

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
COORDENAÇÃO DE ENGENHARIA CIVIL
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

ANELISE BASSO

**COBERTURA VERDE COMO SISTEMA DE REAPROVEITAMENTO
DE ÁGUA DA CHUVA E ÁGUAS SERVIDAS**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

PATO BRANCO

2013

ANELISE BASSO

**COBERTURA VERDE COMO SISTEMA DE REAPROVEITAMENTO
DE ÁGUA DA CHUVA E ÁGUAS SERVIDAS**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, apresentado à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso Superior de Engenharia Civil da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro.

Orientador: Prof. Dr. José Ilo Pereira Filho

Coorientadora: Prof. Dra. Andrea Sartori Jabur

PATO BRANCO

2013




TERMO DE APROVAÇÃO

COBERTURAS VERDES COMO SISTEMA DE REAPROVEITAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA E ÁGUAS SERVIDAS

ANELISE BASSO

Aos 15 dias do mês de março do ano de 2013, às 13:00 horas, na Sala de Treinamento da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, este trabalho de conclusão de curso foi julgado e, após arguição pelos membros da Comissão Examinadora abaixo identificados, foi aprovado como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil da Universidade Tecnológica Federal do Paraná- UTFPR-PB, conforme Ata de Defesa Pública nº 12 - TCC/2013.


Orientador: Prof. Dr. JOSÉ LOUREIRA FILHO (COECI / UTFPR-PB)


Co-orientadora: Prof. Dr. ANDREA SARTOTTI JABUR (COECI / UTFPR-PB)


Membro 1 da Banca: Prof. Msc. NORMELIO VITOR FRACARO (COECI / UTFPR-PB)


Membro 2 da Banca: Prof. Msc. JOSÉ VALTER MONTEIRO LARCHER (COECI / UTFPR-PB)

DEDICATÓRIA

Aos meus pais e meu irmão, pelo amor e dedicação, por estarem sempre ao meu lado nesta caminhada, me dando apoio e incentivos. Á vocês, meus amores, minha eterna gratidão!

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus pela vida, por iluminar meu caminho e minhas decisões.

Aos meus pais Neri e Marizane e meu irmão Jonas, que mesmo longe sempre estiveram tão perto. Eles que não mediram esforços para que esta etapa fosse vencida, e participaram com suas próprias mãos para que este trabalho fosse feito. Agradeço por sempre estarem ao meu lado, mostrando o amor de uma família. Sem a compreensão, ajuda e confiança de vocês, isso não seria possível.

Agradeço meus avós Edvino e Paulina que sempre me esperaram com os braços abertos, me apoiando e incentivando, dando forças para vencer esta etapa.

A toda minha família, pelo apoio e carinho todos estes anos, em especial minha tia Marisa e minha prima Francielle pela dedicação em vários momentos, pela compreensão e amizade.

O meu sincero agradecimento ao meu orientador Prof. Dr. José Ilo Pereira Filho, pela dedicação, paciência e apoio. Agradeço também minha co-orientadora Prof. Dra. Andrea Sartori Jabur pela colaboração, dedicação e todo o companheirismo durante o curso.

Aos professores da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Câmpus Pato Branco, que contribuíram para que esta formação fosse possível.

Aos meus amigos que estiveram ao meu lado nesta etapa, os de perto e os de longe, que me apoiaram e incentivaram, em especial às minhas amigas de apê, companheiras de todas as horas e a Pati e Bah que mesmo quando se tratava de trabalho pesado me ajudaram com todo carinho.

Enfim, a todos que vivenciaram esta etapa da minha vida, meu muito obrigada!

“O sucesso nasce do querer, da determinação e persistência em se chegar a um objetivo. Mesmo não atingindo o alvo, quem busca e vence obstáculos, no mínimo fará coisas admiráveis.”

(José de Alencar)

RESUMO

As áreas verdes nos centros urbanos estão diminuindo cada vez mais. O uso da cobertura verde pode ajudar nisto, além de trazer muitos benefícios para as cidades e seus moradores. Ela pode proporcionar um conforto térmico e acústico, melhoria na umidade do ar, ajuda a combater o efeito das ilhas de calor, além da estética. Ela ainda colabora com a drenagem urbana, pois minimiza os picos de vazão quando ocorre as chuvas, pois a água fica retida na cobertura verde, retardando seu escoamento. O trabalho analisa a cobertura verde com suas camadas, para ser usada como um sistema de filtros para a água da chuva e água servida, sendo assim um sistema alternativo para a reutilização da água. É necessário analisar as propriedades da água filtrada pelo telhado, pois as normas exigem valores de pH, turbidez, coliformes fecais e cloro residual livre para que a água possa ser reutilizada. Estas análises foram satisfatórias, a água ainda necessita de um tratamento com o uso de cloro (hipoclorito de sódio), mas trata-se de um sistema simples e acessível a todos. Após isso, a água está pronta para ser reutilizada.

Palavras-chave: Cobertura verde. Reutilização. Águas servidas.

ABSTRACT

The green areas in urban centers are on the wane. The use of green roof may help this way and bring many benefits to the city and its residents. It provides thermal and acoustic comfort, improves humidity, helps to combat the effect of heat islands, besides aesthetics. It also collaborates with urban drainage, because it minimizes the peak flow that occurs during the rain, as the water is retained on the green cover in order to slow its flow. This study provides the green cover with its layers, to be used as a filtering system for the rainwater and wastewater, thus it is an alternative system for the reuse of water. It is necessary to analyze the properties of water filtered through the roof because the standards require values for pH, turbidity, fecal coliform and residual chlorine in order to reuse the water. These analyzes were satisfactory, the water still requires treatment with the use of chlorine (sodium hypochlorite), but this is a simple and accessible system for everyone . Afterwards, the water is ready for reuse.

