cobertura, procuramos aproximar seu uso as situações mais comuns nas cidades.

Outro objetivo é incentivar um pensamento de que a singularidade da cobertura viva pode funcionar como ponto positivo dentro da implantação, pois se forem observadas todas as características da cobertura no desenvolvimento dos projetos, a possibilidade de sucesso após a execução aumentará muito. Mas talvez o mais importante desse pensamento seja a possibilidade de retornar ao projetista a preocupação sobre o ciclo de vida da cobertura.

Objetivos específicos

Criar material técnico suficiente para subsidiar os pensamentos propostos nos objetivos gerais.

Montar uma lista de materiais possíveis de utilização na cobertura, para servir como apoio inicial para gerar descobertas de novos materiais compatíveis com os usos na cobertura, e estruturar pensamentos de comparação de materiais em relação a sua regionalidade.

Organizar um conjunto de estudos de caso com o intuito de demonstrar como seus projetistas lidaram com as questões técnicas regionais.

Desenvolver alguns ensaios em modelos reduzidos para primeiramente entender algumas questões dos ciclos que envolvem a tecnologia, e também para ressaltar ainda mais a importância das especificações técnicas impostas pelo sítio de implantação de novas coberturas.

1. CAPÍTULO I - Colocação geral da questão

1.1. Apresentação

As coberturas vivas nada mais são do que a composição da cobertura de edificações com vegetação e essa tecnologia vem sendo utilizada pelo homem ao longo dos anos em diferentes locais do planeta.

A utilização desta tecnologia sempre foi associada ao condicionamento térmico das edificações e assegurar sua proteção contra a entrada da água.

Atualmente, com a tecnologia disponível, é possível projetar e executar a cobertura de formas cada vez mais eficientes. Existem empresas que

desenvolvem modelos pré-moldados para a composição de coberturas vegetais, porém, esta pesquisa mostra que é possível compor a cobertura com materiais originários da região de implantação dentro de cada especificidade da edificação.

1.2. Histórico e utilização contemporânea da cobertura

De acordo com (Nigel Dunnet e Noël Kingsbury – 2004), as coberturas vivas remontam ao século 78 a.C, como demonstrado em registros encontrados nas antigas civilizações dos rios Tigre e Eufrates, em construções romanas e da antiga Mesopotâmia, em especial os jardins suspensos da Babilônia.

Deve ser levado em consideração que a utilização de coberturas vivas intensivas pelos antigos mesopotâmicos tinha como função não somente uma regularidade estética, mas apresentava princípios funcionais, tais como moderadores de temperaturas, principalmente pelo calor excessivo apresentado na região em que estavam localizadas.

Figura 2 – jardins suspensos da Babilônia – pintura de Martin Heemskerck

Figura 1 – exemplo de casa viking, L'Anse aux Meadows, Canadá – imagem de Dylan Kereluk

As coberturas vivas também foram utilizadas pelos escandinavos, de modo a compor e integrar a arquitetura das edificações vernaculares e, principalmente, exercer a função de conservar o calor das edificações, dada as baixas temperaturas climáticas desta região. Como exemplo, temos as

habitações vikings, que eram executadas em estruturas de madeira, com paredes e coberturas feitas de tábuas de madeira e, sobre esse sistema

Figura 3 - casa viking - imagem retirada do livro VIKINGS de Fiona MacDonald

Constituiu elemento fundamental na arquitetura da Europa Central a partir do sec. XV, onde tinha como função promover conforto térmico às construções.

A cobertura viva insere-se no cenário moderno a partir do séc. XVIII, com a utilização das coberturas jardim e a partir do desenvolvimento da tecnologia de impermeabilização de lajes.

“Desde tiempos inmemorales el hombre há querido subir a los tejados. Y lo há hecho cada vez que los climas permitían lãs soluciones constructivas adecuadas” ¹.

¹ Turfas são placas de aproximadamente 15cm de espessura composta de vegetação e substrato juntos retirados do próprio local

Figura 4 – Villa Savoy – Le Corbusier – fonte wikipedia

A ocupação da cobertura como espaço habitável é reforçada a partir da utilização do concreto para execução de coberturas planas como os vistos em Paris no início do séc. XX, e em Chicago em 1914, no terraço jardim projetado por Frank Lloyd Wright, há também as fantásticas coberturas do Gaudi, na casa Mila, palácio Guell etc.

Há de se levar em consideração que a partir de 1950, o sentido de ocupação de coberturas fica estabelecido a partir da concepção de ocupação das coberturas jardim. Promovida por arquitetos ligados ao movimento modernista, que, utilizando-se do concreto armado, flexibilizaram a utilização dos planos horizontais das construções de modo a restabelecer a necessidade da ocupação da cobertura, não só como forma de controle bioclimático, mas de sociabilidade e, assim, retomando seu sentido vernacular.

De acordo com (Andrés Martínez – Habitar La Cubierta – 2005), a utilização da cobertura tendo seu conceito na arquitetura vernacular, está relacionada ao desenvolvimento de tecnologia para suprir os desafios como impermeabilização das lajes.

Em 1839 Samuel Haüsler cria um sistema de impermeabilização denominado cartão impermeabilizante, que se baseava em placas de papelão que recebiam camadas de alcatrão líquido.

No Brasil, a primeira intervenção neste sentido foi em 1936, no antigo edifício sede do Ministério da Educação, atual Palácio Capanema, com o

¹ (Le Corbusier, en L'Architecture vivante – 1927).

terraço jardim projetado por Roberto Burle Marx, o qual serve de referencia na inserção de terraço jardim.

Atualmente, a Alemanha é o único país do mundo com telhados verdes aplicados em escala significativa, mas a tendência vem se espalhando, “*A Alemanha conta com mais de treze milhões de metros quadrados de coberturas verdes e segundo uma normativa do governo municipal de Tóquio, todos os edifícios construídos depois de 2001 cuja cobertura tenha extensão superior aos 1000 m² deverão converter em ‘verde’ pelo menos 20% de sua superfície. Suíça, Áustria, Grã-Bretanha, Hungria, Holanda, Suécia e Estados Unidos são alguns dos países onde já se promove e se regula a instalação de ‘coberturas verdes mediante iniciativas locais oficiais’.*”¹

Em países de clima tropical, como o Brasil, o conceito existe há muitas décadas, porém sua viabilização mostrou-se muito difícil no passado, e por conta de heranças culturais, não se modernizou a tecnologia da cobertura verde. Hoje, com o aquecimento global, o aumento das ilhas de calor e a degradação ambiental, o assunto vem ganhando maior atenção do poder público, das empresas privadas e dos cidadãos.

As coberturas verdes se beneficiaram hoje da evolução de técnicas construtivas e, em especial, dos novos recursos de impermeabilização, os quais sempre foram os maiores desafios.

1.3. Coberturas extensivas, semi-intensivas, e intensivas

A cobertura viva a ser adotada na edificação depende muito da utilização terá, essa informação direcionará os pensamentos e escolha do sistema a ser aplicado.

Para a IGRA², os critérios descritos na tabela 1, podem servir de base para caracterizar as três formas diferentes de coberturas vivas.

¹ Vegetação nas alturas - Fredy Massad e Alicia Guerrero Yeste - vitruvius arquitectos

² - INGRA - International Green Roof Association, organização global de coberturas verdes, tem por missão promover e disseminar informações sobre a cobertura – www.igra-world.com/index.php

Tabela 1 – características dos diferentes tipos de coberturas verdes

ITENS	EXTENSIVO	SEMI-INTENSIVO	INTENSIVO
Manutenção	baixa	periódica	alta
Irrigação	não	periódica	regular
Plantas	Sedum, ervas e gramíneas	Gramas, ervas e arbustos	Gramados, arbustos e árvores
Altura do sistema	60 – 200 mm	120 – 250 mm	150 – 400 mm
Peso	60 – 150 kg/m ²	120 – 200 kg/m ²	180 – 500 kg/m ²
Custo	baixo	médio	alto
Uso	camada de proteção ecológica	projetado para ser uma cobertura verde	como jardim ou parque

Fonte: *International Green Roof Association (IGRA)* (2011).

Coberturas extensivas:

Figura 6 – cobertura extensiva –
fonte: American Hydrotec Inc., 2011

Figura 5 – croqui de exemplo do sistema extensivo –
autoria: o autor

Geralmente são utilizadas onde a disponibilidade de manutenção é baixa, tendo como principal vegetação utilizada o cultivo de plantas rasteiras de pequeno porte.

Quanto maior a inclinação da cobertura, mais próxima ela está do sistema extensivo. Isso por conta da baixa retenção de água, mas sempre contando com uma impermeabilização eficiente, baixa altura da camada de substrato e vegetação de pequeno porte. Por esses motivos tem um impacto

menor de sobrecarga sobre os elementos da cobertura, dos pilares e da fundação (VECCHIA, 2005).

Por consequência, as coberturas extensivas não são muito utilizadas como terraço jardim, tendo seu uso restrito de cobertura.

Coberturas semi-intensivas:

Figura 8 - cobertura semi intensiva – fonte: American Hydrotec Inc., 2011

Figura 7 - croqui de exemplo do sistema semi-intensivo – autoria: o autor

Este sistema é justamente o intermediário entre o intensivo e o extensivo, tanto em dimensões como em uso, sendo seu emprego geralmente em terraços jardins.

O que caracteriza este sistema é sua possibilidade de diversificação do porte das espécies, uma altura maior de substrato, menor inclinação da cobertura e possibilidade de utilização como área útil.

Sempre contam com impermeabilização eficiente e drenagem completa, estes itens são comuns em todos os sistemas.

Coberturas intensivas:

Figura 10 - cobertura intensiva –
fonte: American Hydrotec Inc., 2011

Figura 9 - croqui de exemplo do sistema intensivo –
autoria: o autor

Conforme a Associação Internacional Telhado Verde (2011), os telhados verdes intensivos, por comportarem plantas de nível médio a grande, precisam de uma estrutura que comportem maior capacidade de carga, pois precisam de uma camada de solo que varia entre 15 a 40 cm e a carga prevista varia entre 180 kg/m² a 500 kg/m².

A vegetação varia desde pequenas plantas a árvores frutíferas e sua manutenção exige cuidados específicos, similares aos empregados num jardim comum, este sistema é bastante observado em edifícios que possuem garagem subterrânea e jardins sobre ela.

Neste tipo de vegetação, o telhado verde também protege a cobertura da radiação ultravioleta aumentando sua vida útil.

1.4. Materiais possíveis para composição da cobertura

Objetivos

A cobertura viva é sempre composta por um conjunto de associações de materiais e produtos diferentes, podendo ser específicos para este fim ou não.

Hoje, dentro do mercado brasileiro, podemos encontrar diferentes produtos e materiais que podem ser agregados à execução da cobertura viva. Esses produtos não são necessariamente fabricados para o uso específico

nestas coberturas, mas podem facilmente ser adaptados e utilizados, desde que obedecidas suas funções para qual foram projetados e suas devidas necessidades, como exemplo a geomanta de PVC, que foi desenvolvida para utilização em aterros sanitários e hoje se mostra muito eficiente em coberturas vivas.

O objetivo desta parte da pesquisa foi identificar e catalogar alguns elementos construtivos que possam ser agregados a execução das coberturas, mostrando que se pode utilizar, materiais de diferentes naturezas.

Os materiais e produtos apresentados são divididos em funções dentro do sistema da cobertura. Essas funções em sua ordem são: impermeabilização, substrato, irrigação, drenagem e vegetação.

Esses materiais e produtos apresentados podem ser observados dentro dos estudos de caso e dos ensaios apresentados.

Não pretendemos fornecer uma receita de como se executar uma cobertura viva, mas sim discutir uma das possíveis abordagens para essa questão.

Nesta pesquisa a cobertura foi dividida em etapas de construção. E para facilitar a compreensão da conexão entre elas, criamos a simbologia expressa abaixo:

Impermeabilização:

A impermeabilização sempre foi sua principal função e a grande dificuldade de execução da cobertura viva. Aqui entram todos os elementos que compõem a estanqueidade da cobertura, desde a camada de impermeabilização bem como todos os seus componentes.

Camada drenante:

Dentro da composição da cobertura existe uma camada que tem a responsabilidade de retirar o excesso de água e evitar o solapamento

do substrato. Esta etapa deve sempre ser prevista na cobertura, e pode ser formada por diferentes materiais.

Substrato:

Na composição da cobertura, esta etapa refere-se a todo o tipo de alimentação da vegetação, desde o substrato que irá enraizar a vegetação até as adições para manutenção.

Drenagem:

Esta etapa é responsável pela captação e direcionamento das águas vindas da camada drenante. Dentro do conceito pensado pelo projetista, esta etapa pode ir desde a vedação com a manta impermeabilizante até o direcionamento para uma cisterna de armazenamento.

Vegetação:

Dentro desta etapa relaciona-se tudo o que se refere à vegetação a ser utilizada, tal como espécies, clima, insolação, enraizamento, durabilidade, aplicação, produtivo ou não, superfície pisoteável, etc.

Irrigação:

Esta etapa se refere a toda a composição de equipamentos e materiais direcionados a alimentação de água para a cobertura, desde o bombeamento da cisterna para o reuso das águas pluviais, até o componente que lança a água sobre a vegetação.

O objetivo desta representação gráfica é fazer uma amarração visual entre as etapas em diferentes setores da dissertação.

1.4.1. Técnicas de impermeabilização

Na composição da cobertura viva a impermeabilização é a etapa mais importante, pois garante a estanqueidade da cobertura e assim garante a durabilidade da edificação. Atualmente a manta asfáltica aplicada por aquecimento é uma das técnicas mais utilizadas para impermeabilização de coberturas de edificações, mas a cobertura viva apresenta necessidades diferentes das demais, como necessidade contenção das raízes contra perfuração, então é necessário olhar a impermeabilização com outros olhares técnicos, daí a idéia de comparar a cobertura com lagos, açudes, e aterros sanitários, “Em caráter mundial, duas geomembranas sintéticas, o PVC (Policloreto de Vinila) e PEAD (Polietileno de Alta-Densidade), são largamente utilizados para impermeabilização do solo em obras de Aterros Sanitários. É importante salientar que para resíduos domésticos (classe II-A), os dois materiais atendem perfeitamente às necessidades do projeto apesar de possuírem características técnicas próprias. Também são utilizados outros materiais impermeabilizantes, porém em menor escala. São eles: manta de PP (polipropileno), manta butílica, argila e outras.”¹

Segundo as observações feitas em diferentes textos técnicos, a técnica de impermeabilização mais adequada para as coberturas são as produzidas a partir do PVC e do PEAD, “... *ciertos microorganismos, que viven en las puntas de las raíces, pueden disolver materiales bituminosos ...*” (MINKE, pg. 36), mas nesta pesquisa foi inserida a manta asfáltica como possibilidade de utilização desde que observadas suas necessidades de proteção mecânica.

¹ Trecho retirado do Guia para elaboração de projetos de aterros sanitários para resíduos sólidos urbanos pag. 31

Manta asfáltica:

Imagens do produto

Figura 12 – manta asfáltica da marca denver – imagem fornecida pelo fabricante

Figura 11 = aplicação da manta asfáltica – imagem fornecida pelo fabricante

MANTA ASFÁLTICA	muito baixo	baixo	médio	alto	elevado
Facilidade de aplicação					
Disponibilidade para compra					
Eficiência					
Durabilidade					

Descrição:

Desenvolvidas para aplicação específica, as mantas asfálticas possuem características que asseguram sua alta estanqueidade.

Suas junções e aplicações são realizadas através de soldagem por aquecimento, comumente sendo aplicada com maçarico a gás.

Marca:

DENVER IMPERMEABILIZANTES

Modelo:

Denvermanta Elastic Anti Raiz - ELASTIC AR-TIPO III

Material de composição:

Manta impermeabilizante à base de asfalto, modificada com elastômeros, estruturada com uma armadura não tecida de filamentos de poliéster. Contém em sua formulação herbicida para inibir a penetração das raízes das plantas.

Disponibilidade:

Produto fornecido em rolos de 1m de largura por 10m de comprimento.

Segundo a empresa o produto é fornecido para todo o território nacional.

A manta asfáltica é facilmente encontrada e utilizada em grande parte do Brasil

Aplicação na cobertura:

Impermeabilização

Nível de dificuldade de aplicação:

Alta complexidade

Por ter em sua aplicação questões técnicas de trabalhabilidade e de segurança, necessita de trabalhadores técnicos especializados.

Eficiência:

Eficiência média

Necessita de outro material complementar contra tração mecânica exercida pelas raízes da vegetação.

Este produto não pode ser aplicado em qualquer superfície, pois utiliza o fogo como aplicador, é comumente aplicado sobre laje de concreto.

Mantas de PVC

Imagens do produto

Figura 14 – geomanta de PVC da empresa SANSUY

Figura 13 – geomembrana aberta

MANTA DE PVC	muito baixo	baixo	médio	alto	elevado
Facilidade de aplicação					
Disponibilidade para compra					
Eficiência					
Durabilidade					

Descrição:

Lona de PVC utilizada na fabricação da geomembrana, garante resistência, ótima impermeabilidade e durabilidade. É comumente utilizada em aterros sanitários como impermeabilizante da vala sanitária.

Marca:

SANSUY

Modelo:

Vinimanta para telhados verdes

Material de composição:

Laminado de PVC (policloreto de vinila) - (geomembrana) acoplado a um geotêxtil 100% poliéster

Disponibilidade:

Formato e tamanho variando conforme aplicação

A Sansuy possui uma Área de Assistência Técnica que atende todo o território nacional e no exterior.

Existem outras empresas no Brasil que fabricam este produto, tornando o acesso um pouco mais fácil.

Aplicação na cobertura:

Impermeabilização

Nível de dificuldade de aplicação:

Média complexidade

Não necessita de trabalhadores especializados, mas deve ter uma atenção quanto ao peso dela enrolada

Eficiência:

Muito eficiente, pois não é necessário outro material para a resistência a tração mecânica exercidas pelas raízes da vegetação.

Mantas de PEAD

Imagens do produto

Figura 15 – aplicação do Macline SDH – imagem fornecida pelo fabricante

MANTA DE PEAD	muito baixo	baixo	médio	alto	elevado
Facilidade de aplicação					
Disponibilidade para compra					
Eficiência					
Durabilidade					

Descrição:

As geomembranas **MACLINE® SDH** – Lisa de Alta Densidade) são produzidas com polietileno virgem de alta densidade e alto peso molecular, resultando em geomembranas flexíveis de excelente qualidade. Sua composição foi formulada para se obter elevada resistência contra agentes químicos, biológicos e à degradação aos raios ultravioleta.