Key-words: Green roof. Reuse. Wastewater.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 01 – CAMADAS UTILIZADAS NA COBERTURA VERDE	18
FIGURA 02 – TELHADO VERDE EXTENSO (1), SEMI-INTENSIVO (2), INTENSIVO (3)	19
FIGURA 03 – COMPARAÇÃO ENTRE OS FLUXOS DE CALOR AO LONGO DE CADA TIPO DE TELHADO	23
FIGURA 04 – CLASSIFICAÇÃO E PARÂMETROS PARA O REÚSO DE ÁGUA	25
FIGURA 05 – PROCESSO DE MONTAGEM DAS CAMADAS DOS PROTÓTIPOS FEITO EM LABORATÓRIO	30
FIGURA 06 – ÁGUA RETIDA NOS PROTÓTIPOS	31
FIGURA 07 – INÍCIO DA MONTAGEM DOS NOVOS PROTÓTIPOS	31
FIGURA 08 – PROTÓTIPO PRONTO COM IMPERMEABILIZAÇÃO COM LONA	32
FIGURA 09 – CAMADA DE GEOMANTA	33
FIGURA 10 – CAMADA DE PEDRA BRITA EM CIMA DA GEOMANTA	33
FIGURA 11 – CAMADA COM TERRA, EM CIMA DA BRITA E DA GEOMANTA	33
FIGURA 12 – CAMADA DE GRAMA EM CIMA DA TERRA	33
FIGURA 13 – DETALHE DA ARGILA EXPANDIDA NA FAIXA FINAL DA COBERTURA	34
FIGURA 14 – PROTÓTIPO FINALIZADO	34
FIGURA 15 – TERMOHIGRÔMETRO NO INTERIOR DO PROTÓTIPO DE COBERTURA VERDE	35
FIGURA 16 – ABRIGO METEOROLÓGICO, COM DETALHE DO TERMOHIGRÔMETRO ANALÓGICO INTERNO	36
FIGURA 17 – DEPÓSITO DE LIXO RECICLÁVEL COM DETALHE DO TERMÔMETRO INTERNO	36
FIGURA 18 – ESQUEMA DO EXPERIMENTO	37
FIGURA 19 – TURBIDÍMETRO	38
FIGURA 20 – MEDIDOR DE OXIGÊNIO DISSOLVIDO	38
FIGURA 21 – KIT MEDIDOR DE CLORO E PH	38
FIGURA 22 – MISTURA DA TERRA E BRITA	39

FIGURA 23 – CAMADA DE BRITA Nº 0 EM CIMA DA GEOMANTA	39
FIGURA 24 – GEOMANTA EM CIMA DA CAMADA DE BRITA	39
FIGURA 25 – CONE DE IMNHOFF, ANTES E DEPOIS DA ADIÇÃO DO SULFATO DE ALUMÍNIO	48
FIGURA 26 – FILTRO RÁPIDO MONTADO COM CASCALHO, AREIA E CARVÃO ANTRACITO	49
FIGURA 27 – AMOSTRAS ANTES E DEPOIS DA ADIÇÃO DE CLORO	50
FIGURA 28 – VARIAÇÃO DE TEMPERATURA (°C) X TEMPO (DIAS)	52

LISTA DE TABELAS

TABELA 01 – CARACTERIZAÇÃO DA CLASSIFICAÇÃO DO TELHADO VERDE	19
TABELA 02 – FILTRAÇÃO NOS PROTÓTIPOS DO LABORATÓRIO, DIA 28/MAI/2012	40
TABELA 03 – FILTRAÇÃO NOS PROTÓTIPOS DO LABORATÓRIO, DIAS 13 E 14/MAI/2012	41
TABELA 04 – FILTRAÇÃO NA COBERTURA VERDE, DIA 10/JAN/2013	41
TABELA 05 – FILTRAÇÃO NA COBERTURA VERDE, DIA 11/JAN/2013	42
TABELA 06 – FILTRAÇÃO NA COBERTURA VERDE, DIA 14/JAN/2013	42
TABELA 07 – FILTRAÇÃO NA COBERTURA VERDE, DIA 19/JAN/2013	43
TABELA 08 – FILTRAÇÃO NA COBERTURA VERDE, DIA 04/FEV/2013	43
TABELA 09 – FILTRAÇÃO NA COBERTURA VERDE, DIA 05/FEV/2013	44
TABELA 10 – CHUVA NA COBERTURA VERDE, DIA 07/FEV/2013	44
TABELA 11 – CHUVA NA COBERTURA VERDE, DIA 18/FEV/2013	45
TABELA 12 – FILTRAÇÃO NA COBERTURA VERDE, DIA 20/FEV/2013	45
TABELA 13 – FILTRAÇÃO NA COBERTURA VERDE, DIA 25/FEV/2013	45
TABELA 14 – ANÁLISES DE COLIFORMES TOTAIS A 35°C E <i>ESCHERICHIA COLI</i> , NAS FILTRAÇÕES REALIZADAS NA 1ª COBERTURA	46
TABELA 15 – ANÁLISES DE COLIFORMES TOTAIS A 35°C E <i>ESCHERICHIA COLI</i> , NAS FILTRAÇÕES REALIZADAS NA 2ª COBERTURA	47
TABELA 16 – ANÁLISES DE COLIFORMES TOTAIS A 35°C E <i>ESCHERICHIA COLI</i> APÓS ADIÇÃO DE CLORO	50
TABELA 17 – TEMPERATURA E UMIDADE DA COBERTURA VERDE, CASA DE LIXO RECICLÁVEL E ABRIGO METEREOLÓGICO	51

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
1.1 OBJETIVOS	14
1.1.1 Objetivo geral	14
1.1.2 Objetivos Específicos	14
1.2 JUSTIFICATIVA	14
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
2.1 COBERTURAS VERDES	16
2.2 DRENAGEM URBANA	20
2.3 CONFORTO TÉRMICO	21
2.4 TRATAMENTO DE ÁGUAS	23
2.5 REÚSO DAS ÁGUAS	24
2.5.1 Filtração	24
2.5.2 Parâmetros analisados	25
2.5.2.1 Características Físicas	26
2.5.2.1.1 Turbidez	26
2.5.2.1.2 Temperatura	26
2.5.2.2 Características Químicas	26
2.5.2.2.1 Potencial Hidrogeniônico	26
2.5.2.2.2 Oxigênio Dissolvido	27
2.5.2.2.3 Bactérias coliformes	27
3 MÉTODO DE TRABALHO	27
3.1 EQUIPAMENTOS	27
3.2 MATERIAIS	27
3.3 MÉTODOS	28
4 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DE RESULTADOS	40
4.1 PROTÓTIPOS ANALISADOS EM LABORATÓRIO	40
4.2 COBERTURA VERDE	41
4.3 TRATAMENTO DA ÁGUA APÓS FILTRAÇÃO	47
4.4 TEMPERATURA INTERNA DO PROTÓTIPO	51
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	54
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	56

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, com o aumento da população, principalmente nas grandes cidades, diminuíram drasticamente as áreas permeáveis das cidades. Esta área verde ajuda na absorção do gás carbônico e na consequente diminuição do efeito estufa. Para reduzir estes efeitos é necessário utilizar métodos alternativos, um deles é a utilização da cobertura verde.

A Cobertura Verde, também chamada de telhado verde, consiste na instalação de uma camada de vegetação no telhado. Esta vegetação pode variar desde um modesto gramado até árvores maiores. (*International Green Roof Association – IGRA, 2012*).

De acordo com MACHADO e CORDEIRO (2004), na Europa o telhado verde é utilizado tanto pela estética como para a redução de energia e para ajudar a reduzir o volume de água evitar enchente e em algumas regiões a cobertura verde é uma exigência legal. No Brasil ainda não é difundido, mas traria muitos benefícios, principalmente nas regiões mais quente, devido ao conforto térmico oferecido.

Para a construção de um telhado ou teto verde é necessário um estudo prévio, onde deverá ser avaliada a tipologia da vegetação a ser inserida, como também a avaliação da água retida no solo, que irá gerar um peso para a área estrutural. Uma impermeabilização deverá ser aplicada, antes da instalação do telhado verde, de modo a evitar processos de infiltração da água na laje e patologias.

A Associação Internacional do Telhado Verde (*International Green Roof Association – IGRA*) explica que o uso de coberturas verdes contribui no combate às chamadas ‘ilhas de calor’, que acontece devido à presença excessiva de estruturas de concreto, aumentando assim a temperatura dentro das cidades. Esta diferença de temperatura, no verão, pode chegar a quase 10°C. Este efeito afeta a qualidade de vida e prejudica a saúde dos habitantes na cidade.

O uso da cobertura verde também colabora na prevenção de inundação local, devido a sua capacidade de reter água, isso varia de acordo com o sistema do telhado e a profundidade. A redução de escoamento pode ser de 50 a 90%. A maior parte desta água retorna diretamente para o seu ciclo natural, pela transpiração/evaporação da cobertura verde. (*IGRA - International Green Roof Association*).

De acordo com o IGRA nenhum outro estilo arquitetônico oferece um vasto leque de efeitos positivos para os edifícios, habitantes e meio ambiente. Assim, os telhados verdes cumprem uma das condições essenciais do desenvolvimento sustentável, a reconciliação entre economia e ecologia.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo geral

Avaliar a eficiência e aplicabilidade da cobertura verde para o desempenho térmico e reúso da água da chuva e águas servidas.

1.1.2 Objetivos específicos

- Determinar a variação térmica da edificação em função da implantação de uma cobertura verde.
- Escolher as camadas a serem utilizadas no sistema de filtros na cobertura.
- Avaliar a eficiência das camadas utilizadas para a cobertura verde no tratamento de águas servidas.

1.2 JUSTIFICATIVA

Com o aumento da industrialização e da população, são necessárias novas medidas para reduzir os danos causados ao meio ambiente. Assim o uso da cobertura verde juntamente com um sistema de filtros para reutilizar as águas servidas e da chuva pode se tornar uma inovação no mercado, por ser um método simples de filtração.

As coberturas verdes têm sido utilizadas para resolver problemas do ambiente urbano. Mendes, Raes e Hermy (2003), explicam que ela reduz a amplitude de oscilação de temperatura durante o dia e noite, por meio da evapotranspiração e da condensação da água. Ainda possuem uma grande capacidade térmica interna e externamente, devido a presença de água nas plantas e no substrato e pelo fenômeno natural da fotossíntese, o que neutraliza o CO₂ (gás carbônico), reduzindo o efeito estufa.