Marca:

MACCAFERRI

Modelo:

MacLine SDH

Material de composição:

Mantas laminadas flexíveis de Polietileno de alta Densidade - PEAD

Disponibilidade:

Segundo a empresa, o produto é fornecido para todo o território nacional
Outras empresas fabricam este tipo de material, tornando o acesso mais fácil ao produto.

Aplicação na cobertura:

Impermeabilização

Nível de dificuldade de aplicação:

Média complexidade

Não necessita de trabalhadores especializados, mas precisa de atenção para o volume e manuseio

Eficiência:

Muito eficiente, pois não é necessário outro material para a resistência a tração mecânica exercidas pelas raízes da vegetação.

1.4.2. Substratos

Dentro da composição da cobertura viva a camada de substrato é uma das mais importantes, pois além de criar suporte para as raízes ainda determina o ciclo da cobertura.

Neste levantamento foram mostrados apenas três tipos diferentes de substrato: um produzido para utilização em qualquer tipo de gramado, outro produzido especificamente para compor coberturas vivas e um substrato naturalmente armado como uma solução para coberturas com grande inclinação.

Substrato

Imagens do produto

Figura 16 – biomix substratos –
imagem fornecida pelo fabricante

SUBSTRATO	muito baixo	baixo	médio	alto	elevado
Facilidade de aplicação					
Disponibilidade para compra					
Eficiência					
Durabilidade					

Descrição:

Substrato balanceado, totalmente isento de pragas e doenças, pronto para uso no plantio e cobertura de gramados em geral.

Marca:

BIOMIX substratos e fertilizantes profissionais

Modelo:

Substrato para gramados

Material de composição:

Composto orgânico fórmula Biomix e aditivos minerais, possui fertilizante

Disponibilidade:

A granel em sacos de 20 kg

Aplicação na cobertura:

Camada de alimentação da vegetação, camada vegetal

Nível de dificuldade de aplicação:

Simples

Não necessita de trabalhadores especializados

Eficiência:

Muito eficiente, não precisa de outro elemento para sua composição, e pode ser utilizado como substrato ou como alimento para a cobertura já aplicada.

Substrato

Imagens do produto

Figura 18 – aplicação do Sky garden 10 – imagem fornecida pelo fabricante

Figura 17 – Sky garden 10 – imagem fornecida pelo fabricante

SUBSTRATO	muito baixo	baixo	médio	alto	elevado
Facilidade de aplicação					
Disponibilidade para compra					
Eficiência					
Durabilidade					

Descrição:

O sistema de telhado verde SkyGarden funciona como um jardim em tapete, e sua tecnologia está no avançado substrato, muito leve e durável (taxa de decomposição de 1 % ao ano) que reproduz em poucos centímetros a espessura de metros de terra convencional. Permite gramados de livre pisoteio, paisagismo, hortas, arbustos e árvores - sem restrição de uso e espécies.

Marca:

SKYGARDEN

Modelo:

SLIM - 10 cm. De espessura

Material de composição:

Não informado

Disponibilidade:

Embalagens de 40 litros por m² - 1,1 embalagens.

Por se tratar de um produto de produção exclusiva da empresa, a disponibilidade fica um pouco comprometida

Aplicação na cobertura:

Camada de alimentação da vegetação, camada vegetal

Nível de dificuldade de aplicação:

Simples

Não necessita de trabalhadores especializados

Eficiência:

Grande eficiência, pois não precisa de outro material para a sua composição, e segundo o fabricante possui uma grande vida útil.

Substrato armado

Imagens do produto

Figura 19 – tapetes de grama esmeralda

Figura 20 – produção dos tapetes de grama

SUBSTRATO ARMADO	muito baixo	baixo	médio	alto	elevado
Facilidade de aplicação					
Disponibilidade para compra					
Eficiência					
Durabilidade					

Descrição:

Tapete de grama esmeralda pode ser utilizado com substrato armado para receber em cima outro tapete ou outra espécie.

Nome científico:

Zoysia japonica

Nome popular

Grama esmeralda

Material de composição:

Terra e tramado de raízes

Disponibilidade:

Sementes, placas ou tapetes de 0.50 x 1.00m

Cultivada e fornecida em muitas regiões do Brasil.

Aplicação na cobertura:

Camada de alimentação da vegetação, camada vegetal

Nível de dificuldade de aplicação:

Simples

Não necessita de trabalhadores especializados

Eficiência:

Grande eficiência, pois não precisa de outro material para a sua composição, e pode ser utilizado em grandes inclinações.

1.4.3. Irrigação

Dentro do mercado brasileiro encontramos equipamentos que podem auxiliar diretamente na manutenção de irrigação da cobertura viva.

O objetivo deste levantamento é mostrar alguns materiais de execução da irrigação. Dentro da implantação da cobertura verde, as primeiras semanas são as mais críticas no que diz respeito ao enraizamento da espécie escolhida e de sua sobrevivência, isso devido a sua grande necessidade de água no início do transplante. Por conta disso, observou-se a necessidade de criar um sistema eficiente e de pouca intensidade de atenção para facilitar a consolidação rápida da cobertura e, principalmente, retirar a responsabilidade do enraizamento e sobrevivência da cobertura do proprietário e do construtor da cobertura, diminuindo assim a possibilidade de ineficiência da cobertura e desgaste do relacionamento construtor e proprietário.

Controle Manual

Imagens do produto

Figura 21 – controle manual de irrigação – imagem fornecida pelo fabricante

CONTROLE MANUAL	muito baixo	baixo	médio	alto	elevado
Facilidade de aplicação					
Disponibilidade para compra					
Eficiência					
Durabilidade					

Descrição:

Componente utilizado para controle manual de irrigação. Controlador de tempo de irrigação, onde o usuário tem que acioná-lo todas as vezes que forem necessárias as irrigação

Marca:

TRAMONTINA

Modelo:

Timer temporizador manual para irrigação

Material de composição:

Plástico e borracha

Disponibilidade:

Material entregue no formato único

Segundo a empresa o produto é fornecido para todo o território nacional

Aplicação na cobertura:

Controle de irrigação

Nível de dificuldade de aplicação:

Média complexidade

Não necessita de trabalhadores especializados

Eficiência:

Média eficiência, pois necessita de acionamento manual todas as vezes que forem necessárias as regas

Controle Eletrônico

Imagens do produto

Figura 23 – aplicação do controle de irrigação – imagem fornecida pelo fabricante

Figura 22 – controle eletrônico GARDENA – imagem fornecida pelo fabricante

CONTROLE ELETRÔNICO	muito baixo	baixo	médio	alto	elevado
Facilidade de aplicação					
Disponibilidade para compra					
Eficiência					
Durabilidade					

Descrição:

Controlador digital de irrigação, equipamento utilizado para controlar dias, horários, e períodos de irrigação. Equipamento dispensa preocupações constantes com irrigação da cobertura

Marca:

GARDENA

Modelo:

Programador de Irrigação C1060 Plus Gardena

Material de composição:

Polímeros, e componentes eletrônicos

Disponibilidade:

Material entregue no formato único com um equipamento por embalagem.

Segundo a empresa o produto é fornecido para todo o território nacional

Outras empresas fabricam este tipo de equipamento, tornando o acesso mais fácil ao produto.

Aplicação na cobertura:

Irrigação

Nível de dificuldade de aplicação:

Simples

Não necessita de trabalhadores especializados

Eficiência:

Muito eficiente

Mangueira perfurada para gotejamento

Imagens do produto

Figura 25 – aplicação da mangueira perfurada – imagem fornecida pelo fabricante

Figura 24 – mangueira perfurada para irrigação – imagem fornecida pelo fabricante

MANGUEIRA PERFORADA	muito baixo	baixo	médio	alto	elevado
Facilidade de aplicação					
Disponibilidade para compra					
Eficiência					
Durabilidade					

Descrição:

Mangueira flexível geralmente utilizada em plantio de culturas como elemento de distribuição de irrigação.

Pode-se facilmente ser utilizada em coberturas vivas, desde que observadas as suas necessidades de funcionamento, e prever sua composição visual com a cobertura, pois estão sempre aparentes.

Marca:

AMANCO

Modelo:

MANGUEIRA GOTEJAMENTO AMANCO 16 mm 400m

Material de composição:

Polietileno de baixa densidade

Disponibilidade:

Rolo com 100m

Segundo a empresa o produto é fornecido para todo o território nacional

Outras empresas fabricam este tipo de material, tornando o acesso mais fácil ao produto.

Aplicação na cobertura:

Irrigação

Nível de dificuldade de aplicação:

Média complexidade

Não necessita de trabalhadores especializados

Eficiência:

Eficiente, pois pode ser utilizado em maiores inclinações, e tem uma grande vida útil.

Aspersor circular

Imagens do produto

Figura 26 – aplicação do aspersor circular – imagem fornecida pelo fabricante

Figura 27 – aspersor circular – imagem fornecida pelo fabricante

ASPERSOR CIRCULAR	muito baixo	baixo	médio	alto	elevado
Facilidade de aplicação					
Disponibilidade para compra					
Eficiência					
Durabilidade					

Descrição:

Um sofisticado aspersor circular para irrigação de superfícies

Superfícies cobertas: 9 - máx. 310 m² - Alcance do jato: Ø 3 - máx. 20 m

Marca:

GARDENA

Modelo:

Aspersor Circular Mambo

Material de composição:

Plástico

Disponibilidade:

Material entregue no formato único com um equipamento por embalagem.

Segundo a empresa o produto é fornecido para todo o território nacional

Outras empresas fabricam este tipo de equipamento, tornando o acesso mais fácil ao produto.

Aplicação na cobertura:

Irrigação

Nível de dificuldade de aplicação:

Simples

Não necessita de trabalhadores especializados

Eficiência

Eficiente, pois pode ser utilizado em maiores inclinações, e tem uma grande vida útil. Consegue atingir grandes espaços com os jatos circulares

1.4.4. Drenagem

O sucesso de implantação da cobertura está diretamente ligado à eficiência de sua drenagem, isso por conta de diversos fatores fundamentais de funcionamento, destacando-se a diminuição de sua carga de peso sobre a estrutura, exclusão da possibilidade de solapamento do substrato, impossibilidade de apodrecimento das raízes, aumento da distancia a ser percorrida pelas raízes entre o substrato e a impermeabilização ou barreira anti raiz, essa necessidade pode ser facilmente observada na execução de vasos de plantas, onde é sempre deixado o espaço para drenagem.

Em observação a outras coberturas executadas o que mais se utiliza nesta etapa são as argilas expandidas e elementos industrialmente produzidos.

O objetivo deste levantamento é tentar identificar materiais disponíveis dentro do mercado que possam ser utilizados na composição desta camada drenante, esses elementos podem ser industrialmente produzidos para outra finalidade ou mesmo algum tipo de refugo ou descarte de produção industrial ou urbana.

Manta de drenagem

Imagens do produto

Figura 28 – pacote com os rolos de MAC DRAIN

Figura 29 – MAC-DRAIN 2L – imagem fornecida pelo fabricante

MANTA DE DRENAGEM	muito baixo	baixo	médio	alto	elevado
Facilidade de aplicação					
Disponibilidade para compra					
Eficiência					
Durabilidade					

Descrição:

Um eficaz sistema de drenagem é composto por três elementos básicos: o drenante, que capta e conduz as águas de infiltração/percolação, saneando o solo; o filtrante, que impede o carregamento das partículas de solo para o interior do elemento drenante, e o coletor, que conduz a água drenada para a descarga.

Marca:

MACCAFERRI

Modelo:

MacDrain 2L

Material de composição:

Geocomposto leve e flexível para drenagem, núcleo drenante constituído por geomanta tridimensional com espessuras de 10 ou 18 mm. Esta geomanta é fabricada a partir de filamentos de polipropileno ou poliamida (nylon). O núcleo é termosoldado a um ou dois geotêxteis não-tecidos de poliéster em todos os pontos de contato.

Disponibilidade:

Material entregue no formato de rolo nas medidas 1 x 30m ou 2 x 30m

Segundo a empresa o produto é fornecido para todo o território nacional

Aplicação na cobertura:

Drenagem

Nível de dificuldade de aplicação:

Muito simples

Não necessita de trabalhadores especializados, mas precisa de atenção para o volume e manuseio

Eficiência:

Muito eficiente

Filtro 100% poliéster, Bidin

Imagens do produto

Figura 30 – manta bidin

Figura 31 – aplicação da manta bidin

BIDIN	muito baixo	baixo	médio	alto	elevado
Facilidade de aplicação					
Disponibilidade para compra					
Eficiência					
Durabilidade					

Descrição:

Manta geotêxtil (muitas vezes referenciado pela marca Bidim), serve como elemento filtrante das águas pluviais, tem a função de reter dos os grãos de terra e areia, deixando passar apenas a água.

Esse produto serve sempre como associação de outro para atingir determinado objetivo, ex: pode ser utilizado junto ao tubo de drenagem como filtro, ou associado à argila expandida para camada drenante.

Marca:

NTCGeo

Modelo:

Manta Geotêxtil de drenagem

Material de composição:

100% Poliéster

Disponibilidade:

Rolos de 2 x 20 m

Segundo a empresa o produto é fornecido para todo o território nacional

Este produto é fabricado por outras empresas, tornando o acesso fácil ao produto.

Aplicação na cobertura:

Drenagem

Nível de dificuldade de aplicação:

Simples, não necessita de trabalhadores especialistas, devendo apenas observar a trabalhabilidade por conta do volume

Eficiência:

Muito eficiente, material versátil, podendo ser aplicado em diferentes situações dentro da cobertura, como exemplos: revestir os tubos de drenagem, criar toda a camada drenante da cobertura, criar uma camada de armazenamento de água, etc.

Cubos de isopor

Imagens do produto

Figura 33 – cubos de isopor

Figura 32 – aplicação dos cubos de isopor

CUBOS DE ISOPOR	muito baixo	baixo	médio	alto	elevado
Facilidade de aplicação					
Disponibilidade para compra					
Eficiência					
Durabilidade					

Descrição:

Este material é oriundo dos refugos gerados pelas empresas de processamento de isopor.

Marca:

Não possui fabricante específico, e sim empresas de processamento de isopor de qualquer região do Brasil.

Modelo:

Refugo de processamento de isopor

Material de composição:

Polímero + estireno – POLIESTIRENO EXTRUDADO

Disponibilidade:

Pode ser encontrado em todas as empresas de processamento de isopor, por conta disso podemos dizer que é de fácil acesso

As empresas de processamento geralmente fornecem esse material ensacado

Aplicação na cobertura:

Drenagem

Nível de dificuldade de aplicação:

Média dificuldade

Eficiência:

Eficiente, mas para seu funcionamento depende diretamente da utilização de outro material acoplado (Bidin)

Argila expandida

Imagens do produto

Figura 35 – argila expandida

Figura 34 – aplicação da argila expandida

ARGILA EXPANDIDA	muito baixo	baixo	médio	alto	elevado
Facilidade de aplicação					
Disponibilidade para compra					
Eficiência					
Durabilidade					

Descrição:

A Argila Expandida é um agregado leve que se apresenta em forma de bolinhas de cerâmica leves e arredondadas, com uma estrutura interna formada por uma espuma cerâmica com microporos e com uma casca rígida e resistente. Suas principais características são: Leveza, resistência, inércia química, estabilidade dimensional, incombustibilidade, além de isolamento térmico e acústico.

Marca:

Cinexpan

Modelo:

Argila expandida

Material de composição:

Argila

Disponibilidade:

Fornecida em sacos de 20 kg ou a granel

Facilmente encontrada em diferentes regiões do Brasil

Aplicação na cobertura:

Drenagem

Nível de dificuldade de aplicação:

Média complexidade, não necessita de trabalhadores especialistas, mas deve ter atenção para o peso do material agregado

Eficiência:

Material eficiente, muito versátil, podendo ser aplicado em diferentes situações dentro da cobertura, como exemplos: revestir os tubos de drenagem, criar toda a camada drenante da cobertura, etc.

Tubos para drenagem

Imagens do produto

Figura 37 – tubo de drenagem tigre
– imagem fornecida pelo fabricante

Figura 36 – aplicação do tubo de drenagem já
revestido com manta bidin

TUBOS DE DRENAGEM	muito baixo	baixo	médio	alto	elevado
Facilidade de aplicação					
Disponibilidade para compra					
Eficiência					
Durabilidade					

Descrição:

Produto desenvolvido para contribuir na drenagem de áreas e situações problemáticas. Deve ser sempre envolto por manta bidin para evitar a entrada e areia e terra.

Marca:

TIGRE

Modelo:

Tubo perfurado para drenagem

Material de composição:

PVC (policloreto de vinila)

Disponibilidade:

Tubos de 3 ou 6m de comprimento com o diâmetro de 100 mm

Segundo a empresa o produto é fornecido para todo o território nacional

Este produto é fabricado por outras empresas, tornando o fácil acesso ao produto

Aplicação na cobertura:

Drenagem

Nível de dificuldade de aplicação:

Simple, não necessita de trabalhadores especialistas, devendo apenas observar alguns dados técnicos de drenagem e aplicação

Eficiência:

Muito eficiente, mas precisa da junção da manta bidin para ter funcionamento

Flanges para vedação

Imagens do produto

Figura 39 – flange de caixa d'água – imagem fornecida pelo fabricante

Figura 38 - aplicação da flange em uma geomanta de PVC

FLANGES	muito baixo	baixo	médio	alto	elevado
Facilidade de aplicação					
Disponibilidade para compra					
Eficiência					
Durabilidade					

Descrição:

Componente usado para conexões de tubos de água fria junto à caixa d'água. Serve especificamente para vedar esta conexão.

A função da peça, ou seja, a vedação dá-se na compressão de um anel de borracha existente entre duas peças de PVC roscadas.

Marca:

TIGRE

Modelo:

Flange de caixa d'água

Material de composição:

PVC (policloreto de vinila)

Disponibilidade:

Peça completa, com porca e anel de vedação

Segundo a empresa o produto é fornecido para todo o território nacional

Aplicação na cobertura:

Drenagem e impermeabilização

Nível de dificuldade de aplicação:

Simples, não necessita de trabalhadores especialistas

Eficiência:

Muito eficiente

Tubos de queda e captação

Imagens do produto

Figura 40 – tubos de queda – imagem fornecida pelo fabricante

TUBOS	muito baixo	baixo	médio	alto	elevado
Facilidade de aplicação					
Disponibilidade para compra					
Eficiência					
Durabilidade					

Descrição:

Material produzido para transporte de esgoto humano. Pode ser anexado à cobertura na composição dos tubos de queda, e como se trata de um produto padronizado pelas normas fica simples instalação por conta de conexões já existentes no mercado.