A implantação de uma cobertura verde, juntamente com um sistema de filtragem para água da chuva e águas servidas da própria residência, valoriza a cobertura e a edificação. A ideia desta cobertura com sistema de filtro ajuda a construção a se tornar sustentável, pois a água potável é um bem finito em nosso planeta, então a reutilização é de extrema importância. O conceito de

sustentabilidade é que se devem suprir as necessidades das gerações presentes sem comprometer as necessidades das gerações futuras

Este projeto visa a implantação de um sistema de filtro para instalar juntamente com a cobertura verde, para captar a água da chuva e analisá-la para reutilização da mesma. Além da água da chuva será feito um sistema de coleta da água servida das residências, para também “passá-la” pela cobertura verde, e analisar suas propriedades, verificando as mudanças ao passar pelo processo de filtragem, se tiver um bom resultado ela poderá ser reutilizada.

Para o estudo da viabilidade deste sistema, será construído um protótipo de 2 metros de comprimento e 1 metro de largura, e nele será implantada a cobertura verde, utilizando materiais de fácil aquisição e baixo custo.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O setor da Construção Civil é responsável por satisfazer as necessidades do homem, projetando e executando toda infraestrutura para sua vida. Bianchini e Hewage (2012 apud SEV, 2009) afirmam que este mesmo setor é um dos principais contribuintes para os problemas ambientais, principalmente devido ao uso de materiais não renováveis. A construção civil é necessária para o desenvolvimento, então é necessário minimizar os danos ao meio ambiente colocando em prática a idéia da sustentabilidade, projetando construções sustentáveis, onde há a reutilização de energias e materiais não renováveis. (CAPRA, 2003).

Toda construção atinge direta ou indiretamente o meio ambiente, deve-se optar por meios alternativos para minimizar este impacto. O uso de vegetação na cobertura, denominada de cobertura ou telhado verde, é uma alternativa que tras melhorias para o homem e meio ambiente.

2.1 COBERTURAS VERDES

Os telhados verdes nasceram na Alemanha, e na década de 1960 ganharam espaço em toda a Europa, tornando-se sinônimo de requinte e bem-estar no topo de cidades como Nova York. Os telhados verdes, também conhecidos como *green roofs* e telhados vivos, aliam o paisagismo à redução das temperaturas internas das edificações, podendo ajudar a controlar o efeito estufa, melhorar a qualidade do ar por meio da fotossíntese, reduzir o escoamento de águas pluviais para as vias públicas e atenuar efeitos dos bolsões de calor das grandes cidades. (D'ELIA, 2009,).

O baixo desempenho térmico das coberturas convencionais causa grande desconforto no interior da construção. Assim devem-se buscar alternativas para a melhoria da qualidade de vida. A utilização de áreas verdes na cobertura é uma destas alternativas, pois a vegetação é um recurso de baixo custo e extremamente eficiente para amenizar o clima das cidades, reduzindo, ao mesmo tempo, o desperdício de energia com a climatização de edifícios.

Na maioria das vezes, nas mais variadas edificações, a cobertura é a estrutura mais exposta às radiações solares. A vegetação aplicada à cobertura pode

protegê-la da radiação solar direta e até mesmo reduzir suas temperaturas, por meio de refrigeração evaporativa em climas quentes, como é o caso de grande parte do território brasileiro. (DEL BARRIO, 1998).

Há estudos realizados em países onde o verão é rigoroso, como em Cingapura, onde Wong et al. (2003) analisaram os efeitos de coberturas verdes sobre o consumo de energia de edifícios comerciais e constataram uma redução de até 15% no consumo anual. Em Atenas, Grécia, Niachou et al. (2001) analisaram o desempenho térmico e energético de edifícios com e sem cobertura verde e verificaram que, em 68% dos edifícios com cobertura convencional as temperaturas máximas ultrapassaram 30°C, enquanto esta temperatura foi atingida em apenas 15% dos edifícios com coberturas ajardinadas. No Brasil, Pouey et al.(1998) compararam temperaturas superficiais externas de coberturas verdes e de terraços, constatando 35,9 °C na cobertura com vegetação contra 48,9 °C nos terraços.

Devem-se montar os telhados verdes seguindo a ordem das camadas, para que não ocorram problemas. De acordo com Pérez et al. (2001), os telhados verdes são geralmente formados pelas seguintes camadas:

- Camada de vegetação;
- Camada de substrato: solo, o qual fornece nutrientes e tem a capacidade de reter água;
- Camada de filtro: Normalmente geotexteis de polipropileno ou membranas de poliéster. Ela permite a passagem da água e retém o material pulverulento que pode entupir as cavidades na drenagem;
- Camada de drenagem: deve ser capaz de reter água quando chove e assegurar uma boa drenagem e arejamento do substrato e das raízes. Utilizam-se principalmente materiais de pedra porosa, como argila expandida, xisto expandido, pedra-pomes e pozolana natural.
- Camada de proteção: Normalmente geotexteis de polipropileno ou membranas de poliéster. Proporciona uma proteção mecânica das camadas mais baixas, especialmente para a camada de impermeabilização.
- Barreira de Raiz e camada de impermeabilização: Protege o edifício da ação das raízes e da água. Normalmente é utilizado materiais betuminosos, membranas de PVC e outros feitos com borracha sintética ou polietileno.

A disposição destas camadas pode ser vista na Figura 01.

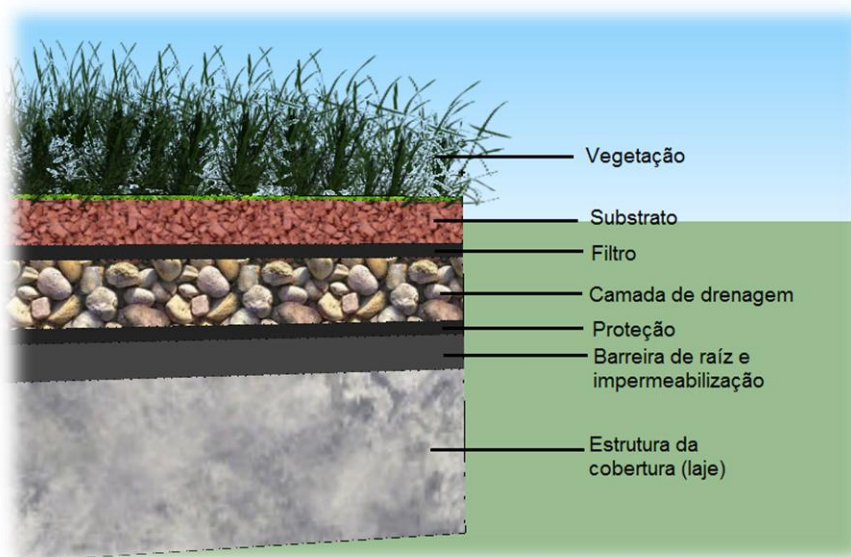


Figura 01 – Camadas utilizadas na cobertura verde.
Fonte: IGRA (*International Green Roof Association*) (2012).

Segundo a Associação Internacional do Telhado Verde (*International Green Roof Association – IGRA*), o telhado verde pode ser utilizado como um maravilhoso jardim no terraço com uma vista agradável para o proprietário e como um habitat não perturbado para a flora e fauna dentro das cidades.

O IGRA, 2012 apresenta três diferentes formas de telhados verdes: intensivo, semi-intensivo e extenso, os critérios que os caracterizam apresentam-se na TABELA 01.

Tabela 01 – Caracterização da classificação do Telhado Verde

Classificação do Telhado Verde	Extenso	Semi-intensivo	Intensivo
Manutenção	Baixo	Periodicamente	Alto
Irrigação	Não	Periodicamente	Regularmente
Comunidades	Moss – Sedum –	Grass – Ervas e	Gramado ou

vegetais	Ervas e gramíneas	arbustos	perenes, arbustos e árvores
Sistema de acumulação de altura	60 – 200 mm	120 – 250 mm	150 – 400 mm, em garagens subterrâneas > 1000 mm
Peso	60 – 150 Kg/m ²	120 – 200 Kg/m ²	180 – 500 Kg/m ²
Custo	Baixo	Médio	Alto
Utilização	Camada de proteção ecológica	Projeto Telhado Verde	Parque como jardim

Fonte: Adaptado IGRA (*International Green Roof Association*), 2012.

Na Figura 02 pode-se ver os exemplos dos três tipos de telhado verde.

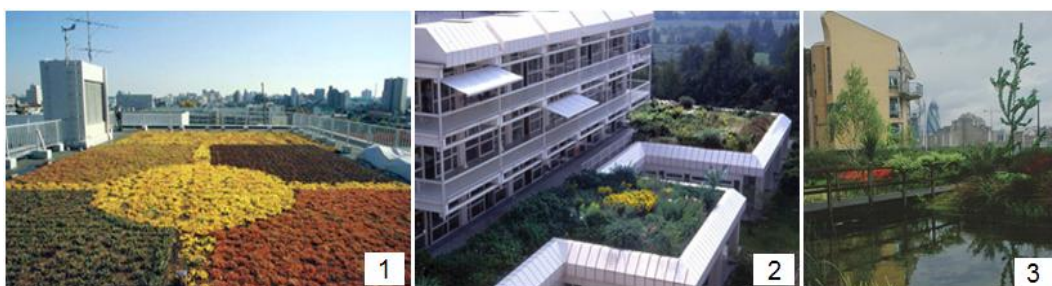


Figura 02 – Telhado verde extenso (1), semi-intensivo (2), intensivo (3).
Fonte: IGRA (*International Green Roof Association*) (2012).

Nas cidades mais desenvolvidas, de acordo com Stovin, Vesuviano e Kasmin (2011), os telhados são responsáveis por 40 a 50% da superfície impermeável urbana. Assim, qualquer técnica que reduz a taxa e volume do escoamento do telhado contribui na melhoria da gestão de águas pluviais.

A Agência do Meio Ambiente da Escócia, no Reino Unido, promove o uso do Sistema de Drenagem Sustentável (*Sustainable Drainage Systems - SUDS*), para a gestão de escoamento da água da superfície. Telhados verdes, trincheiras, valas de infiltração, lagoas, entre outras, são citadas pela SUDS como técnicas para ajudar no controle da quantidade de escoamento, já que estas realizam uma captação natural da água pluvial, sendo assim um sistema “mais sustentável” comparado com a drenagem canalizada convencional. (STOVIN; VESUVIANO; KASMIN, 2011).

Stovin, Vesuviano e Kasmin (2011) afirmam que os telhados verdes têm o potencial de filtrar a água, podendo assim, reutilizá-la. Neste telhado também pode-

se controlar a quantidade de escoamento, simultaneamente com o processo de filtragem. Dizem ainda que este tipo de cobertura representa uma oportunidade para a engenharia trabalhar em harmonia com os processos naturais do ambiente.

Poleto, Costa e Costa (2012) fizeram um estudo sobre a implantação do telhado verde para redução e retardo do escoamento superficial. Para isso foram feitos três tipos de cobertura: uma com obstáculos gerados pelo poliestireno expandido (isopor) triturado misturado à massa de cimento, outra com esta mesma mistura e a camada de cobertura verde em cima e uma última de telhado convencional lisa. Foi simulado uma chuva nestes telhados e observado qual a diferença na quantidade de volume d'água recolhido no coletor.