Marca:

TUBOPET

Modelo:

Tubo de esgoto

Material de composição:

Reciclagem de garrafas de politereftalato de etileno (PET)

Disponibilidade:

Disponível apenas para o estado de São Paulo

Aplicação na cobertura:

Drenagem

Nível de dificuldade de aplicação:

Simples, não necessita de trabalhadores especialistas

Eficiência:

Eficiente

1.4.5. Vegetação

A escolha da vegetação a ser aplicada na cobertura viva possui muitos fatores a serem observados, principalmente quanto ao local de implantação da cobertura, como: clima, insolação, índice pluviométrico, entre outros, criando assim uma dificuldade de se dizer ao certo que espécie usar e em que situação usar.

Por conta dessas necessidades específicas de estudo, esta pesquisa apresenta apenas algumas espécies perenes¹ com potencial de utilização, reforçando a necessidade de se observar e pesquisar cada cobertura como uma situação singular de intervenção.

¹ Plantas perenes (do latim per, "por", annus, "anos") é a designação botânica dada às espécies vegetais cujo ciclo de vida é longo, lhe permite viver por mais de dois anos, ou seja, por mais de dois ciclos sazonais.

Gramma esmeralda

Imagens do produto

Figura 42 – tapetes de grama esmeralda

Figura 41 – produção dos tapetes de grama

GRAMA ESMERALDA	muito baixo	baixo	médio	alto	elevado
Facilidade de aplicação					
Disponibilidade para compra					
Eficiência					
Durabilidade					

Descrição:

Tapete de grama esmeralda pode ser utilizado com substrato armado para receber em cima outro tapete ou outra espécie.

Nome científico:

Zoysia japonica

Nome popular

Gramma esmeralda

País de origem:

Japão

Disponibilidade:

Muito fácil de ser encontrada em diferentes regiões do Brasil.

Clima:

Quente, pleno sol.

Luminosidade:

Sol pleno

Forma de plantio:

Sementes, placas ou tapetes

Época de plantio:

Qualquer época do ano, desde que bem irrigada.

Durabilidade:

Grande durabilidade

Pisoteio:

Sim

Manutenção:

Baixa manutenção

Eficiência:

Muito eficiente

Ciclo de vida:

Perene

Dinheiro em penca (*Callisia repens*)

Imagens do produto

Figura 44 – dinheiro em penca

Figura 43 – aplicação da espécie dinheiro em penca

DINHEIRO EM PENCA	muito baixo	baixo	médio	alto	elevado
Facilidade de aplicação					
Disponibilidade para compra					
Eficiência					
Durabilidade					

Descrição:

Vegetação com massa densa e volumosa apresentou ótimos resultados nos ensaios, e mostra-se de fácil aplicação e grande durabilidade.

Nome científico:

Callisia repens

Nome popular

Dinheiro em penca (*Callisia repens*)

País de origem:

América tropical

Disponibilidade:

Muito fácil de ser encontrada

Clima:

Equatorial, subtropical, tropical

Luminosidade:

Meia sombra

Forma de plantio:

Divisão da planta e ramagem enraizada

Época de plantio:

O ano todo, desde que observada a sua necessidade de irrigação e luminosidade

Durabilidade:

Grande durabilidade

Pisoteio:

Não

Manutenção:

Sem manutenção apenas irrigação

Eficiência:

Muito eficiente

Ciclo de vida:

Perene

Gramma São Carlos

Imagens do produto

Figura 46 – aplicação da grama São Carlos

Figura 45 – detalhe da grama São Carlos

GRAMA SÃO CARLOS	muito baixo	baixo	médio	alto	elevado
Facilidade de aplicação					
Disponibilidade para compra					
Eficiência					
Durabilidade					

Descrição:

Tapete de grama esmeralda pode ser utilizado como substrato armado para receber em cima outro tapete ou outra espécie.

Nome científico:

Axonopus obtusifolius

Nome popular

Gramma São Carlos

País de origem:

América do sul, Brasil

Disponibilidade:

Fácil de encontrar em diferentes regiões do Brasil.

Clima:

Equatorial, subtropical, tropical e temperado

Luminosidade:

Meia sombra e sol pleno

Forma de plantio:

Sementes, placas ou tapetes

Época de plantio:

Primavera e verão

Durabilidade:

Grande durabilidade

Pisoteio:

Sim

Manutenção:

Baixa manutenção

Eficiência:

Grande eficiência, pois tem as mesmas características da grama esmeralda se tornando muito dinâmica tanto para vegetação como para substrato

Ciclo de vida:

Perene

Gramma amendoim (*Arachis pintoii*)

Imagens do produto

Figura 48 – detalhe da grama amendoim

Figura 47 – aplicação da grama amendoim

GRAMA AMENDOIM	muito baixo	baixo	médio	alto	elevado
Facilidade de aplicação					
Disponibilidade para compra					
Eficiência					
Durabilidade					

Descrição:

Leguminosa perene, de 30-40 cm de altura, tem floração varias vezes ao ano, possui uma flor pequena na cor amarela, tem uso comum em contensão de erosões e combate as daninhas

Nome científico:

Arachis pintoii

Nome popular

Gramma amendoim (*Arachis pintoii*)

País de origem:

Brasil, vale do Jequitinhonha e Rio Tocantins na região central do país

Disponibilidade:

Fácil de ser encontrada em diferentes regiões do Brasil.

Clima:

Equatorial, subtropical e tropical

Luminosidade:

Meia sombra e sol pleno

Forma de plantio:

Divisão de touceiras e ramagem enraizada

Época de plantio:

O ano todo, desde que observada a sua necessidade de irrigação e luminosidade

Durabilidade:

Alta durabilidade, apenas não suporta o pisoteio intenso

Pisoteio:

Sim

Manutenção:

Baixíssima

Eficiência:

Muito eficiente

Ciclo de vida:

Perene

Rabo de gato

Imagens do produto

Figura 49 – implantação da espécie rabo de gato

RABO DE GATO	muito baixo	baixo	médio	alto	elevado
Facilidade de aplicação					
Disponibilidade para compra					
Eficiência					
Durabilidade					

Descrição:

O rabo-de-gato é uma planta herbácea e florífera, chama a atenção por suas flores vermelhas, com textura de pelúcia. Com a forma alongada e sua textura entende-se por ao nome, pois se parecem rabos de gato. Suas folhas são denteadas e abundantes, formando uma folhagem densa e baixa.

Nome científico:

Acalypha reptans

Nome popular

Acalifa-rasteira, rabo de gato

País de origem:

Índia

Disponibilidade:

Fácil de encontrar em lojas de jardinagem

Clima:

Equatorial, Subtropical, Tropical

Luminosidade:

Pleno sol

Forma de plantio:

Divisão de touceiras e ramagem enraizada

Época de plantio:

O ano todo, desde que observada a sua necessidade de irrigação e luminosidade

Durabilidade:

baixa durabilidade

Pisoteio:

não

Manutenção:

Precisa de cuidados e atenção

Eficiência:

Média, pois precisa de manutenção periódica com poucos espaços de tempo

Ciclo de vida:

Perene

2. CAPITULO II – Estudos de caso

Apresentação

A busca pelo entendimento da cobertura viva tem seu início com o enfrentamento da problemática de escolha dos materiais e métodos e serem utilizados para a sua composição.

De acordo com cada região, devem-se tomar decisões diferentes para cada situação, por conta de logística, disponibilidade, clima, etc.. Optou-se por estes estudos de caso todos dentro da região metropolitana de São Paulo por conta da facilidade logística da pesquisa, e pela vontade de se observar a estratégia de arranjo técnico na resolução da disponibilidade de material para compor a cobertura.

Objetivos

O objetivo deste capítulo é mostrar coberturas executadas e as técnicas construtivas utilizadas, isso na tentativa de demonstrar a cobertura viva na prática da construção por seus técnicos e executores.

Como existem diferentes maneiras e técnicas de se executar a cobertura viva, os estudos de caso se mostram de grande importância para entender as diferentes posturas dos técnicos, pois em cada experiência diferente vivida se aprende um pouco mais sobre esta tecnologia, seus problemas, suas necessidades, seus potenciais, suas dificuldades e suas facilidades.

2.1. ESTUDO DE CASO 01 - Cobertura em anexo residência Clélia Angelini

Localização

Bairro Ponte Grande, município de Guarulhos, São Paulo, Brasil

Data

Segundo semestre de 2005

Autor do Projeto

Arquitetos: Carla Angelini Lazur e J. Carlos Guerra J.

Caracterização

A implantação desta cobertura se deu na necessidade de solução de uma patologia existente, onde sua origem principal se dava com a queda de frutos de um abacateiro existente ao lado da edificação, e com a queda destes frutos as telhas cerâmicas sofriam quebra, comprometendo a estanqueidade da cobertura.

Escopo

Reforma de uma cobertura convencional de estrutura de madeira e telhas de barro.

Substituição das telhas de barro por uma cobertura viva.

Utilização da estrutura existente para a implantação da cobertura viva.

Processo construtivo

1. Retirada das telhas:

Nesta etapa da obra foram retiradas todas as telhas e ripas, primeiramente para investigar a qualidade e o estado de conservação do madeiramento existente, para logo em seguida fazer as substituições necessárias.

Figura 50 – vista externa da cobertura antes da intervenção

Figura 51 – detalhe das telhas quebradas pelos frutos

Figura 53 – início do desmonte e retirada das telhas

Figura 52 – cobertura já toda destelhada, início das análises de condições do madeiramento

2. Corte e tratamento do madeiramento:

Nesta etapa foram preparadas as tabuas que formarão a caixa de sustentação da nova cobertura.

As tabuas utilizadas foram em madeira Cedro com as medidas 20 cm de largura por 2,5 cm de espessura, tratadas com duas demãos de *polisten*¹.

Figura 54 – aplicação do produto fungicida e hidrofugante

Figura 55 – medição das tábuas

Figura 56 – orientação ao ajudante para a aplicação do produto

¹ Polistem: produto fungicida, hidrofugante e corante, da marca Sayerlack encontrado no mercado e utilizado na proteção e escurecimento da madeira.

3. Instalação das tábuas:

Nesta etapa as tábuas são colocadas deitadas na posição longitudinal, formando assim um tablado de madeira para recebimento da impermeabilização e posteriormente do substrato e vegetação.

A instalação deste madeiramento utiliza tábuas de no máximo 3 metros, isso para facilitar o transporte e para diminuir a possibilidade de empena como na instalação. A instalação cria interrupções no segmento das tábuas, e como as tabuas formarão também o forro interno, estas interrupções comprometeriam o acabamento final, então foram dispostas de tal forma que ficaram sobre os caibros de sustentação camuflando a existência das junções.

Figura 58 – início da instalação das tábuas

Figura 57 – vista interna do tabuamento

Figura 59 – possibilidade de se caminhar sobre as tábuas pregadas

4. Instalação das tabeiras:

Para formar a caixa completa para contenção da terra, foram utilizadas tabuas de madeira maçaranduba na medida de 15 cm de altura e 3 cm de espessura, o comprimento das tábuas da tabeira segue a mesma necessidade de comprimento como as tábuas da fase anterior, tratadas com *polisten*, fixadas com parafusos. Para uma contenção maior dos empuxos horizontais foram instaladas cantoneiras metálicas fixadas com parafusos a cada 40 cm.

Figura 60 – vista lateral da tabeira instalada

Figura 61 – detalhe da estrutura das tabeiras

5. Furação para instalação da drenagem:

Utilizando uma serra copo foram feitos três furos na parte inferior do tablado para servir de passagem para os tubos drenagem que foram instalados na manta de impermeabilização.

Figura 63 – furação da tábua

Figura 62 – ajuda do Sr. Paulino Torrubia Lazur

6. Instalação de manta de amortecimento:

Colocação de uma manta de amortecimento feita de feltro. A manta tem a função de proteger a lona de possíveis farpas de madeira que possam perfurá-la. Essa manta de amortecimento é instalada por todo o tablado, inclusive sobre as tabeiras e é fixada com grampos.

Figura 65 – detalhe da dobra da manta nas tabeiras

Figura 64 – colocação da manta

7. Instalação da lona de impermeabilização:

Esta lona é composta de uma geomembrana de PVC utilizada em aterros sanitários, neste caso específico foi utilizada a lona de 8 mm na cor preta da empresa SANSUY. A lona é colocada sobre a manta de amortecimento e fixada também com grampos metálicos.

Figura 66 – lona ainda dobrada sobre a manta

Figura 67 – lona antes dos arremates finais

Figura 68 – lona já instalada

8. Montagem da drenagem:

Esse processo utiliza-se do sistema de vedação de flange de caixa d'água para vedar a junção do tubo de drenagem com a lona, foi feito um furo na lona de PVC e instalada a flange. Foi montada uma caixa de drenagem com argila expandida. A argila foi escolhida devido o seu baixo peso e fácil manuseio.

Figura 70 – detalhe da flange instalada na lona

Figura 69 – detalhe da instalação da drenagem

Figura 72 – montagem da drenagem

Figura 71 – aplicação da argila expandida

9. Colocação de substrato e plantio da grama:

O substrato utilizado compõe-se de terra misturada com esterco de boi, serragem e terra vegetal. Foi colocada uma camada de substrato de 10 cm.

A vegetação utilizada foi a grama da espécie esmeralda, facilmente encontrada em lojas de paisagismo.

Aqui, a grama foi escolhida por conta de sua estrutura física que forma uma espécie de trama de raízes, ajudando na contenção de erosões da terra.

Figura 74 – colocação do substrato

Figura 73 – detalhe da junção dos tapetes de grama com o substrato

Figura 75 – a arquiteta Carla trabalhando no plantio

10. Cobertura pronta:

Depois do plantio da vegetação foram instaladas cantoneiras de alumínio na borda de toda a cobertura como acabamento final e proteção da junção da lona contra possíveis ressecamentos e impactos.

Figura 77 – cobertura pronta

Figura 76 – família utilizando a cobertura para pegar frutos do abacateiro

Figura 79 – cobertura antes

Figura 78 – cobertura depois

Descrição das etapas da obra

- 1) Retirada das telhas
- 2) Análise da qualidade do madeiramento
- 3) Retirada do ripamento existente
- 4) Limpeza e tratamento do madeiramento a permanecer (vigas e caibros)
- 5) Instalação das tábuas para formação do tablado

- 6) Instalação das tabeiras
- 7) Furação das tabuas para a descida da drenagem
- 8) Instalação da manta de amortecimento
- 9) Instalação dos flanges de drenagem na lona de impermeabilização
- 10) Instalação da lona de impermeabilização
- 11) Instalação do sistema de drenagem
- 12) Colocação do substrato
- 13) Plantio da vegetação
- 14) Instalação de cantoneiras de alumínio nas tabeiras
- 15) Corte do material excedente, como lona e manta de amortecimento
- 16) Instalação da tubulação final de drenagem

2.2. ESTUDO DE CASO 02 - Mineradora de água Águas Lucema

Localização

Bairro do Tevó, município de Santa Isabel, São Paulo, Brasil

Data

Segundo semestre de 2007

Autor do Projeto

Arquitetos: Carla Angelini Lazur, Carlos Guerra

Caracterização

Trata-se da reforma da cobertura do abrigo da nascente da mineradora, edificação executada em estrutura de concreto armado com paredes de tijolo de barro e laje de concreto com vigotas pré moldadas.

Esta edificação foi executada encostada em uma rocha, pois a nascente de água brota sob esta rocha.

A cobertura viva neste caso solucionou dois problemas sérios para o bom funcionamento da mineração: primeiro acabou com uma infiltração

existente no encontro da laje de concreto com a rocha, até então tida como uma patologia crônica; e segundo, com a diminuição da interferência do sol dentro do ambiente interno da edificação, mantendo assim a temperatura da água que sai da mina.

Escopo

Esta obra foi executada utilizando lona de geomembrana de PVC da empresa SANSUY, e foi executada sobre laje de concreto com uma pequena inclinação.

Nesta obra não foram utilizadas vegetações e substratos comercializados, foram utilizados as turfas locais.

A premissa desta intervenção foi a de interferir o mínimo possível no existente, e importar o mínimo de material possível de fora da cidade. Tanto que o único material importado foi o utilizado na impermeabilização da laje.

Processo construtivo

Nesta obra os projetistas não conseguiram fazer um relatório fotográfico do processo, por conta disso, o processo será descrito e serão apresentadas apenas fotos da cobertura executada.

1. Retirada das telhas de fibrocimento existentes:

A laje era coberta por lajes de fibrocimento sustentadas por caibros de madeira.

Nesta etapa as telhas foram retiradas e reutilizadas em outro local, deixando a laje totalmente aparente para possível análise e diagnóstico das condições da laje.

2. Análise da qualidade da laje existente:

A laje foi analisada e constatou-se ser uma laje de concreto armado, pré moldada com vigas de concreto armado. A laje utiliza lajotas cerâmicas para fechamento entre as vigas. Segundo observação técnica, constatou-se que a laje também possuía amarrações com vergalhões de aço.

Para sustentar a cobertura antiga, existia uma platibanda de bloco de concreto que foi mantida para servir como platibanda final da cobertura viva.

3. Limpeza da laje para recebimento da impermeabilização:

Depois de constatado que a laje suportaria a cobertura viva, foram feitas limpezas em toda a superfície da laje para retirar qualquer elemento que pudesse exercer qualquer tipo de puncionamento sobre a manta de impermeabilização, como: restos de argamassas coladas, pedras soltas, restos de ferro aparente, etc.

4. Aplicação da impermeabilização:

Foi utilizada a geomembrana de PVC da empresa SANSUY para esta impermeabilização. A flexibilidade do material possibilitou realizar a junção com a rocha de forma mais eficiente.

A geomanta foi cortada nas dimensões necessárias e foram feitas as perfurações e instalações dos tubos de drenagem.

5. Corte horizontal na rocha:

Com a ferramenta elétrica, serra mármore, foi feito um corte horizontal, paralelo ao alinhamento da laje, com uma altura de 20 cm, profundidade de 1 cm e largura de 0.50cm. Esse corte foi feito ao longo de toda a laje até encontrar com as platibandas existentes.

6. Junção da lona de impermeabilização com o corte feito na rocha:

Depois do corte na rocha ser finalizado, a borda da geomanta já aplicada que encontrava com a lateral da rocha foi colocada dentro do corte na pedra e travada temporariamente com gravetos encontrados no local, aguardando a aplicação do fechamento final.

7. Aplicação de fibra de vidro na junção da lona com a rocha:

Com a geomanta toda encaixada dentro do corte da rocha e travada com os gravetos, iniciou a aplicação de fibra de vidro sobre a junção da geomanta e da rocha, criando assim a vedação final da impermeabilização.