No resultado deste experimento foi possível perceber que os melhores resultados foram com o telhado com vegetação, o qual apresentou que na presença de obstáculos, no caso da vegetação, o pico de vazão é menor, diminuindo as possibilidades de enchentes. Isso demonstra a possibilidade de utilizar o telhado verde para retenção e retardo da vazão da água de chuva, servindo como uma forma de minimizar as inundações, assemelhando as características das bacias hidrográficas urbanas às bacias naturais. (POLETO; COSTA; COSTA, 2012)

As coberturas verdes influenciam diretamente na drenagem urbana das cidades, devido à retenção de água que ela possui. Ainda há a questão do conforto térmico que as mesmas oferecem à edificação, e também o processo de filtração como possível tratamento de águas para reutilização, o qual é o estudo deste trabalho. Estes itens serão apresentados separadamente a seguir.

2.2 DRENAGEM URBANA

A população urbana está tendo um crescimento significativo a cada ano. De acordo com o censo 2010 do IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 84 % dos brasileiros vivem em áreas urbanas. (IBGE, 2010)

Canholi (2005, p. 15) lembra que com este crescimento acelerado, poucas cidades consideraram a drenagem urbana como um fator preponderante no planejamento desta expansão. A ampliação destes sistemas mais tarde, requer elevados investimentos e muitas vezes pode ser impraticável devido a localização. Por isso Canholi (2005, p. 16) afirma que o estudo de novas soluções para adequar os sistemas existentes cresceram nas últimas décadas.

De acordo com Canholi (2005, p. 16), as inovações nos sistemas de drenagem têm por objetivo promover o retardamento dos escoamentos, propiciando:

- aumento dos tempos de concentração e a consequente redução nas vazões máximas;

- amortecimento dos picos e redução dos volumes de enchentes por meio da retenção em reservatórios;

- conter tanto quanto possível o escoamento no local da precipitação, através da melhoria das condições de infiltração, ou ainda em tanques de contenção.

Canholi (2005, p. 16) afirma que os problemas de drenagem urbana nas grandes e médias cidades brasileiras têm-se mostrado calamitosos. Diz ainda que as cidades apresentam freqüentes e graves inundações, como São Paulo, Rio de Janeiro, Belo Horizonte, Campinas e Recife, necessitam de soluções alternativas estruturais e não estruturais.

Medidas estruturais correspondem às obras que são implantadas visando a correção e prevenção dos problemas de enchentes. Consistem em obras de engenharia, como canalizações, reservatórios, etc. (CANHOLI, 2005, p. 25).

Nas medidas não estruturais procura-se reduzir as conseqüências das inundações pela introdução de normas, regulamentos e programas, para disciplinar a ocupação territorial e o comportamento de consumo das pessoas e atividades econômicas. Estas medidas podem ser eficazes a custos mais baixos e com longa atuação. (CANHOLI, 2005, p. 25).

2.3 CONFORTO TÉRMICO

A vegetação tem a capacidade de promover a, além de efeitos estéticos, ela tem como principal finalidade de controle da radiação solar, procurando minimizá-la no verão e otimizá-la no inverno. (RIVERO, 1985). Romero (2000) explica que através do processo de fotossíntese, que auxilia na umidificação do ar, provoca o resfriamento evaporativo que diminui a temperatura e aumenta a umidade do ar em dias quentes, assim, a vegetação atua como um refrigerador evaporativo diminuindo as altas temperaturas.

Quando utilizada a vegetação na cobertura, todas essas vantagens em relação à temperatura passam a influenciar também na edificação. Isso propicia ao

interior da edificação uma temperatura agradável em qualquer época do ano, minimizando custos com aparelhos de refrigeração.

Wong (2003) estudou os efeitos da cobertura verde, instalando-a em cinco edifícios em Cingapura. Com essa mudança o consumo de energia anual reduziu em até 15%. A carga interna de resfriamento e a transferência de carga térmica da cobertura foram reduzidas em até 79% e 81%, respectivamente.

Parizotto e Lamberts (2011, p. 3), fizeram um estudo de caso sobre o desempenho térmico nos três tipos de telhados: cerâmico, metálico e com o uso de vegetação. Observando as temperaturas externas nos três telhados, observou-se que no telhado verde a redução da temperatura da superfície e da sua amplitude diária. Parte da energia solar recebida pela radiação é dissipada através da transferência de calor por radiação entre a cobertura e a atmosfera, e a parte restante é dissipado pelo processo de evapotranspiração.

Neste mesmo caso verificou-se que no momento de temperatura máxima durante o dia, a temperatura da superfície do telhado verde foi substancialmente mais baixa do que os outros telhados, cerâmico e metálico. Enquanto a temperatura externa do telhado cerâmico era de 57,5 °C, para o telhado metálico era de 51,7 °C e pra o telhado verde foi de 39,4 °C. Já no período noturno, a temperatura do telhado verde teve 2 °C a mais que a temperatura do ar externo, já os telhados cerâmico e metálico apresentaram temperaturas inferiores à do ar externo, diferenças de 3,2 e 2,6 °C, respectivamente.

A temperatura de ambientes com cobertura verde apresenta diferença pois o ar estacionário dentro da camada de vegetação minimiza a transferência de calor por advecção, que impede o aquecimento por ventos quentes, explica Parizotto e Lamberts (2011, p. 3).

Na Figura 03 é mostrada a comparação entre os fluxos de calor ao longo de cada tipo de telhado no estudo de Parisotto e Lamberts (2011). Neste gráfico os valores positivos representam o ganho de calor e os valores negativos representam a perda de calor.

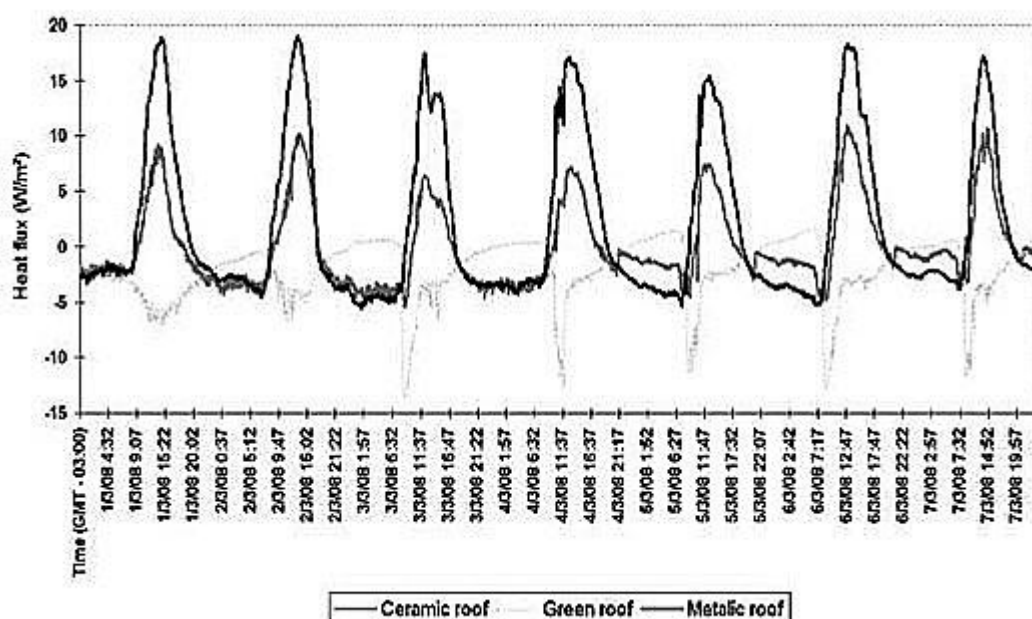


Figura 03 – Comparação entre os fluxos de calor ao longo de cada tipo de telhado.
 Fonte: Parisotto e Lamberts (2011, p. 8).

Analisando o gráfico apresentado na Figura 03, Parisotto e Lamberts (2011, p. 7) explicam que o fluxo de calor no telhado verde são sempre opostos aos os telhados cerâmico e metálico. Quando o telhado verde está aumentando a temperatura, o cerâmico e metálico estão perdendo. No momento de maior temperatura nos telhado cerâmico e metálico, no horário de 12:30 – 15:00 pm, o telhado verde apresenta valores elevados de perda de calor. Por exemplo no dia 01/Março/2008, os telhados cerâmico e metálico, apresentaram, respectivamente, 7,2 W/m² e 16,6 W/m² de ganho de calor, enquanto o telhado verde apresentou uma perda de calor de 3,8 W/m².

2.4 TRATAMENTO DE ÁGUAS

Segundo Costa (2010, p. 135), o tratamento de água consiste na remoção de partículas suspensas e coloidais, matéria orgânica, microrganismos e outras substâncias prejudiciais à saúde humana. As tecnologias de tratamento buscam atingir estes objetivos com menores custos de implantação, operação e manutenção, gerando o menor impacto possível ao meio ambiente.

Todo tratamento visa a qualidade da água, a qual é definida de acordo com a sua aplicação, imitando as condições de uso. Este controle de qualidade tem

o objetivo de limitar a quantidade de impureza, conforme a água e sua aplicação. (COSTA 2010).

De acordo com Costa (2010, p. 25), ao se definir a qualidade de um produto, ele deve estar dentro de um conceito normativo, deve ser aprovado para um determinado fim, para satisfazer uma necessidade. Para isso, é necessário reconhecer as características do produto e especificar as suas aplicações, qualificação e quantificação, assim como a sua viabilização e manutenção.

Costa (2010, p. 25) afirma ainda que é necessário conter o conceito de sustentabilidade na relação qualidade/aplicação, considerando a viabilização técnica, econômica, política e ambiental.

2.5 REÚSO DAS ÁGUAS

Para Costa (2010, p.153), qualquer técnica utilizada para reutilizar a água, sempre estará ligada à relação custo-benefício. Costa (2010, p 153) afirma que o reúso da água está cada vez mais reconhecido como uma das opções mais inteligentes para a racionalização dos recursos hídricos. O reúso revela-se como uma técnica segura e confiável, tendo investimentos cada vez menores, incentivando assim, uma prática cada vez mais aceitável.

Para reutilizar qualquer água, é necessário que ela passe por um processo de tratamento, estes podem ser por vários processos como coagulação, floculação, decantação e filtração, nos quais pode-se usar ainda produtos químicos. Neste projeto é utilizado o processo de filtração descrito a seguir.

2.5.1 Filtração

No que diz respeito ao tratamento de água, Costa (2010, p. 309) diz que a filtração consiste em um processo com principal objetivo de remover as partículas responsáveis pela cor, turbidez, as quais a presença reduz a eficácia da desinfecção na inativação de microrganismos patogênicos. Geralmente o processo de filtração complementa outros processos de tratamento.

Costa (2010, p. 309) lembra que a filtração têm as referências mais remotas no século 10 a.C., na Índia e na China, onde era utilizado material granular no fundo de poços rasos, para melhorar a qualidade da água para abastecer as

casas. Os meios filtrantes mais utilizados são cascalhos, pedregulho, seixos rolados, areia, antracito e carvão ativado. Estes materiais são usados devido a esfericidade, porosidade, densidade, dureza e tamanho dos grãos, fatores que caracterizam os meios filtrantes.