Conforme a fibra de vidro vinha sendo aplicada, os gravetos temporários eram retirados.

8. Instalação da drenagem:

Depois da impermeabilização pronta, foi colocada uma camada de argila expandida de 5 cm, e, sobre a camada de argila, um feltro Bidin para retenção dos grãos de terra que virão sobre esta camada.

9. Cortes das turfas no local:

Ao lado da edificação existe uma área gramada sem uso, camada apenas de proteção da nascente. Com a disponibilidade deste local, optou-se por utilizar a vegetação e o substrato retirados do próprio local.

Foram feitos cortes no solo para retirada das turfas, nas dimensões de 30 x 50 cm com uma profundidade de 15 cm.

10. Transporte das turfas para a cobertura:

O transporte destas turfas se deu na medida em que foram sendo utilizadas, isso para não concentrar o material todo de uma vez em um ponto apenas da cobertura, o que poderia acarretar em sobrecarga e possíveis problemas estruturais.

11. Colocação das turfas sobre a laje impermeabilizada:

As turfas foram colocadas enfileiradas sobre a camada impermeabilizante, de forma a compor o revestimento de toda a cobertura.

No final de toda a colocação, criou-se um revestimento único e maciço com a espessura de 15 cm, revestido com vegetação já adaptada e verde.

12. Recobrimento das turfas com substrato natural para fortalecimento do solo aplicado:

Após o maciço composto foi acrescentado uma fina camada de substrato natural, a fim de aumentar os nutrientes das turfas e preencher os pequenos vãos resultantes da junção das placas de turfas.

13. Instalação dos rufos e pingadeiras metálicas:

Depois de todo o processo terminado, foram instalados rufos de chapa de aço galvanizado em toda a platibanda da cobertura com o objetivo de dar proteção a dobra da geomembrana e protegê-la das intempéries e, por fim, dar um acabamento estético para todo o conjunto.

Imagens da cobertura executada:

Figura 81 – vista frontal da edificação na rocha

Figura 80 – detalhe da drenagem

Figura 83 – visualização da vegetação da cobertura com a vegetação do piso local

Figura 82 – detalhe da impermeabilização trabalhando na rocha

Descrição das etapas da obra

- 1) Retirada das telhas de fibrocimento existentes

- 2) Análise da qualidade da laje existente
- 3) Limpeza da laje para recebimento da impermeabilização
- 4) Aplicação da impermeabilização
- 5) Corte horizontal na rocha
- 6) Junção da lona de impermeabilização com o corte feito na rocha
- 7) Aplicação de fibra de vidro na junção da lona com a rocha
- 8) Instalação da drenagem
- 9) Cortes das turfas no local, as turfas foram cortadas com as dimensões de 30 cm x 80 cm
- 10) Transporte das turfas para a cobertura
- 11) Colocação das turfas sobre a laje impermeabilizada
- 12) Recobrimento das turfas com substrato natural para fortalecimento do solo aplicado
- 13) Instalação dos rufos e pingadeiras metálicas

2.3. ESTUDO DE CASO 03 - Cobertura viva arquiteta lara Lima Ferraz - POLI-USP

Localização

POLI-USP, Cidade Universitária, São Paulo, Brasil

Data

2010

Autor do Projeto

Arquiteta: lara Lima Ferraz

Caracterização

A arquiteta lara desenvolveu um estudo técnico científico sobre a cobertura viva dentro do programa de mestrado da POLI-USP, onde seu objetivo foi descobrir a diferenciação térmica entre a cobertura viva e uma cobertura convencional em telha de barro.

Nome: O Desempenho Térmico de um Sistema de Cobertura Verde em Comparação ao Sistema Tradicional de Cobertura com Telha Cerâmica.

Autora: Iara Lima Ferraz

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Brenda Chaves Coelho Leite

Escola Politécnica da USP

Área de Concentração: Engenharia de Construção Civil

Conclusão: 2012

Escopo

“Em se adotando cobertura verde em edificações supõe-se haver economia no consumo de energia para se obter condições de conforto térmico nos ambientes. Baseado nessa suposição foi realizada uma pesquisa experimental onde, por meio de um estudo comparativo entre dois tipos de cobertura: a verde e a de telhas cerâmicas comprovou-se o potencial de economia de energia. Os dados levantados foram comparados com os dados de um segundo protótipo de mesmas dimensões e igualmente instrumentado, com cobertura cerâmica, sob as mesmas condições ambientais.”

Os protótipos possuem características semelhantes em relação à orientação solar, aberturas, dimensões e composição dos elementos construtivos, variando apenas o sistema de cobertura. As construções têm dimensões internas de 2,20 x 2,70m e pé-direito de aproximadamente 2,60m. Todos os protótipos possuem piso cerâmico assentado sobre contrapiso de concreto e fundação de concreto tipo radier, com espessura de 15 cm.

A vedação das aberturas é feita com uma porta de alumínio modelo padrão, com dimensões 0,80 x 2,10m e uma janela de alumínio, duas folhas de correr, com dimensões 1,20 x 1,00m. A janela está voltada para o sudoeste e a porta para o noroeste. Os protótipos estão distantes três metros um do outro, a partir da fundação, para que a trajetória do sol aconteça de maneira que um não faça sombra sobre o outro. O único anteparo é uma torre que sombreia o sítio ocasionalmente por algumas horas por dia em alguns períodos do ano “¹”.

¹ Texto escrito pela pesquisadora e entregue em entrevista

Processo construtivo

1. Cobertura pronta para receber a cobertura viva:

Após o período de cura da laje foi feita uma regularização contra falhas, com argamassa fina, para que a manta impermeabilizante pudesse ser aplicada corretamente.

Figura 84 – cura da laje e construção da platibanda – imagem arquiteta lara

2. impermeabilização:

A impermeabilização foi feita utilizando manta asfáltica Lwarflex, da empresa Lwart Química, aplicada por mão-de-obra especializada, fornecida pela própria empresa. Foi feito o teste de estanqueidade para verificação de eventuais falhas de aplicação

Figura 85 – teste de estanqueidade da impermeabilização – imagem arquiteta lara

3. Camada de proteção mecânica:

Após a correta secagem da manta, foi feito um chapisco de argamassa fina, com função de proteção mecânica da impermeabilização e base para aplicação de produto herbicida. A aplicação de produto herbicida com função de proteção anti-raízes se deu satisfatoriamente, e após estas etapas estarem concluídas foi possível montar a cobertura verde.

Figura 86 – aplicação de herbicida sobre laje impermeabilizada – imagem arquiteta lara

4. Execução da camada drenante:

Sobre a camada herbicida foi adicionada uma camada de manta de feltro, com a função de proteção mecânica. Sobre esta camada foi aplicada uma camada de argila expandida com função drenante. Sobre a argila expandida foi aplicada uma segunda camada de manta de feltro, desta vez com função de filtragem e retenção das partículas do substrato.

Figura 87 - Camada de proteção mecânica e camada drenante com argila expandida – imagem arquiteta lara

5. Aplicação de substrato:

Sobre a camada filtro foi aplicada a camada de substrato, composta de terra vegetal, e por fim foi feito o plantio da espécie vegetal selecionada. Após o segundo mês ocorreu um replantio das mudas, visto que o solapamento da terra vegetal estava impedindo o desenvolvimento da espécie. Nesta ocasião a terra vegetal foi misturada com húmus de minhoca.

Figura 88 - Camada filtro e primeira camada de substrato – imagem arquiteta lara

6. Plantio das espécies:

Para cobrir a área da laje, que possui aproximadamente 14m², foram utilizadas 224 mudas, com densidade de aproximadamente 25 mudas/m², espaçadas em uma malha de 23x22 cm.

A grama-amendoim (*Arachis repens*), também conhecida como amendoim-rasteiro ou amendoinzinho é uma espécie angiosperma da família Leguminosae-Papilionoide (LORENZI e SOUZA, 2001). Esta espécie foi selecionada por sua geometria favorável ao desempenho térmico, permitindo rápida drenagem e circulação de ar entre seus ramos, além de sua notável função ornamental. ”¹

¹ Todo o texto foi escrito pela pesquisadora e entregue em entrevista

Figura 89 - Grama amendoim – imagem arquiteta lara

7. Cobertura pronta:

Figura 91 - Grama amendoim após 3 meses e após adição de húmus – imagem arquiteta lara

Figura 90 - Grama amendoim após 10 meses do plantio – imagem arquiteta lara

Descrição das etapas da obra

- 1) Execução da platibanda, com 2 fiadas de tijolos
- 2) Aplicação de reboco em toda a extensão da obra, interna e externamente
- 3) Aplicação de argamassa fina na laje para definição da caída de água
- 4) Aplicação da manta impermeabilizante e teste de estanqueidade

- 5) Aplicação de argamassa fina para proteção mecânica da impermeabilização
- 6) Aplicação de camada herbicida na laje
- 7) Aplicação da camada de proteção mecânica com manta geotêxtil
- 8) Aplicação da camada de drenagem (10 cm – argila expandida)
- 9) Aplicação da camada filtro (manta geotêxtil)
- 10) Aplicação da camada de substrato (terra vegetal + húmus de minhoca)
- 11) Plantio das mudas de grama-amendoim

2.4. ESTUDO DE CASO 04 - Cobertura viva Engenheiro Felipe Augusto Pinheiro

Apresentação

Engenheiro Civil graduado em 2003 pela UMC – Universidade de Mogi das Cruzes. Bioconstrutor e permacultor desde 2003, época em que iniciou pesquisas e realizações de protótipos com o uso do bambu, terra crua e coberturas verdes. Co-criou a Ecosapiens em 2003, escritório de bio arquitetura e construções naturais, na época, em conjunto com os arquitetos urbanistas Carlos Guerra e Gustavo Tanaka. Permacultor formado por Jorge Timmerman e André Soares, designer para Sustentabilidade formado pela UMAPAZ e GEN – Global Ecovillage Network, reúne experiências com projetos de requalificação ecológica de habitações nas cidades e com desenvolvimento comunitário, a partir de princípios e tecnologias apropriadas e sociais

Localização

Leandro Dupret, 78, Vila Mariana, São Paulo/SP.

Data

planejamento e execução em março de 2010.

Autor do Projeto

Projeto e execução: Engº Felipe Augusto Pinheiro

Caracterização

Em decorrência da reforma para adequação do edifício residencial para se tornar um escritório compartilhado por três empresas comerciais, foi proposta a recuperação e proteção da laje exposta e com infiltração, com a criação de um jardim adequado para convívio dos habitantes. Implementado sobre uma laje de cobertura localizada nos fundos da edificação, sobre o nível terreno, criou-se uma abertura desde o corredor do pavimento superior para acesso das pessoas. A laje se apresentava impermeabilizada por manta asfáltica aluminizada, porém por estar exposta as intempéries, encontrava-se com rupturas e consequente pontos de infiltração, acarretando vazamentos no térreo.

Escopo

Instalação de porta para acesso sobre a laje de cobertura. Execução de manutenção e correção de pontos de infiltração pela manta asfáltica aluminizada. O projeto previu a implantação de um sistema de cobertura verde vegetada contemplando no projeto a realização de proteção anti-raízes sobre a manta asfáltica, sistema específico de drenagem, reserva de nutrientes, oxigênio e umidade, preparo de substrato com uso de composto vegetal e plantio de espécies variadas e funcionais, com plantas para chás, temperos para alimentos, plantas medicinais e flores para atração da micro vida local. Também foi considerada a presença das pessoas, com a criação de área de descanso e reuniões.

Processo construtivo

1. Impermeabilização:

Laje impermeabilizada com manta asfáltica aluminizada, localização da clarabóia e grade de segurança para o acesso à lavanderia.

Figura 93 – detalhe da laje impermeabilizada – imagem eng. Felipe

Figura 92 – detalhe da laje impermeabilizada e da clara bóia montada – imagem eng. Felipe

2. Aplicação de barreira anti raiz:

Instalação de sistema de proteção anti-raízes feito em TNT (tecido não tecido) com pintura em polietileno, sistema drenante e manta bidim para proteção, conhecido comercialmente como McDrain.

Figura 95 – intalação da barreira anti raiz – imagem eng. Felipe

Figura 94 – detalhe da instalação da barreira anti raiz – imagem eng. Felipe

3. Camada drenante:

Após instalação do McDrain, cobertura geral da laje com aproximadamente 7 centímetros de argila expandida para criação de reservas de mineral; água; e oxigênio.

Sobre a argila expandida, colocação de nova camada de bidim, para reter o solo acima do tecido e evitar a obstrução da argila expandida com solo e facilitar a percolação da água pelas camadas criadas.

Juntamente com a instalação do feltro (bidin), foram colocados sacos de substrato para facilitar a execução

Figura 97 – detalhe das argilas expandidas da camada drenante – imagem eng. Felipe

Figura 96 – detalhe dos sacos de substrato sobre o bidim instalado – imagem eng. Felipe

4. Colocação do substrato:

Após colocação do bidim, distribuição do solo que em sua maioria trata-se de solo argiloso e pobre em nutrientes para plantio da grama. Nas bordas, onde era previsto o plantio diversificado, optou-se pela mistura de solo argiloso e composto vegetal orgânico.

Figura 98 – detalhe da colocação do substrato e início do plantio de tapetes de grama

5. Plantio da vegetação

Nesta cobertura foram utilizadas diferentes espécies vegetais, sendo algumas produtivas e outras ornamentais.

Figura 100 – detalhe de plantio da espécie nas bordas da cobertura – imagem eng. Felipe

Figura 99 - detalhe de plantio da espécie nas bordas da cobertura – imagem eng. Felipe

Figura 102 – detalhe de um dos proprietários realizando manejo e irrigação da vegetação após 6 meses de plantio, destaque para a couve em condições de colheita – imagem eng. Felipe

Figura 101 – detalhe da vegetação – imagem eng. Felipe

Figura 104 – vista da cobertura após 30 meses de execução – imagem eng. Felipe

Figura 103 - vista da cobertura após 30 meses de execução – imagem eng. Felipe

- 1) impermeabilização
- 2) Aplicação de barreira anti raiz
- 3) Instalação da camada drenante
- 4) Colocação de substrato
- 5) Plantio da vegetação

2.5. ESTUDO DE CASO 05 – Cobertura Laboratório de Culturas Construtivas (LCC) - Canteiro Experimental FAU-USP

Localização

Canteiro Experimental da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, cidade universitária São Paulo, Brasil.

Data

Segundo semestre de 2012

Autor do Projeto

Pesquisadores do Laboratório de Culturas Construtivas (LCC)

Arquitetos: Prof. Dr. Reginaldo Luiz Nunes Ronconi, Prof.^a Dr.^a Érica Yukiko.

Yoshioka, arquiteto J. Carlos Guerra J., arquiteta Paula Regina da Cruz Noia,

arquiteto Fernando Cesar Negrini Minto, arquiteto Francisco Toledo Barros,

Tomas do Amaral Lotufo

Estagiários: Juliano Fernandes M. da Costa, Victor Campos de Oliveira, Letícia Bernardi Peruchi

Caracterização

A construção da abóboda catenária foi executada a partir dos exercícios propostos pelos professores Érica Yoshioka e Reginaldo Ronconi durante as edições da disciplina AUT-131 técnicas alternativas na construção.

Foi realizada pelos alunos com apoio do técnico do canteiro experimental Romerito Fonseca Ferraz

A abóboda será utilizada para estudos durante sua ocupação como sala de apoio, e uma das avaliações a ser realizada será sobre o desempenho da cobertura viva.

Escopo

Aplicação de cobertura viva em uma abóboda catenária, utilizando materiais disponíveis no mercado.

Processo construtivo

1. Cobertura pronta para receber a cobertura viva:

A cobertura executada pelos alunos da disciplina AUT-131 está pronta para receber o revestimento, faltando apenas alguns detalhes como: instalação de platibanda para contenção da camada vegetal, a retirada de uma escada temporária feita de vergalhão de aço, e o desmonte de outro exercício feito da abóboda.

Figura 106 – alunos desmontando um exercício anterior feito na abóboda

Figura 105 – detalhe da escada a ser retirada

Figura 107 – abóboda pronta para o recebimento da cobertura viva

2. Instalação das platibandas de contenção da camada vegetal:

A platibanda foi construída com blocos cerâmicos de 8 furos assentados com argamassa mista, (cimento, cal e areia)

Foi implantada recuada 15 cm da borda da abóboda.

Figura 109 – o técnico iniciando a instalação das platibandas

Figura 108 – detalhe dos primeiros tijolos assentados

Figura 111 – detalhe da platibanda

Figura 110 – vista da abóboda com parte da platibanda instalada

Figura 112 – técnico instalando a platibanda

Figura 113 – instalação da platibanda

Figura 114 – platibanda concluída

Figura 116 – platibanda concluída

Figura 115 – platibanda concluída

3. Aplicação de argamassa de cimento areia para nivelamento:

A argamassa é necessária para criar cantos arredondados para melhorar o desempenho da impermeabilização e para, nos pés da abóboda a de estabelecer uma inclinação mínima para a drenagem.

Figura 118 – detalhe da junção das duas argamassas

Figura 117 – detalhe dos cantos arredondados para facilitar a execução da próxima etapa

Figura 119 – vista da platibanda, do recuo e da argamassa

4. Chegada dos tapetes de grama esmeralda:

Os tapetes de grama vieram da cidade de Atibaia, e foi transportada por caminhão.

O descarregamento do caminhão teve ajuda dos trabalhadores da manutenção da FAU-USP, o Sr. Sérgio, o Sr. André, do técnico do canteiro experimental Sr. Romerito Fonseca Ferraz, e do autor.

Figura 121 – sistema de fila indiana para descarregar os tapetes de grama

Figura 120 – o descarregamento sendo feito

5. Instalação camada impermeabilizante:

A impermeabilização deste trabalho utilizou um geocomposto de feltro e geo-membrana de PVC de 1.5mm, produto da marca SANSUY.

A geomembrana não é colada, somente colocada e, com o seu próprio peso mais o atrito do feltro com a superfície da abóboda, torna-se uma manta praticamente fixa.

Figura 123 – detalhe da geomanta

Figura 122 – manta sendo aberta para realização do corte e da nova dobra

Figura 124 – manta aberta em frente a abóboda catenária

Figura 126 – manta cortada e dobrada pronta para ser aplicada

Figura 125 – início da aplicação da geomanta

Figura 128 – a geomanta sendo aplicada

Figura 127 – fase final da aplicação da geomanta

Figura 130 – vista da abóboda com a geomanta aplicada

Figura 129 – detalhe das dobras da geomanta aplicada

6. Instalação da camada drenante:

A aplicação da camada drenante utiliza o MAC-DRAIN 2L da marca MACAFFERRI

Esta camada tem como funções captar e direcionar as águas pluviais, contribuindo com a drenagem para diminuição do peso sobre a estrutura.

Figura 132 – detalhe do formato que a manta drenante é entregue

Figura 131 – início da aplicação da camada drenante

Figura 134 – manta primeira faixa aplicada

Figura 133 – aplicação da segunda faixa da camada drenante

Figura 136 – vista das duas faixas aplicadas

Figura 135 – aplicação das duas faixas finais

Figura 138 – detalhe da sobreposição das faixas

Figura 137 – vista da etapa concluída

7. Instalação da primeira camada de substrato armado:

Nesta etapa utiliza-se a própria estrutura dos tapetes de grama para criar estrutura suficiente para a aplicação na superfície inclinada.

Os tapetes são dispostos sobre a camada drenante de forma que a terra fique virada para baixo, para que exista um atrito entre as raízes dos tapetes e o feltro da camada drenante, diminuindo a possibilidade de escorregamento no momento da aplicação

Figura 140 – detalhe dos tapetes de grama a serem transportados

Figura 139 – início da aplicação

Figura 142 – colocação dos primeiros tapetes

Figura 141 – detalhe para a metodologia de aplicação

Figura 144 – execução da etapa

Figura 143 – etapa do primeiro substrato concluída

8. Instalação da rede estrutural:

A aplicação desta rede de nylon dá-se pela necessidade de estruturação de toda a camada vegetal. Para isso a rede foi disposta longitudinalmente sobre a primeira camada de tapetes de grama, englobando toda a curvatura da abóboda.

A rede funciona como estrutura de contrapeso, pois, depois da grama enraizada para acontecer um escorregamento, deverá acontecer um arrastamento da outra face da abóboda, criando assim um equilíbrio.

Figura 146 – detalhe da rede de nylon

Figura 145 – instalação da rede sobre a primeira camada de tapetes de grama

Figura 148 – colocação de tapetes de grama para fixação das bordas da rede

Figura 147 – aplicação dos tapetes em todo o pé da rede

Figura 149 – detalhe da sobreposição das camadas

Figura 150 – colocação dos tapetes de grama como peso inicial para segurar a rede

Figura 152 – abertura dos tapetes como estruturação final da rede

Figura 151 – vista da instalação da rede estrutural

9. Instalação da segunda camada de substrato armado:

Nesta etapa, como na primeira, utiliza-se a própria estrutura dos tapetes de grama para criar uma estrutura suficiente para a aplicação na superfície inclinada.

Os tapetes são dispostos em posição contrária a primeira camada de substrato armado, criando um sanduíche de substratos armados e a rede de nylon

Figura 154 – início da instalação da segunda camada de substrato armado

Figura 153 – instalação na parte inclinada, utilização da escada como suporte

Figura 156 – vista geral da instalação

Figura 155 – detalhe da sobreposição das camadas

Figura 158 – detalhe da instalação

Figura 157 – pesquisador contribuindo para a execução da cobertura

Figura 160 – finalização da etapa

Figura 159 – etapa concluída

Figura 161 – pesquisador e técnico ao lado da etapa concluída

11. Cobertura com a etapa de revestimento vivo concluída:

Aqui aparece a cobertura parcialmente concluída, faltando apenas os acabamentos finais, irrigação e drenagem final.

Figura 163 – vista da etapa concluída

Figura 162 – vista da etapa concluída

Figura 165 – vista da etapa concluída

Figura 164 – vista da etapa concluída

Figura 166 – vista da etapa concluída

Imagens do revestimento vivo após 15 dias de sua execução:

Figura 168 – vista da cobertura após 15 dias da execução

Figura 167 - vista da cobertura após 15 dias da execução

Figura 169 - vista da cobertura após 15 dias da execução

Imagens do revestimento vivo após 20 dias de sua execução, e limpeza de vegetação invasora:

Figura 171 – vista da cobertura após 20 dias

Figura 170 – vista da cobertura após 20 dias

Figura 173 – vista da cobertura após 20 dias

Figura 172 – vista da cobertura após 20 dias

É importante observar a diferença de desenvolvimento da vegetação de acordo com a diferenciação de insolação, nas figuras acima podemos observar essa diferença.

Onde a inserção do sol é constante, a vegetação está demorando mais para crescer e fechar o maciço vegetal, na parte da cobertura onde é sobra na maior parte do dia, a vegetação cresceu e já está formando o maciço.

Imagens do revestimento vivo após 45 dias de sua execução

Figura 175 – vista da cobertura após 45 dias

Figura 174 – vista da cobertura após 45 dias

12. Fixação das bordas da geomembrana:

Dentro do cronograma definido pela equipe do laboratório, a execução desta etapa acontecerá após o termino desta pesquisa.

13. Instalação do sistema automático de irrigação:

Dentro do cronograma definido pela equipe do laboratório, a execução desta etapa acontecerá após o termino desta pesquisa.

14. Instalação dos rufos de proteção da camada impermeabilizante:

Dentro do cronograma definido pela equipe do laboratório, a execução desta etapa acontecerá após o termino desta pesquisa.

15. Fabricação das canaletas de drenagem:

Nesta etapa foram produzidas as canaletas de drenagem em argamassa armada, dentro do próprio canteiro experimental.

Foram desenvolvidas fôrmas de madeira desmontáveis para a produção em série.

Figura 177 – colocação da forma sobre a mesa vibratória

Figura 176 – argamassagem da canaleta

Figura 179 – início do desmonte da forma

Figura 178 – retirada das peças

Figura 181 – retirada das últimas peças

Figura 180 – canaleta desformada

Figura 183 – detalhe do encaixe da canaleta

Figura 182 – estocagem das canaletas prontas

16. Instalação das canaletas de drenagem:

Dentro do cronograma definido pela equipe do laboratório, a execução desta etapa acontecerá após o término desta pesquisa.

17. Aplicação de substrato de alimentação da grama:

Dentro do cronograma definido pela equipe do laboratório, a execução desta etapa acontecerá após o término desta pesquisa.

18. Recobrimento das canaletas de drenagem com camada vegetal:

Dentro do cronograma definido pela equipe do laboratório, a execução desta etapa acontecerá após o término desta pesquisa.

Descrição das etapas da obra

- 1) Cobertura pronta para receber a cobertura viva
- 2) Instalação das platibandas de contenção da camada vegetal
- 3) Aplicação de argamassa de cimento e areia para nivelamento
- 4) Chegada dos tapetes de grama esmeralda
- 5) Instalação da camada impermeabilizante
- 6) Instalação da camada drenante
- 7) Instalação da primeira camada de substrato armado
- 8) Instalação da rede estrutural
- 9) Instalação da segunda camada de substrato armado
- 10) Fixação das bordas da geomembrana
- 11) Instalação do sistema automático de irrigação
- 12) Instalação dos rufos de proteção da camada impermeabilizante
- 13) Fabricação das canaletas de drenagem
- 14) Instalação das canaletas de drenagem

- 15) Aplicação de substrato de alimentação da grama
- 16) Recobrimento das canaletas de drenagem com camada vegetal

2.6. ESTUDO DE CASO 06 - Residência Ricardo e Juliana

Localização

Bairro Planalto, município de Arujá, São Paulo, Brasil

Data

Segundo semestre de 2010

Autor do Projeto

Arquitetos: Carla Angelini Lazur, J. Carlos Guerra J.

Caracterização

Projeto desenvolvido pela arquiteta Carla Angelini Lazur dentro do instituto de pesquisas em arquitetura e urbanismo - INTACTU, para uma residência unifamiliar.

“A proposta para a implantação desta cobertura veio anexada a outros elementos construtivos de baixo impacto, como: ventilação cruzada, otimização da iluminação natural, alvenaria estrutural, canteiro de obras otimizado, etc. Este esforço foi na tentativa de diminuir a necessidade de utilização de energia elétrica, tanto para a execução da obra, como para condicionamento térmico, iluminação. Agregando sempre as necessidades técnicas para uma harmonia entre o funcional, o estético, e o ambientalmente responsável”¹.

Escopo

Aplicação de cobertura viva em laje impermeabilizada com manta asfáltica.

O desenvolvimento desta cobertura deu-se desde os primeiros pensamentos de projeto, criando assim uma estrutura necessária para

¹ Palavras da arquiteta responsável em entrevista

sustentar a sobrecarga e facilitou a instalação e compreensão dos trabalhadores envolvidos.

Processo construtivo

1. Aplicação de impermeabilização:

Impermeabilização executada através de manta asfáltica de 5 mm da marca DENVER.

Nesta etapa os trabalhadores são especialistas formados para executar o trabalho e foram contratados pelo proprietário da residência.

Figura 185 – aplicação do primer asfáltico

Figura 184 – aplicação do primer asfáltico em toda a platibanda

Figura 187 – necessidade de mão de obra especializada para a instalação da impermeabilização

Figura 186 – utilização de manta asfáltica da marca DENVER

2. Instalação da drenagem:

Foram utilizados tubos de drenagem corrugado de PVC da marca tigre de 10 mm revestidos com manta de poliéster (bidim)

Na substituição da argila expandida como elemento da camada drenante foram utilizados cubos de isopor refugo de empresas de corte de isopor junto com uma manta de poliéster (bidim). Sobre toda a camada drenante foi colocada também uma camada de areia para fazer peso sobre o bidim e facilitar a colocação das demais camadas.

Figura 189 – os cubos de isopor são fornecidos em sacos plásticos de 5 kg.

Figura 188 – colocação dos tubos de drenagem revestidos com bidim na boca do tubo de queda

Figura 191 – colocação do tubo de drenagem revestido ao longo de toda a platibanda mais baixa

Figura 190 – detalhe dos cubos de isopor sobre a impermeabilização com o bidim cobrindo

3. Aplicação do substrato:

Foi utilizada terra vegetal comprada na região, misturada em 50% de serragem, resíduo de serralherias locais.

Antes do início da montagem da cobertura, a equipe erroneamente aplicou uma camada de 5 cm de areia por toda a superfície da laje, obrigando a mudança da metodologia de instalação.

A nova metodologia consistia em retirar um trecho da areia, colocar os cubos de isopor, cobrir os cubos com o bidim, colocar a areia retirada sobre o bidim, aplicar a camada de substrato.

Figura 192 – as camadas: cubos, bidim, areia, substrato

4. Plantio da vegetação:

Foram utilizadas placas de grama da espécie São Carlos com as dimensões de quarenta centímetros por noventa centímetros. Essas placas são entregues com a espessura média de quatro centímetros.

Figura 194 – grama São Carlos aplicada em placas de 0.40 x 0.90m

Figura 193 – todas as camadas: cubos, bidim, areia, substrato, tapete de grama

Figura 195 – visualização das camadas

5. Montagem em equipe

A equipe que executou a cobertura foi composta por amigos do proprietário interessados em conhecer a técnica. Antes do início da aplicação foi feito um mini “curso” sobre a técnica para toda a equipe de execução para o entendimento da metodologia e organização da estratégia de execução.

Figura 197 – aplicação das camadas

Figura 196 – detalhe da camada de cubos já com a areia colocada sobre o bidim

Figura 199 - plantio dos tapetes de grama

Figura 198 – ponto de irrigação sendo utilizado durante a execução da cobertura

Figura 200 – correção do nivelamento da camada de isopor

Figura 202 – detalhe da aplicação

Figura 201 – equipe de execução da cobertura reunida após o trabalho concluído

6. Cobertura pronta:

Figura 203 – cobertura com a grama em um processo de crescimento evoluído

Figura 204 – vista da cobertura de sobre a caixa d'água

Descrição das etapas da obra

- 1) Aplicação do primer alfáltico
- 2) Aplicação da manta asfáltica
- 3) Aplicação de camada de 5 cm de areia sobre a superfície da laje
- 4) Montagem dos canos de drenagem com tubos perfurados e manta bidim
- 5) Retirada de areia de trecho da laje
- 6) Colocação dos cubos de isopor
- 7) Colocação do bidim sobre os cubos de isopor
- 8) Colocação da areia retirada anteriormente sobre o bidim
- 9) Colocação do substrato com 10 cm de espessura composto de 50% de terra vegetal e 50% de serragem resíduo de serralherias locais
- 10) Plantio dos tapetes de grama da espécie São Carlos
- 11) Montagem da irrigação

3. III – Ensaios e simulações em modelos reduzidos

3.1. Introdução

Para melhor monitoramento dos diversos aspectos inerentes as coberturas vivas optou-se por trabalhar com modelos reduzidos.

Estes ensaios foram montados em dois locais diferentes. Os ensaios de vegetação e o de rápida perfuração foram montados na casa do pesquisador, assim, os ensaios poderiam ser monitorados diariamente e observado os seus ciclos, suas necessidades, e principalmente suas transformações diárias. Os demais ensaios foram montados dentro do canteiro experimental da FAU-USP, pois seus resultados não necessitavam de acompanhamento diário.

3.2. Objetivos gerais

O objetivo deste item é verificar algumas questões executivas e técnicas da cobertura viva, desenvolvendo estudos dentro de ensaios físicos em modelos reduzidos com acompanhamento e monitoramento.

Estes ensaios servirão para ajudar a entender melhor o universo imediato que envolve a execução da cobertura viva.

Como a cobertura se trata de um elemento vivo e em constante transformação, o intuito é reproduzir algumas situações em escala reduzida para melhor compreensão, como por exemplo: plantio, crescimento e vida de algumas espécies de vegetação.

3.3. Ensaios de vegetação:

Objetivos:

O objetivo principal deste ensaio não é mostrar qual a melhor ou qual a pior espécie para coberturas vivas, mas sim mostrar um caminho que pode ser seguido dentro do entendimento da tecnologia.

Como estes ensaios são simples e utilizam materiais básicos e de fácil aquisição, entende-se que seja possível a montagem de um modelo reduzido como este dentro de cada obra que será implantada a cobertura viva, isso para que se obtenham informações sobre a espécie escolhida e sua relação com o clima, as relações de insolação impostas pela posição do terreno e demais elementos que se fizerem necessários no aprimoramento da aplicação da tecnologia dentro de suas características impostas pelo local de implantação.

3.3.1. Modelo reduzido “A”

Descrição

Utilizou-se como modelo a construção de um canil, porque, além de servir como estudo, não será perdido como material.

Modelo físico construindo com materiais disponíveis no mercado.

Ensaio montado dia 10 de setembro de 2011.

Materiais utilizados: cimento portland, brita, areia, tijolos de solo-cimento, caibros de madeira de demolição, telhas de fibrocimento, terra vegetal rufo de aço galvanizado, espécies vegetais.

Objetivos específicos

O objetivo específico deste estudo é observar o comportamento de três espécies vegetais diferentes nas primeiras semanas depois de sua aplicação, pois estas semanas são vitais para consolidação da cobertura.

Com o intuito de identificar o que acontece com a cobertura se a mesma for executada e não for feita a irrigação correta, este ensaio simula a aplicação de uma cobertura simples de substrato e vegetação sobre telha de fibrocimento e com ausência de irrigação.

Processo construtivo do modelo

1. Colocação das telhas:

Foram utilizadas telhas de fibrocimento sobre caibros de madeira. A escolha de trabalhar com esse tipo de cobertura foi na possibilidade de se pensar uma cobertura leve mesmo que não seja este o objetivo do ensaio.

As telhas foram instaladas como as recomendações do fabricante.

Figura 205 – telha sendo colocada

Figura 206 – a estrutura de caibros

Figura 207 – telhas colocadas e encaixadas

2. Colocação do substrato:

Neste ensaio foi utilizado um substrato produzido industrialmente, onde o fabricante especifica que o material já vem pronto para a utilização.

Foi feita uma camada de substrato de 4 cm de espessura, acima da ondulação mais alta da telha

Figura 209 – observações do produto

Figura 208 – saco do substrato

Figura 211 - colocação do substrato

Figura 210 – colocação do substrato concluída

3. Sistema de drenagem e contenção do substrato:

Foram colocadas no final do substrato e dentro da canaleta da telha brita com tecido bidin, este elemento tem funções específicas como: contenção da terra e facilitação da passagem da água para drenagem pluvial.

Figura 213 – detalhe da brita e manta bidin como contenção do substrato

Figura 212 – colocação em todas as canaletas das telhas

Figura 214 – cobertura pronta para receber a vegetação

4. Plantio da vegetação:

Foram utilizadas três espécies vegetais diferentes com o objetivo de se observar os comportamentos de cada uma delas, e as espécies escolhidas foram: rabo de gato (*Acalypha reptans*), dinheiro em penca (*Callisia repens*), e sedum - succulenta.

a) Rabo de gato (*Acalypha reptans*)

Figura 216 – vegetação ocupando apenas um terço do espaço do ensaio

Figura 215 – detalhe da vegetação plantada

b) Dinheiro em penca (*Callisia repens*)

Figura 219 – detalhe das mudas que serão utilizadas

Figura 218 – execução do plantio das mudas

c) ***Sedum makinoi variegatum***

Figura 221 – detalhe do posicionamento das mudas

Figura 220 – espécie ocupando um terço do espaço do ensaio

Figura 222 – detalhe das mudas

Resultados:

I. Após 2 semanas da execução

O objetivo deste primeiro resultado é identificar uma espécie de vegetação que sobreviva facilmente nas primeiras semanas de instalação da cobertura, e que não gere problemas nas primeiras semanas de implantação.

Espera-se com este ensaio diminuir problemas entre cliente e construtor no que se diz respeito a implantação da cobertura, pelo fato de o proprietário da cobertura, na maioria dos casos, não dar a atenção necessária para a

cobertura nas primeiras semanas. Desta forma, objetiva-se identificar a espécie que tenha uma melhor adaptação a cobertura sem muita atenção de irrigação.

a) Espécie rabo de gato

Como resultado preliminar deste ensaio, observou-se que mesmo com irrigação correta e solo fértil a espécie rabo de gato mostrou-se dificultosa no que se diz respeito a implantação em coberturas vivas com pouca espessura da camada de substrato. Observa-se que a atenção nas primeiras semanas de plantio deve ser intensa, caso contrário, a espécie não consegue sobreviver. No término destas duas primeiras semanas as mudas se mostravam mortas e sem demonstrativos de renascimento.

Figura 224 – detalhe das mudas praticamente mortas, tendo apenas suas raízes vivas

Figura 223 – detalhe da vegetação seca

b) Espécie dinheiro em penca (*Callisia repens*)

Depois de duas semanas de seu plantio a partir de mudas retiradas do outro ensaio, esta espécie já se mostra adaptada e enraizada em seu novo solo, apresentando um início de reprodução.

Acredita-se que esta espécie dentro das duas primeiras semanas está dentro das expectativas esperadas de não morte na fase crítica da cobertura.

Figura 226 – mudas demonstrando sinais de sobrevivência

Figura 225 – detalhe da muda elevada, em sinal de enraizamento e vida

c) A espécie *Sedum makinoi variegatum*

Após 2 semanas de instalação essa espécie se mostrou forte e de fácil instalação, criando resistência e mantendo o estado de plantio. Logo após essas duas semanas já apresenta a novos galhos e folhas, iniciando assim a sua multiplicação e crescimento horizontal.

Dentro deste breve ensaio observou-se que esta espécie vegetal pode ser bem utilizada em coberturas verdes, principalmente na questão instalação e sobrevivência da espécie nas suas primeiras semanas de vida na cobertura.

Figura 228 – mudas em crescimento

Figura 227 – detalhe da muda

II. Após 2 meses de execução

Após dois meses de ensaio sem nenhum fornecimento de água, a vegetação em sua maioria não resistiu e morreu.

No caso da vegetação rabo de gato morreu por completa com ressecamento até de suas raízes.

As outras duas espécies sobreviveram, mas apresentaram grandes danos em sua estrutura.

a) Espécie rabo de gato

Observa-se que a espécie não resistiu à seca e morreu, onde até suas raízes foram comprometidas com a situação imposta.

Isso demonstra o quanto esta espécie é frágil sendo grande a necessidade de manutenção e atenção, mostrando sua possível ineficiência dentro da implantação de coberturas vivas.

Figura 230 – morte da espécie rabo de gato

Figura 229 – detalhe das mudas mortas

b) Espécie dinheiro em penca (*Callisia repens*)

Observa-se que a espécie não evoluiu desde seu plantio, mas mostra que consegue sobreviver em períodos críticos de seca, por que, além de ela se manter viva, ainda conseguiu se reproduzir, demonstrando assim sua grande potencialidade para utilização em coberturas vivas.

Figura 232 – detalhe das mudas fixadas

Figura 231 – detalhe da vegetação enraizada e em crescimento

Figura 233 – plantas em processo de multiplicação

c) A espécie *Sedum makinoi variegatum*

Observa-se que a espécie não sofreu muito com a escassez de água, por que além de se manter viva, ainda conseguiu se reproduzir bastante neste período, demonstrando a sua potencialidade para utilização em coberturas.

Figura 235 – poucas mudanças na mudas plantadas

Figura 234 – detalhe da espécie

Conclusões do ensaio:

Como o objetivo deste ensaio foi observar o ciclo inicial da vegetação dentro do ensaio, a partir da instalação de revestimento vegetal vivo, mas sem a atenção inicial de rega, acredita-se que o objetivo foi atingido, pois o estudo observou e apresentou o ciclo inicial comprometido, que em consequência disso a cobertura não seria eficiente.

Neste ensaio foi possível concluir que as vegetações necessitam de manutenção de irrigação correta para que a cobertura tenha êxito nas primeiras semanas de vida, mostrando ao projetista a necessidade de prever a não manutenção do usuário da edificação.

Observou-se que também a espécie *Sedum makinoi variegatum* é bem resistente para o início de implantação de uma cobertura, sugerindo que é possível a junção de vegetação e irrigação para uma cobertura eficiente.

3.3.2. Modelo reduzido “B”

Descrição

Utilizou-se como modelo a construção de um abrigo de gás, porque, além de servir como estudo, não será perdido como material.

Modelo físico construindo com materiais disponíveis no mercado.

Ensaio montado dia 7 de julho de 2011.

Materiais utilizados: cimento portland, brita, feltro bidin, areia, tijolos de solo-cimento, telhas de fibrocimento, terra vegetal, tapetes de grama morta da espécie esmeralda, espécies vegetais.

Objetivos específicos

O objetivo específico deste estudo é observar o comportamento de três espécies vegetais diferentes dentro de um ciclo completo de um ano.

A proposta é utilizar irrigação controlada apenas no primeiro mês de instalação do ensaio, e os demais períodos serão por conta das chuvas e da umidade noturna da cidade. Espera-se descobrir qual das espécies consegue atravessar o período de um ano sem irrigação controlada.

Processo construtivo

1. Montagem do ensaio:

Preenchimento das canaletas da telha com terra vegetal, logo em seguida colocação de tapetes de grama morta sobre telhas de fibrocimento com o objetivo de servir de substrato para as espécies que serão plantadas. A altura final deste substrato ficou de 5 cm.

Figura 237 – ensaio montado com as telhas, camada de substrato e início de plantio

Figura 236 – detalhe do substrato com a primeira muda da espécie sedum - succulenta

2. Plantio das espécies:

Neste ensaio foram misturadas diferentes espécies: dinheiro em penca através de mudas, *Sedum makinoi variegatum* através de uma única muda e tomate silvestre através de sementes retiradas de frutos silvestres.

Figura 239 – detalhe da muda de sedum - succulenta plantada

Figura 238 – detalhe da espécie

Figura 240 – plantio do dinheiro em penca (*Callisia repens*)

Figura 241 – detalhe do substrato com as duas espécies

Figura 243 – detalhe do substrato e da espécie dinheiro em penca (*Callisia repens*)

Figura 242 – foram jogadas sementes de tomate silvestre

Resultados

I. Após 2 meses da execução

Após dois meses de ensaio, fazendo 2 regas diárias, uma pela manhã e outra à noite, as espécies cresceram com grande velocidade e dominaram seus espaços dentro da área.

É interessante observar que, em um curto espaço de tempo, o tomate silvestre cresceu e gerou frutos, mostrando o potencial para uma cobertura viva produtiva.

A espécie dinheiro em penca inicialmente se mostrou de grande eficiência e rápido crescimento. É interessante observar que onde o dinheiro em penca forma um maciço vegetal e outras espécies invasoras não conseguem crescer, mostrando assim que essa espécie pode ser vista como uma forma de diminuição de manutenção da cobertura.

Já a espécie *Sedum makinoi variegatum* mostrou pouco crescimento, porém apresentou um processo de estruturação voltado para o crescimento, e já mostra sinais de novos brotos.

Figura 245 – vegetação formada e já com frutos

Figura 244 – grande crescimento do tomate e pouca mudança na sedum - succulenta

Figura 246 – detalhe do maciço vegetal

Figura 247 – detalhe do fruto já maduro

Figura 249 – detalhe dos frutos colhidos

Figura 248 – detalhes da espécie dinheiro em pence (*Callisia repens*)

Figura 251 – crescimento da espécie dinheiro em penca (*Callisia repens*)

Figura 250 – detalhe do encontro das duas espécies

Segunda etapa do ensaio

Após dois meses de crescimento das espécies, iniciou-se a segunda etapa do ensaio, que consistiu no corte total da irrigação controlada de água.

O objetivo deste corte de abastecimento foi de observar a reação das espécies em época de estiagem, e como seria passar um período sem irrigação controlada

I. Após um mês do corte de irrigação controlada

Após este um mês sem abastecimento de água, os resultados foram bem interessantes: o tomate silvestre morreu por completo, secando inclusive suas raízes; a espécie *Sedum makinoi variegatum* mostrou-se resistente a seca e apresentou crescimento considerável de suas ramificações e folhas; agora, o dinheiro em penca se mostrou muito resistente por que, além de se manter vivo, ainda mostrou um grande crescimento de seu maciço vegetal e um crescimento horizontal bem grande caminhando em direção ao espaço antes ocupado pelo tomate silvestre.

Figura 252 – morte do tomate silvestre

Figura 253 – o dinheiro em penca (*Callisia repens*) continua o crescimento

Figura 254 – detalhe do crescimento da sedum - succulenta

Figura 255 – a sedum - succulenta também apresentou crescimento

Detalhes das raízes do tomate silvestre:

Figura 257 – pé de tomate com as raízes expostas

Figura 256 – detalhe da raiz formada pela telha

II. Após 2 meses do corte de irrigação controlada

Com a chegada das chuvas, as espécies receberam o abastecimento correto para seu crescimento.

Observa-se nitidamente o crescimento e domínio da espécie dinheiro em penca, onde, além de espalhar centripetamente seu maciço vegetal, ainda conseguiu criar focos isolados de crescimento da vegetação.

A espécie *Sedum makinoi variegatum* cresceu bastante e começou a demarcar a sua área de domínio abrindo ramificações e novas folhas.

Figura 259 – formação do maciço vegetal

Figura 258 – pontos isolados de multiplicação da espécie

Figura 261 – o crescimento da espécie sedum - suculenta

Figura 260 – a espécie espalhando através de focos isolados de crescimento

III. Após 5 meses do corte de irrigação controlada

Com este período de chuvas as espécies receberam abastecimento suficiente para continuar o crescimento, mas é muito interessante observar o grande crescimento do dinheiro em penca e seu total domínio sobre a cobertura, e com esse crescimento o dinheiro em penca não possibilitou a instalação de plantas invasoras.

Figura 263 – detalhe do crescimento da espécie

Figura 262 – invasão da espécie dinheiro em penca (*Callisia repens*)

Figura 265 – detalhe do crescimento

Figura 264 – detalhe do crescimento da sedum - suculenta

Figura 267 – detalhe de que ervas daninhas só crescem onde não tem vegetação

Figura 266 – detalhe do breve encontro das espécies

IV. Após 8 meses do corte de irrigação controlada

As espécies continuam seu crescimento e, neste ponto da formação total da cobertura, as duas espécies estão quase se encontrando.

Figura 269 – crescimento das duas espécies

Figura 268 – detalhe do encontro das espécies

Figura 270 – vista de todo o ensaio todo

V. Após 10 meses do corte de irrigação controlada

Após todo este período de ensaio a espécie dinheiro em penca dominou completamente o espaço da cobertura deixando apenas o espaço da *Sedum makinoi* variegatum.

A espécie cresceu e transbordou a beira da cobertura criando uma cortina verde. O maciço vegetal neste ponto chega a atingir a altura de 35 cm em relação ao substrato.

Figura 272 – crescimento e domínio da espécie dinheiro em penca

Figura 271 – detalhe do maciço vegetal

Figura 273 – detalhe do crescimento da sedum - suculenta

VI. Após 14 meses do corte de irrigação controlada e os resultados dos ensaios

Após todo este período de ensaio o domínio da espécie dinheiro em penca foi completo sobre a cobertura, deixando apenas o espaço da Sedum makinoi variegatum.

Podemos dizer que o ensaio foi concluído com êxito, pois foi possível observar o desempenho de cada vegetação.

Com o fim do ensaio, é possível dizer que a espécie dinheiro em penca mostrou-se muito eficiente no que se diz respeito a coberturas vivas, isso por conta de sua potência de crescimento e poder expansão.

A espécie *Sedum makinoi variegatum* também se mostrou eficiente, mas com um pouco menos de potência de crescimento e menor poder de expansão.

Neste ensaio foi possível ver também a necessidade de irrigação controlada para uma boa formação das coberturas vivas.

Figura 275 – crescimento e domínio da espécie dinheiro em penca

Figura 274 – encontro das duas espécies

Figura 276 – detalhe do encontro das duas espécies

Conclusões do ensaio:

Concluimos neste ensaio que:

- ✓ Que é possível cultivar o tomate silvestre em cobertura;
- ✓ A espécie *Sedum makinoi variegatum* se mostrou muito forte e bastante eficiente para a cobertura viva;
- ✓ A manutenção de irrigação das coberturas serão sempre necessárias, mas que é possível fazer um manejo de espécie para diminuir essa necessidade
- ✓ A espécie dinheiro em penca depois de seu maciço formado, não permite a entrada de espécies invasoras, diminuindo assim a necessidade de manutenção;
- ✓ A espécie dinheiro em penca forma uma espécie de cortina, mostrando a possibilidade de conexão entre os vedos horizontais e os verticais
- ✓ A espécie dinheiro em penca tem rápido crescimento, grande resistência a seca, bom fechamento do maciço vegetal, com isso e mais outros elementos a espécie se mostrou muito eficiente para implantação nessas coberturas, desde que não pisoteáveis

3.4. Perfuração da camada impermeabilizante

Objetivos

O objetivo destes experimentos foi o de observar, em diferentes situações e sistemas, a necessidade da impermeabilização contemplar uma proteção mecânica eficiente contra o enraizamento da vegetação.

Observar e entender o tempo crescimento e o funcionamento das raízes, e para isso os ensaios serão executados com sistemas e métodos diferentes.

Mas, o mais importante dos objetivos, é chamar a atenção para a necessidade de preocupação com a eficiência da impermeabilização e sua resistência a tração mecânica, pois a possível falha pode causar o comprometimento de toda a cobertura, e mostrar também a possibilidade e necessidade de se pensar em outras formas alternativas de impermeabilização e proteção mecânica.

3.4.1. Manta asfáltica e rápida perfuração

Descrição

Manta asfáltica da marca DENVER de 4 mm

Ensaio montado dia 18 de outubro de 2011.

Utiliza um recipiente de plástico transparente para monitoramento.

A vegetação escolhida para o ensaio foi a espécie grama amendoim e a escolha se deu por conta de sua raiz profunda e rápido crescimento.

Objetivos específicos

O objetivo específico deste ensaio é descobrir e demonstrar a eficiência de perfuração da manta asfáltica pela raiz da planta.

Para atingir este objetivo não foi instalado nenhum tipo de proteção mecânica sobre a manta asfáltica, observando que todo o ensaio foi montado contribuindo para a perfuração.

Processo construtivo

1. Montagem do recipiente:

Dentro de um recipiente plástico foram colocadas algumas argilas expandidas para separar a manta asfáltica do fundo do pote de plástico. Foi colocada uma manta asfáltica forrando todo o recipiente.

Figura 278 – recipiente plástico com argila expandida

Figura 277 – colocação da manta asfáltica

Figura 279 – detalhe do recipiente pronto para receber o substrato e a vegetação

2. Colocação de substrato:

Dentro do recipiente pronto, colocou-se uma camada de substrato vegetal da marca biomix para folhagens. A camada ficou com a espessura aproximada de 4 cm.

O objetivo de se deixar uma camada baixa de substrato foi o de diminuir o caminho a ser percorrido pela raiz até chegar à manta.

Figura 281 – colocação de substrato

Figura 280 – aplicação do substrato

Figura 282 – caixa pronta para receber a vegetação

3. Plantio da vegetação:

Foram utilizadas cinco mudas de grama amendoim já enraizadas e prontas para plantio.

Figura 283 – plantio das mudas de grama amendoim

Figura 284 – a grama amendoim é comercializada através de mudas em sacos plásticos

Figura 285 – término da montagem do ensaio

Detalhes das raízes da grama amendoim (Arachis pintoii)

Figura 287 – retirado da muda do saquinho plástico

Figura 286 – detalhe da estrutura das raízes

4. Colocação em base inclinada para drenagem:

O ensaio foi colocado em uma base inclinada para dar a queda necessária para escoamento das águas das regas.

Figura 289 – colocação do ensaio sobre a base

Figura 288 – ensaio colocado na base inclinada

Resultados

Após um mês de ensaio a manta asfáltica apresentou perfurações causadas pelo crescimento das raízes da vegetação.

Pelo fato deste ensaio ter como foco situações e patologias de curto prazo, não foi necessário aguardar a raiz encorpar, pois a perfuração foi concluída.

Entendeu-se neste ensaio a necessidade vital de se ter uma camada de proteção mecânica contra o crescimento das raízes quando a impermeabilização é feita com mantas asfálticas.

O objetivo foi concluído, pois demonstra a fragilidade da manta asfáltica para coberturas vivas.

Figura 291 – detalhe da raiz perfurando a manta asfáltica

Figura 290 – detalhe da estrutura da raiz

Figura 293 – detalhe para os dois pontos de perfuração

Figura 292 – demonstração dos focos de perfuração

Conclusões do ensaio:

Acredita-se que o objetivo com o ensaio foi atingido, pois foi possível demonstrar a fragilidade da impermeabilização a base de asfalto, mas o mais importante foi mostrar a necessidade de uma camada anti-raiz quando for utilizada esta impermeabilização.

3.4.2. Comparação entre 3 sistemas

Descrição

Este modelo reduzido foi produzido em conjunto entre o Canteiro Experimental da FAU-USP e o LAME da FAU-USP. O modelo foi construído em madeira pregada e telas metálicas soldadas.

Modelo produzido para comparação entre três sistemas de impermeabilização:

Sistema 01: utiliza a geomanta de PVC da marca SANSUY de 1,5mm de espessura, sem nenhum tipo de reforço para a proteção mecânica, apenas com a camada drenante de argila expandida e feltro tipo (bidin)

Sistema 02: utiliza manta asfáltica marca DENVER com manta drenante MACDRAIN 2L da marca Macafferri

Sistema 03: manta asfáltica marca DENVER sem nenhum tipo de proteção mecânica, apenas com a camada drenante de argila expandida e feltro tipo (bidin)

Neste ensaio o substrato utilizado foi da compostagem do canteiro experimental e complementado com substrato biomix para gramados. O substrato teve uma altura total dentro do experimento de 15 cm.

Objetivos específicos

O objetivo é observar e comparar a resistência a perfuração por raízes de cada sistema.

Reforçando que este ensaio não é para definir qual o melhor sistema de impermeabilização e nem o mais eficiente, e sim, demonstrar que existem diferentes maneiras de se executar esta etapa da cobertura, e que é possível criar e pensar em soluções diferentes para cada situação, e a utilização da manta asfáltica sem proteção mecânica é para mostrar que podem existir sistemas falhos e apontar seus problemas.

Processo construtivo

1. Montagem da estrutura do ensaio:

Estrutura feita em madeira cedrinho, pregada com pregos de aço, tratada com óleo de linhaça.

A estrutura forma três caixas de 1m² com altura de 20 cm. O fundo de cada caixa é vazado, pois receberá uma tela metálica para conter a impermeabilização e possibilitar o monitoramento visual da impermeabilização.

Figura 295 – montagem da estrutura dentro do LAME da FAU-USP

Figura 294 – detalhe da estrutura de sustentação da camada vegetal de impermeabilização

Figura 296 – vista geral da estrutura

2. Colocação de tela metálica soldada:

Esta tela serve para dar suporte a impermeabilização e possibilitar o monitoramento visual da impermeabilização.

O modelo reduzido está pronto para receber as técnicas de impermeabilização.

Figura 298 – utilização de tela soldada contínua

Figura 297 – detalhe da instalação da tela

Figura 300 – técnico demonstrando o desmonte da estrutura

Figura 299 – estrutura do ensaio dentro do canteiro experimental da FAU-USP pronta para receber a impermeabilização

3.4.2.1. Sistema 01: manta de PVC marca SANSUY sem nenhum tipo de proteção mecânica

3. Instalação da manta de impermeabilização:

A impermeabilização deste experimento utilizou o geocomposto da empresa SANSUY, composto de uma geomanta de PVC e de um feltro 100% poliéster.

Figura 301 – entendimento da execução da dobra da manta nos cantos

Figura 302 – detalhe da dobra da lona

Figura 304 – lona pronta para ser instalada

Figura 303 – detalhe da dobra da lona pronta para fixação

4. Instalação da drenagem:

Para executar a drenagem foi utilizada uma flange de caixa d'água como vedação e conexão com os tubos de drenagem.

Foi feito um furo na geomanta instalada a flange tirando proveito de seu sistema de vedação que consiste em compressão de um anel de borracha. Esse sistema de vedação se encaixa perfeitamente na impermeabilização feita com geomanta de PVC ou PEAD.

Figura 306 – canto da lona solto e dobrado para a instalação da flange de drenagem

Figura 305 – detalhe da manta perfurada com a passagem da flange

Figura 308 – parte da flange que vai receber a segunda fase de drenagem

Figura 307 – detalhe do anel de borracha da flange, este servirá de vedação em conjunto com a manta

Figura 309 – detalhe da flange pronta para receber a porca de vedação

Figura 310 – a porca sendo colocada na flange

Figura 312 – porca instalada e devidamente apertada, criando pressão sobre o anel de borracha e a manta

Figura 311 – anel de borracha com a pressão necessária para a vedação e estanqueidade

Figura 313 – técnico demonstrando a instalação concluída

Figura 314 – flange e manta colocados prontos para ajuste final da dobra a fixação final

Figura 315 – corte na tela metálica para passagem da drenagem

Figura 316 – últimos ajustes antes da fixação final

5. Instalação da segunda etapa de drenagem:

Esta etapa de drenagem consiste na captação e direcionamento de toda a irrigação para o tubo de queda.

É executada utilizando um tubo de drenagem de PVC envolto com uma manta de drenagem Bidin, colocado junto aos tubos de queda. Após o posicionamento dos tubos foi feita uma camada drenante composta de argila expandida com uma altura total de 5 cm, servindo para captar a água de irrigação e direcioná-la para os tubos de queda. Essa camada de argila é coberta com uma manta bidin para contenção da terra e drenagem da água.

Figura 318 – medição do tubo de drenagem perfurado

Figura 317 – revestimento do tubo de drenagem com manta bidim

Figura 320 – instalação do tubo de drenagem junto a flange

Figura 319 – início da montagem da camada drenante

Figura 322 – camada drenante de argila instalada

Figura 321 – detalhe da argila expandida com o tubo de drenagem

Figura 325 – aplicação de manta bidin sobre a camada de argila expandida

Figura 323 – aplicação da manta bidin

6. Colocação do substrato:

O substrato utilizado foi uma mistura do composto orgânico produzido na compostagem de folhas do Canteiro Experimental com um substrato industrial da marca BIOMIX gramados.

Este substrato teve uma altura total de 10 cm.

Figura 327 – aplicação de substrato de terra vegetal

Figura 326 – detalhe de nivelamento da camada de substrato

Figura 328 – camada de substrato pronta para receber a vegetação

7. Plantio da vegetação:

Para a execução da vegetação deste ensaio optou-se pela utilização dos tapetes de grama esmeralda, devido a sua fácil aplicação, rápido crescimento e enraizamento com grande poder de perfuração.

Figura 330 - colocação da primeira placa de grama esmeralda

Figura 329 – técnico fazendo o plantio dos tapetes

Figura 332 – vegetação quase terminada

Figura 331 – autor explica para aluna do 5º ano de arquitetura sobre o funcionamento do ensaio

3.4.2.2. Sistema 02: manta asfáltica marca DENVER com manta drenante MACDRAIN 2L da marca Macafferri

8. Instalação da impermeabilização;

Manta asfáltica de 4 mm da marca DENVER, por conta do modelo ser feito de madeira e tela metálica, a manta não pode ser aplicada de acordo com sua necessidade, pois utiliza o fogo como aplicador e a madeira não agüentaria a aplicação.

Figura 334 – instalação da manta

Figura 333 – término da instalação da manta

Figura 335 – detalhe da manta instalada

9. Instalação da drenagem:

Como o modelo não possibilita a adequada instalação da manta asfáltica, foi utilizada uma flange de caixa d'água como vedação e conexão com os tubos de drenagem, assim como é utilizada na geomanta de PVC.

Foi feito um furo na manta asfáltica e instalada a flange, tirando proveito de seu sistema de vedação que consiste em compressão de um anel de borracha.

Figura 336 - instalação da flange junto a manta asfáltica

Figura 337 – flange instalado pronto para receber a segunda etapa de drenagem

10. Instalação da segunda etapa de drenagem:

Esta etapa de drenagem consiste na captação e direcionamento de toda a irrigação para o tubo de queda.

É executada como na técnica anterior, utilizando um tubo de drenagem de PVC envolto com uma manta de drenagem Bidin, colocado junto aos tubos de queda. Após o posicionamento dos tubos, foi feita uma camada drenante composta de um produto industrializado específico para este uso, produto da empresa MACCAFERRI, produto MAC-DRAIN 2L.

**Figura 339 – corte da manta de drenagem
MACDRAIN 2 L**

**Figura 338 – manta de drenagem cortada
pronta para a instalação**

Figura 340 – instalação da manta de drenagem

Figura 341 – manta de drenagem instalada

**Figura 342 – detalhe do perfil da manta de
drenagem**

11. Colocação do substrato:

O substrato utilizado foi uma mistura do composto orgânico produzido na compostagem de folhas do Canteiro Experimental com um substrato industrial da marca BIOMIX gramados.

Este substrato teve uma altura total de 10 cm.

Figura 344 – início da colocação substrato

Figura 343 – camada de substrato pronta para receber a vegetação

12. Plantio da vegetação:

Para a execução da vegetação deste ensaio optou-se pela utilização dos tapetes de grama esmeralda, devido a sua fácil aplicação, rápido crescimento e enraizamento e com grande poder de perfuração.

Figura 346 – início do plantio das placas de grama esmeralda

Figura 345 – plantio da parte final das placas de grama

3.4.2.3. Sistema 03: manta asfáltica marca DENVER sem nenhum tipo de proteção mecânica

13. Instalação da impermeabilização:

Manta asfáltica de 4 mm da marca DENVER, por conta do modelo ser feito de madeira e tela metálica, a manta não pode ser aplicada de acordo com sua necessidade, pois utiliza o fogo como aplicador e a madeira não agüentaria a aplicação.

Figura 347 – corte da manta asfáltica

Figura 348 – instalação da manta asfáltica

Figura 349 – manta asfáltica instalada pronta para receber a drenagem

14. Instalação da drenagem:

Como o modelo não possibilita a adequada instalação da manta asfáltica, foi utilizada uma flange de caixa d'água como vedação e conexão com os tubos de drenagem, assim como é utilizada na geomanta de PVC.

Foi feito um furo na manta asfáltica e instalada a flange, tirando proveito de seu sistema de vedação que consiste em compressão de um anel de borracha.

Figura 351 – perfuração da manta para instalação da flange

Figura 350 – instalação da flange

15. Instalação da segunda etapa de drenagem:

Esta etapa de drenagem consiste na captação e direcionamento de toda a irrigação para o tubo de queda.

É executada como na técnica anterior, utilizando um tubo de drenagem de PVC envolto com uma manta de drenagem Bidin, colocado junto aos tubos de queda. Após o posicionamento dos tubos, foi feita uma camada drenante composta de um produto industrializado específico para este uso, produto da empresa MACCAFERRI, produto MAC-DRAIN 2L.

Figura 353 – revestimento do tubo de drenagem com manta bidim

Figura 352 – instalação do tubo de drenagem

Figura 354 – colocação da camada drenante de argila expandida

Figura 355 – instalação do tubo de drenagem

Figura 357 – camada de argila pronta em conjunto com o tubo de drenagem

Figura 356 – detalhe da manta bidim, próxima etapa da drenagem

Figura 359 – instalação da manta bidim

Figura 358 – ajustes finais na manta bidim

16. Colocação do substrato:

O substrato utilizado foi uma mistura do composto orgânico produzido na compostagem de folhas do Canteiro Experimental com um substrato industrial da marca BIOMIX gramados.

Este substrato teve uma altura total de 10 cm.

Figura 361 – início da colocação do substrato

Figura 360 – detalhe do substrato

Figura 362 – camada de substrato pronta para receber a vegetação

17. Plantio da vegetação:

Para a execução da vegetação deste ensaio optou-se pela utilização dos tapetes de grama esmeralda devido a sua fácil aplicação, rápido crescimento e enraizamento e com grande poder de perfuração.

Figura 364 – plantio das placas de grama esmeralda

Figura 363 – termino de plantio do ultimo trecho

Figura 365 – vegetação toda plantada, termino do modelo

Resultados

Sistema 01: manta de PVC marca SANSUY sem nenhum tipo de proteção mecânica

Após o período de ensaio, a camada impermeabilizante não mostrou deformação ou perfuração por conta da ação das raízes.

É possível notar nas imagens que a raiz desvia seu caminho ao encontrar com a impermeabilização, formando uma composição única de direcionamento das raízes, demonstrando nitidamente a resistência da manta de impermeabilização.

Com os resultados apresentados neste ensaio, podemos dizer que a manta de impermeabilização utilizada neste ensaio pode ser utilizada em coberturas vivas sem a necessidade de agregar a ela uma camada de proteção anti-raiz.

Durante a montagem do ensaio, foi possível observar na prática a facilidade de aplicação da impermeabilização. Esta facilidade agregada a sua eficiência, mostra que a manta de PVC é uma ótima opção para executar a impermeabilização de coberturas vivas.

Figura 367 – detalhe das raízes seguindo o formato da impermeabilização

Figura 366 – detalhe da impermeabilização sem sofrer ação das raízes

Figura 369 – detalhe da presença de raízes fortes, mas sem afetar a impermeabilização

Figura 368 – detalhe do substrato e das raízes, formando junto com o feltro um maciço único

Sistema 02: manta asfáltica marca DENVER com manta drenante MACDRAIN 2L da marca Macafferri

Após o período de ensaios, a manta de impermeabilização apresentou perfurações laterais causadas pelas raízes da vegetação.

A formação das raízes mostrou diferença para o sistema anterior, neste caso ela apresenta crescimento irregular, isso por conta da manta de impermeabilização não conseguir conter a força de perfuração.

A utilização do composto MACDRAIN 2L não teve efeito de contenção da ação de perfuração da impermeabilização causada pelo crescimento das raízes das vegetações.

Estes resultados apresentados associados a dificuldade de aplicação demonstram que esta técnica de impermeabilização não é eficiente no que se diz respeito a utilização em coberturas vivas.

Caso a escolha da impermeabilização for a manta asfáltica, deve-se prever a ação do crescimento das raízes da vegetação.

Este tipo de patologia apresentada neste ensaio pode comprometer não só o sucesso da cobertura, mas como também possíveis danos na edificação.

Figura 371 – detalhe da formação da vegetação

Figura 370 – detalhe das raízes perfurando a lateral da impermeabilização

Figura 373 – detalhe da formação das raízes e das raízes na manta

Figura 372 – detalhes das raízes e da perfuração

Sistema 03: manta asfáltica marca DENVER sem nenhum tipo de proteção mecânica

Após o período de ensaios, a manta de impermeabilização apresentou perfurações laterais causadas pelas raízes da vegetação.

A formação das raízes mostrou diferença para o primeiro sistema, como o anterior apresenta crescimento irregular, por conta da manta de impermeabilização não conseguir conter a força de perfuração.

A utilização do bidim e da argila expandida não teve efeito de contenção da ação de perfuração da impermeabilização causada pelo crescimento das raízes das vegetações.

Figura 375 – detalhe da formação da vegetação

Figura 374 – detalhe da formação das raízes transpassando o feltro

Figura 377 – detalhe das raízes perfurando a impermeabilização

Figura 376 – detalhe da ponta de perfuração da raiz

Conclusões do ensaio:

Concluímos que:

- ✓ A geomanta de PVC é eficiente no que se diz respeito a: instalação, impermeabilização, e principalmente a contenção da perfuração por ação das raízes;
- ✓ A junção de materiais diferentes para compor a cobertura é possível, como exemplo a flange de caixa d'agua e a geomanta de PVC
- ✓ A manta asfáltica necessita de camada anti-raiz e não resiste de forma alguma a ação das raízes;
- ✓ O feltro (bidim) com argila expendida na composição da camada drenante não contem a perfuração da impermeabilização por ação das raízes
- ✓ Que o produto MAC-DRAIN 2L é muito eficiente na composição da camada drenante, mas que não consegue deter a perfuração da impermeabilização por ação das raízes
- ✓ Que a espécie vegetal, grama esmeralda, não consegue conter o crescimento de espécies invasoras

3.5. Ensaios feitos por alunos da disciplina AUT-131 da FAU-USP

Localização

Canteiro experimental da FAU-USP

Data

Primeiro semestre de 2012

Autor do Projeto

Alunos da Disciplina AUT-131 da FAU-USP

Caracterização

Um grupo de alunos fez uma simulação sobre a cobertura viva, onde o foco do estudo consistia na estruturação da camada vegetal em superfície inclinada.

Mas o objetivo de colocar esta experiência nesta pesquisa não foi por conta da solução aplicada, mas sim para apresentar os resultados do crescimento da vegetação, onde neste caso podemos ver facilmente o poder de perfuração das raízes da grama esmeralda.

Escopo

Demonstrar o poder de crescimento e perfuração das raízes da grama esmeralda.

Processo construtivo

Neste caso não houve um processo construtivo, e sim o desmonte do exercício dos alunos para uma aplicação de outro exercício.

Imagens:

Figura 379 – início do desmonte do exercício

Figura 378 – pesquisador ajudando no desmonte do exercício

Figura 381 – detalhe da estruturação das raízes da grama esmeralda

Figura 380 – detalhe da camada de substrato e vegetação

Figura 383 – detalhe da raiz perfurando o plástico

Figura 382 – professor Reginaldo Ronconi mostra a estrutura da raiz da grama esmeralda

Figura 385 – fixação das raízes na superfície de cimento

Figura 384 – raízes se entrelaçando ao saco de polipropileno

Conclusões do ensaio:

Concluimos que a raiz da grama esmeralda é muito potente no que se diz respeito a perfuração, e muito forte em sua estrutura.

3.6. Estabilização da camada vegetal, substrato e vegetação

Objetivos

O objetivo deste ensaio foi experimentar uma maneira de estabilizar a camada vegetal em coberturas vivas com grandes inclinações.

Um dos grandes desafios na implantação das coberturas é conseguir uma maneira simples e eficiente de contenção contra erosões da camada vegetal, por isso optou-se em desenvolver um estudo neste sentido.

Como em toda a pesquisa, este ensaio não serve como demonstração da maneira mais correta ou mais eficiente para solucionar este problema de contenção contra erosões, mas sim mostrar que é possível pensar e criar soluções técnicas mais eficientes para as coberturas vivas utilizando e agregando materiais de diferentes naturezas.

Espera-se que com a apresentação desta problemática seguida de uma solução, contribua para novos pensamentos a cerca desta problemática.

3.6.1. Tapetes de grama esmeralda com tela de PVC e barbante de algodão

Descrição

Aplicação da cobertura viva sobre uma placa de argamassa armada com 1 metro de largura por 2 metros de altura. A placa foi colocada com apoio em um poste metálico de suporte de luz do canteiro experimental. A inclinação da placa é 72%, base 1.08 altura 1.51m, e serve como simulação de uma laje de concreto com grande inclinação.

Este sistema de estruturação consiste em criar um substrato armado que consiga estruturar toda a camada vegetal e suportar a inclinação. Para atingir este objetivo foi feito o seguinte esquema após a aplicação de toda a impermeabilização e camada de drenagem:

- Colocação de uma primeira camada de tapete de grama

- Colocação de uma rede de PVC comumente utilizada como redes de proteção para varandas e janelas de apartamentos. Essa rede cobre toda a primeira camada de tapete de grama.
- Colocação de uma segunda camada de tapetes de grama sobre a rede e a primeira camada, formando um sanduíche de tapetes de grama e a rede de PVC.
- Amarração com barbante, de algodão ou cizal, em diferentes pontos, criando uma amarração sólida em todo o conjunto.
- Crescimento da grama esmeralda e fortalecimento das raízes
- Crescimento das raízes e enraizamento na primeira camada de tapetes de grama,
- Enraizamento concluído amarração entre as duas camadas de tapetes de grama e a rede de estruturação
- Apodrecimento das amarrações em cordão
- Formação de um substrato único e armado
- Crescimento da grama esmeralda

Objetivos específicos

O objetivo específico deste ensaio consiste em pensar um substrato armado que consiga conter a erosão em uma grande inclinação, principalmente no período de grandes chuvas, onde o peso do substrato fica bem maior.

No término da montagem deste ensaio ele estará em período de grandes chuvas e será possível avaliar se o sistema funcionou ou não, então, em um período bem curto depois da montagem do ensaio, ele já apresentará resultados.

Processo construtivo

1. Colocação da placa de argamassa armada:

Figura 386 – colocação da placa de argamassa encostada em um poste metálico de iluminação

2. Instalação da camada drenante:

A camada drenante é executada utilizando o produto MAC-DRAIN 2L.

Revestimento total da placa de argamassa

Figura 387 - aplicação da camada drenante

3. Colocação da primeira camada de substrato armado:

Iniciou-se a colocação da primeira camada de tapetes de grama. Estes tapetes serão colocados até a metade da altura da placa.

O objetivo desta primeira camada de tapetes é de formar uma camada de substrato armado utilizando as raízes da grama, onde a próxima camada de tapetes pode se enraizar.

Figura 388 – colocação da primeira placa de grama

Figura 389 – colocação da primeira fileira de grama

Figura 390 – detalhe das placas apoiadas no chão

4. Instalação da tela de PVC:

Instalação de uma rede de PVC que servirá de amarração estrutural entre as duas camadas de tapetes de grama.

Essa rede foi amarrada em uma vara de bambu para facilitar a colocação. Acredita-se que essa colocação foi dificultada pelas pequenas dimensões do ensaio, assim sendo, a sua aplicação em uma cobertura de dimensões maiores seria bem mais simples e eficiente.

Figura 392 – amarração tela de nylon em uma vara de bambu para facilitar a instalação

Figura 391 – detalhe da amarração

Figura 393 – colocação da segunda fileira de placas de grama e colocação da rede de nylon

Figura 394 – vista lateral

5. Colocação da camada final de tapetes de grama:

Após a rede ser disposta sobre a primeira camada de substrato armado, uma nova camada será colocada para formar um sanduíche entre as duas camadas de tapetes e a rede.

Figura 396 – rolos de tapetes de grama deitados preparados para serem desenrolados e amarrados

Figura 395 – vista lateral do sistema

Figura 397 – detalhe dos rolos de tapete prendendo o bambu da estrutura da rede

Figura 398 – primeiro rolo de grama desenrolado

Figura 400 – segundo rolo desenrolado

Figura 399 – terceiro rolo desenrolado

Figura 401 – detalhe do sanduíche da tela de nylon com as duas camadas de placa de grama

6. Amarração:

Utilizando um barbante de algodão, foram feitos pontos de amarração juntando as duas camadas. O objetivo desta amarração é manter as duas camadas unidas até o crescimento das raízes e unificação das placas.

Figura 403 – placas amarradas entre elas e com a rede de nylon

Figura 402 – detalhe dos pontos amarrados

A mesma sequência de aplicação foi refeita na parte superior da placa:

Utilizando a camada da sequência anterior como apoio inicial, a implantação desta nova sequência segue exatamente a mesma ordem da anterior

Neste ensaio serão somente duas sequências, mas dependendo do tamanho da cobertura essa quantidade pode aumentar.

7. Colocação da primeira camada de substrato armado:

Com o atrito exercido pelo tapete de grama sobre o bidin da camada drenante mais o apoio da fase anterior, é possível manter o tapete fixo a espera da chegada da rede.

Figura 405 – colocação de toda a fileira de substrato

Figura 404 – detalhe da colocação da placa de grama sob a rede de nylon

8. Instalação da tela de poliéster:

Com a primeira camada instalada e a rede já fixada e pronta para a aplicação, o seguimento fica mais fácil de ser executado.

Figura 406 – a rede toda instalada com a primeira camada de placa de grama completa

Figura 407 – detalhe da sobreposição das camadas

Figura 408 – rede de nylon esticada sobre a primeira camada de placa de grama

9. Colocação da camada final tapete de grama:

Depois da rede esticada e estruturada, iniciou-se a aplicação da segunda e última camada de tapete de grama do ensaio

Figura 410 – aplicação do tapete de grama

Figura 409 – detalhe do tapete sendo desenrolado

Figura 411 – aplicação do tapete de grama

Figura 412 – aplicação final da ultima camada

10. Amarração:

Como na primeira fase, utilizando-se um barbante de algodão, foram feitos pontos de amarração juntando as duas camadas. O objetivo desta amarração é manter as duas camadas unidas até o crescimento das raízes e unificação das placas.

Figura 414 – vista lateral do ensaio finalizado

Figura 413 – detalhe das amarrações

Figura 415 – pontos de amarração

Figura 416 – detalhe da amarração

11. Rega final:

Após o término da montagem do ensaio executou-se a primeira rega. Depois disso, as chuvas cuidarão de seu abastecimento de água e, com duas semanas de chuvas intensas, será atingido o objetivo do estudo e apresentados os seus resultados.

Figura 417 – rega final aplicando na parte superior para que a água passe por todo o ensaio

Figura 418 – segunda etapa de rega no final da tarde do dia da implantação

12. Peso final da técnica por metro quadrado:

O calculo para descobrir o peso do sistema não leva em consideração a impermeabilização e nem o peso da laje ou outra forma de apoio da impermeabilização.

Utilizou-se a seguinte solução:

- ✓ São necessários 4 tapetes de grama para compor 1 m² de cobertura mas o sistema utiliza duas camadas em sua composição, então para formar 1 m² do sistema, é necessário 8 tapetes

Cada 4 tapete de grama tem o seguinte peso: úmido 19 kg, encharcado 24 kg

$$2 \times 19 \text{ kg úmido} = 38 \text{ kg/m}^2$$

$$2 \times 24 \text{ kg encharcado} = 48 \text{ kg/m}^2$$

- ✓ A rede estrutural pesa 0.95 Kg/m²
- ✓ Camada drenante MAC-DRAIN 2L pesa 0.80 Kg/m²

Sistema úmido = 40 kg/m²

Sistema encharcado = 50 kg/m²

Imagens do processo de pesagem do tapete de grama e demais elementos:

Figura 420 – suporte para pesagem

Figura 419 – detalhe da balança com o resultado da pesagem sem os tapetes de grama

Figura 422 – imagem da pesagem dos tapetes úmidos

Figura 421 – detalhe da balança com o resultado da pesagem dos tapetes úmidos

Figura 424 – detalhe da pesagem dos tapetes encharcados

Figura 423 - detalhe da balança com o resultado da pesagem dos tapetes encharcados

Resultados

Após estes seis meses de ensaio, como esperado a vegetação do segundo tapete enraizou e estruturou toda a camada vegetal.

Ao longo do ensaio o modelo ficou exposto as grandes chuvas e se manteve estável, mostrando sua eficácia contra erosões e escorregamentos.

Mas como o ensaio não teve a irrigação correta, alguns trechos da grama morreram, mas como a vegetação enraizou a camada vegetal de manteve estável e não escorregou durante os dias de grandes chuvas.

Este sistema se for montado junto com outros elementos como drenagem e irrigação, pode ser utilizado com grande eficiência.

Com aplicação simples, baixo peso e grande eficiência, esta proposta para grandes inclinações se mostrou possível e viável na implantação de cobertura em escala real, desde que respeitando todas as variáveis apresentadas pelo local de implantação.

Figura 425 – vista de do conjunto se misturando com a vegetação do local

Figura 426 - camada vegetal estabilizada

Figura 427 – detalhe da grama esmeralda enraizada e estruturas o sistema

Figura 428 – detalhe de espécie invasora

Conclusões do ensaio:

Concluímos que:

- ✓ Através deste sistema proposto é possível fazer a contenção da camada vegetal contra erosões e deslizamentos;
- ✓ O sistema estudado é bastante leve e de fácil aplicação;
- ✓ Pode resolver problemas de execução coberturas vivas com telhados pré-existentes que possuem grande inclinação.

Considerações finais:

Esta pesquisa cumpriu seus objetivos, que consistiam em entender e expor aspectos das problemáticas existentes na execução da cobertura viva.

A consideração mais importante a ser feita é a de que não é correto, tecnologicamente falando, ter um modelo único ou um padrão pré-estabelecido para a execução da cobertura viva, mas sim compatibilizar a tecnologia com a singularidade apresentada pelo local.

Para uma melhor exposição dos argumentos gerados pela pesquisa, optou-se por dividir estas considerações finais de acordo com os capítulos do trabalho, assim expostos: materiais disponíveis para a composição, estudos de caso e ensaios. Por conta de a pesquisa ter sugerido uma grande quantidade de novas perguntas a serem feitas, organizamos sua apresentação juntamente com sugestões de investigações futuras.

Sobre os materiais disponíveis para a composição:

Com a pesquisa destes materiais foi possível observar a possibilidade de adequar diferentes produtos para serem utilizados na execução da cobertura viva, mesmo que estes materiais tenham sido originalmente pensados para outro uso.

Por se tratar de adaptações e adequações, é possível encontrar componentes em diferentes localidades ou situações, ampliando a

possibilidade de uma execução mais eficiente tecnicamente e economicamente mais viável.

Durante a investigação dos materiais, surgiram novos componentes com potencial de utilização, mas não foi possível testá-los.

Sobre os estudos de caso:

Com a observação das diferentes composições e soluções técnicas utilizadas nos estudos de caso, foi possível concluir que seus projetistas embora demonstrassem muita vontade de utilizar a cobertura dentro de seus projetos, se depararam com algumas dificuldades técnicas, como a falta de soluções específicas e de fácil acesso, pouca diversidade de produtos específicos, falta de bibliografia e de divulgação do estado da arte da tecnologia, além de um numero pequeno de empresas executoras.

Na pesquisa observou que historicamente o Brasil não possui a cultura da cobertura viva como em alguns países europeus, e que isso se reflete diretamente na cultura construtiva de toda a cadeia produtiva da construção civil brasileira, isso foi possível observar também nos estudos de caso, onde seus projetistas mostraram a dificuldade que tiveram para conseguir executar as coberturas por falta de consultores e trabalhadores especializados.

Por conta destas situações, apresenta-se a necessidade de aperfeiçoamento futuro destas investigações técnicas de execução no que diz respeito ao fomento da tecnologia dentro de todo o ciclo produtivo da construção civil, mostrando a necessidade de que estas ações futuras abranjam também uma preocupação com os executores da cobertura viva, e não somente com evolução da tecnologia.

Sobre os ensaios:

Os ensaios proporcionaram a possibilidade de realizar um exame metódico e periodicamente controlado sobre o ciclo de uma cobertura viva, e com isso foi possível observar alguns detalhes de funcionamento e necessidades envolvidos no entendimento da tecnologia.

Acredita-se que o objetivo dos ensaios dentro da pesquisa foi atingido, também no que se diz respeito a demonstrar a possibilidade de produção de modelos reduzidos dentro dos canteiros de obras, com o objetivo de se observar as necessidades específicas de cada cobertura.

Com os ensaios foi possível ter algumas conclusões, como:

- ✓ A vegetação dinheiro em penca é uma ótima opção para a vegetação da cobertura, porém sem a possibilidade de pisoteamento;
- ✓ É possível fazer uma pequena produção de alimento desde que respeitada a necessidade de cada espécie, como o tomate, e a irrigação;
- ✓ A estrutura das raízes da grama esmeralda pode ser utilizada como estruturador para a camada vegetal contra erosões;
- ✓ É possível executar a cobertura com grandes inclinações através de um sistema de raízes e vegetação;
- ✓ A irrigação da cobertura é um elemento vital para o sucesso da implantação;
- ✓ É possível agregar materiais para a composição da cobertura, como exemplo: a geomembrana de PVC e a flange de caixa d'água;
- ✓ A impermeabilização executada a partir de geocompostos de PVC é a mais indicada para a cobertura viva, por conta de sua eficiência e facilidade de aplicação;
- ✓ A manta a base de asfalto nunca pode ser utilizada na cobertura sem o acréscimo de uma camada anti-raiz;
- ✓ O produto MAC-DRAIN da MACCAFERRI é muito eficiente na composição da cobertura, no que se diz respeito a camada drenante;
- ✓ A cobertura pode ser executada com pouco peso, tendo como exemplo o peso do sistema de tapetes de grama e rede de proteção

Sugestões para investigações futuras:

Como em uma única pesquisa não seria possível realizar todas as experimentações e investigações necessárias para um domínio pleno da tecnologia, e como ao longo desta pesquisa aparecem muitas novas perguntas, ficam aqui algumas sugestões de pensamentos e investigações futuras.

- Pesquisa de novos materiais para impermeabilizações produzidos a partir de produtos naturais e não a base de petróleo;
- Novos materiais para compor a camada drenante;
- Sistemas eficazes para contenção de erosão da camada vegetal;
- Sistemas mais eficazes para a execução das barreiras anti-raiz;
- Desenvolvimento de substratos específicos para a utilização em coberturas vivas, talvez com a utilização de materiais residuais, como casca de coco ou bagaço de cana de açúcar;
- Utilização da cobertura como apoio ao tratamento de esgotos domésticos;
- Custos reais comparativos entre a cobertura viva e outras tecnologias mais populares;
- Vegetação nativa apropriada para cada situação e região específica,
- Produção de alimento em pequena ou grande escala;
- Relevância da cobertura viva no combate as ilhas de calor;
- Interferência na umidade relativa do ar e na temperatura em áreas urbanas;
- Associação dos índices pluviométricos regionais com dados técnicos da cobertura para uma implantação mais eficiente;
- Escala de contribuição real para a eficiência da drenagem urbana;
- Métodos de fomentos para popularização da tecnologia;
- Metodologia de instrumentação didática para o fomento da tecnologia dentro do universo do trabalhador da construção civil;

E cabe também a sugestão de alguns modelos reduzidos, que foram pensados, porém não produzidos, tais como:

- **Vazão X drenagem X saturação da cobertura;**

Objetivo: descobrir a relação da quantidade de água que entra no sistema da cobertura em comparação com a que sai, isso com uma variável de inclinação e altura de substrato. Descobrir com números a contribuição da cobertura para a drenagem urbana.

- **Aplicação de impermeabilização;**

Objetivo: descobrir maneiras mais eficientes e praticas para a impermeabilização da cobertura, principalmente na tentativa de criar uma impermeabilização que não utilize o petróleo como componente.

- **Irrigação eficiente;**

Objetivo: criar uma forma de irrigação eficiente com o menor gasto possível de energia.

- **Produção de canteiros de horta;**

Objetivo: criar um sistema eficiente e contínuo para a produção de alimentos, ervas ou temperos

- **Tratamento de águas cinzas;**

Objetivos: criar um sistema de tratamento de águas cinzas, monitorado e analisado.

- **Captação, bombeamento, e reutilização das águas pluviais;**

Objetivos: criar um sistema com baixo consumo de energia para armazenamento da água captada e bombeamento para o reuso.

Concluo no final deste trabalho, que a execução da cobertura viva demonstra ser uma ferramenta muito importante dentro das transformações urbanas contemporâneas na busca por qualidade ambiental, e que pode e deve ser feita de forma eficiente, mas aponto a necessidade de existir sempre uma pesquisa tecnológica constante e presente dentro das implantações. E deixo aqui a expressão de minha alegria e do meu contentamento por poder descobrir algumas singularidades dessa tecnologia, e por acreditar ter contribuído para a evolução e o fomento das coberturas vivas.

Bibliografia

ADAM, Roberto Sabatella. Princípios do Ecoedifício: Interação Entre Ecologia, Consciência E Edifício. São Paulo: Aquariana, 2001.

ANNE Whiston, Spirn. O Jardim de Granito. EDUSP, 1995, ISBN

Atlas de arquitetura ecológica, edição original LOFT publications, 1º edição outubro de 2010.

AZEVUM, André. Arquitetura ecológica e Tecnologia no século XX: Base para o projeto arquitetônico sustentável. Dissertação (Mestrado em Projeto de Arquitetura) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

BERNARDES, Júlio- Cobertura verde. ameniza efeitos de calor e poluição . texto divulgado em 19.03.2007 no site www.usp.br/agen/UOLnoticia.php da Agência USP de Notícias.

CORBELLA, O. YANNAS, S., Em Busca de uma Arquitetura Sustentável para os Trópicos . Conforto Ambiental. Revan, Rio de Janeiro

COSTA, E. C., Arquitetura Ecológica: condicionamento térmico natural. E. Blücher, Porto Alegre

CRISE NAS METROPOLES - seminário as metrópoles latino-americanas frente a crise:experiências e políticas - comissão econômica para a America latina CEPAL 1985

FERREIRA Manuela de Freitas. TETO VERDE: o uso de coberturas vegetais em edificações, 2007 –publicado no site www.puc-rio.br/pibic/relatorio_resumo2007/relatorios/art/art_manoela_de_freitas_ferreira.pdf

FRANCO, M.A.R. Planejamento ambiental para a cidade sustentável, São Paulo - Annablume: FAPESP, 2001

FROTA, A. B.; **SCHIFFER**, S. R. Manual de Conforto Térmico. São Paulo: Studio Nobel, 1999,

GREEN ROOF SERVICE LLC. Disponível em: <<http://www.greenroofservice.com/>>. Acesso em: 03 mai. 2011;

MINGUET, Josep Maria, ROOFS, CUBIERTAS, COBERTURAS, Barcelona, instituto MONSA de Ediciones, 2010

IGRA. Tipos de cobertura verde. Disponível em: <http://www.igra-world.com/types_of_green_roofs/index.php&usg=ALkJrhgWFj3lEH_1lUcawjYeBWckBljFYg>. Site traduzido. Acesso em: 22 jun. 2011.

INTERNATIONAL GREEN ROOF ASSOCIATION. Disponível em: <http://www.igra-world.com/types_of_green_roofs/index.php>. Acesso em: 07 fev. 2011;

KATINSKY, Julio Roberto, Pesquisa acadêmica na FAUUSP, São Paulo, FAUUSP, 2005

LAAR, M., Et al. Estudo de aplicação de plantas em coberturas vivos extensivos em cidades de clima tropical. In. ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO-ENCAC, 6. Anais... São Pedro, São Paulo, 2001.

LORENZI, H. **SOUZA**, H. M. de. Plantas daninhas do Brasil: terrestres, aquáticas, parasitas e tóxicas. 3.ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2000.

LORENZI, H. **SOUZA**, H. M. de. Plantas ornamentais no Brasil: arbustivas, herbáceas, e trepadeiras. 4.ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2008.

MARTINEZ, Andrés, Habitar La Cubierta, Barcelona, editora Gustavo Gili, 2005.

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

MINKE, G. Techos Verdes: Planificación, Ejecución, Consejos Prácticos. Montevideo: Finde Siglo, 2004.

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

PEREIRA, Aloisio Rodrigues. Como selecionar plantas para áreas degradadas e controle de erosão, belo horizonte, BH, editora FAPI, 2006

SANTOS, MILTON A urbanização brasileira - 5 d -São Paulo, editora da Universidade de São Paulo, 2005

SERIE DE PUBLICAÇÕES TEMÁTICAS DO CREA-PR - Guia para elaboração de projetos de aterros sanitários para resíduos sólidos urbanos, Volume II / Eng. Civil Nicolau Leopoldo Obladen - Adm. Neiva Terezinha Ronsani Obladen e Eng. de Alim. Kelly Ronsani de Barros

SPITZCOVSKY. Débora. Guarulhos implanta IPTU Verde. Editora Abril S.A. São Paulo. Disponível em: <<http://planetasustentavel.abril.com.br/noticias/desconto-iptu-verde-guarulhos-beneficio-fiscal-sustentabilidade-moradias-632838.shtml>>. Acesso em: 22 jul. de 2011.

TUCCI, C. Coeficiente de Escoamento e Vazão Máxima de Bacias Urbanas. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, ABRH, Porto Alegre, RS, 2000 v.5, n.1. p. 61-68.

TUPIASSÚ, Assucena, da planta ao jardim: um guia fundamental para jardineiros amadores e profissionais, São Paulo, Nobel, 2008.

VECCHIA, F. (1997): Clima e ambiente construído: a abordagem dinâmica aplicada ao Conforto Humano. São Paulo, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas (FFLCH USP), Universidade de São Paulo. (Tese de doutoramento).

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

VILELA, Soraia. Coberturas verdes: pequenos pulmões para grandes cidades. Disponível em: <www.dw-world.de/dw/article/0,,1772334_page_2,00.html>. Acesso em: 10 jun. 2011