2.5.2 Parâmetros analisados

A NBR 13969/97 – Tanques sépticos – Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos – Projeto, construção e operação, apresenta os diversos tipos de tratamento e como devem ser executados e operados. Nela também são apresentados os tipos de reúso da água e os parâmetros que são exigidos para que a mesma possa ser reutilizada, assim como mostra na Figura 04.

Usos	Parâmetros
Classe 1	
Lavagem de carros e outros usos que requerem o contato direto do usuário com a água, com possível aspiração de aerossóis pelo operador, incluindo chafarizes.	Turbidez < 5 NTU Coliformes fecais < 200 NMP/100 mL Sólidos Dissolvidos Totais < 200 mg/L Cloro residual 0,5 – 1,5 mg/L pH 6 - 8
Classe 2	
Lavagem de pisos, calçadas e irrigação de jardins, manutenção de lagos e canais para fins paisagísticos, exceto chafarizes.	Turbidez < 5 NTU Coliformes fecais < 500 NMP/100 mL Cloro residual > 0,5 mg/L
Classe 3	
Reúso nas descargas dos vasos sanitários.	Turbidez < 10 NTU Coliformes fecais < 500 NMP/100 mL Sólidos Dissolvidos Totais < 200 mg/L
Classe 4	
Reúso em pomares, cereais forragens, pastagem para gados e outros cultivos através de escoamento superficial ou por sistema de irrigação pontual.	Coliformes fecais < 5000 NMP/100 mL Oxigênio dissolvido > 2 mg/L

Figura 04 – Classificação e parâmetros para o reúso de água

Fonte: Adaptado NBR 13969/97.

Neste projeto é analisada a turbidez, temperatura, pH, oxigênio dissolvido, coliformes totais a 35°C e *Escherichia Coli*, os quais são considerados na reutilização de água para fins não potáveis.

2.5.2.1 Características Físicas

2.5.2.1.1 Turbidez

A turbidez é o parâmetro que representa a interferência com a passagem de luz através de água, dando uma aparência turva na mesma. Essa interferência se dá devido a concentração de partículas suspensa, geralmente o que interfere na turbidez das águas são fragmentos de argila, silte, plâncton, microrganismos e matéria orgânica e inorgânica particulada. (SPERLING, 1998 e LIBÂNIO, 2010)

2.5.2.1.2 Temperatura

Libânio (2010, p. 25), diz que a temperatura da água e dos fluídos em geral indica a magnitude da energia cinética do movimento aleatório das moléculas e sintetiza o fenômeno de transferência de calor à massa líquida.

Temperatura elevadas aumentam as taxas de reações químicas e biológicas, e ainda diminuem a solubilidade dos gases, como o oxigênio dissolvido. Podem gerar também, mau cheiro, devido ao aumento da taxa de transferência de gases. (SPERLING, 1998)

2.5.2.2 Características Químicas

2.5.2.2.1 Potencial Hidrogeniônico

O potencial hidrogeniônico (pH) é a concentração dos íons H^+ nas águas e representa a intensidade das condições ácidas ou alcalinas do ambiente aquático. (LIBÂNIO, 2010). O baixo pH pode causar corrosividade e agressividade nas água de abastecimento e o pH elevado possibilita as incrustações nas águas. Os valores de pH distantes da neutralidade afetam a vida aquática e os microrganismos responsáveis pelo tratamento biológico dos esgotos. (SPERLING, 1998)

2.5.2.2.2 Oxigênio Dissolvido

Sperling (1998, p. 33) explica que o oxigênio dissolvido (OD) é essencial para os organismos aeróbios, (organismos que vivem na presença de oxigênio). As

bactérias usam o oxigênio nos seus processos respiratórios, podendo causar uma redução da sua concentração no meio. Caso o oxigênio seja totalmente consumido, tem-se as condições anaeróbias (ausência de oxigênio), gerando maus odores.

2.5.2.2.3 Bactérias coliformes

Libânio (2010, p. 64) explica que as bactérias do grupo coliforme habitam normalmente o trato intestinal dos animais de sangue quente, servindo como indicadores da contaminação de uma amostra de água por fezes, além de existirem naturalmente no solo e na vegetação. Afirma ainda que a maioria das doenças associadas à água é transmitida por via fecal, ou seja, os organismos patogênicos eliminados pelas fezes atingem o ambiente aquático, podendo ocorrer a contaminação das pessoas que tenham contato com esta água.

3 MÉTODO DE TRABALHO

3.1 EQUIPAMENTOS

- Turbidímetro;
- Medidor de Cloro;
- Medidor de Ph;
- Medidor de Oxigênio dissolvido;
- Termo-higrômetro;
- Termômetro de mercúrio;
- Termômetro palito (cobertura)
- Cronômetro;
- Cone de Imhoff.

3.2 MATERIAIS

- Protótipo com estrutura em Madeira;
- Lona resistente;
- Pedra brita nº 0;
- Terra preta;

- Terra vermelha;
- Grama esmeralda;
- Geomanta;
- 2 Reservatórios de 50 litros;
- Balde para coleta;
- Regador de jardim;
- Sulfato de alumínio;

3.3 MÉTODOS

Segundo Strauss e Corbin (1998), o método de pesquisa é um conjunto de procedimentos e técnicas utilizados para se coletar e analisar os dados. O método fornece os meios para se alcançar o objetivo proposto, ou seja, são as “ferramentas” das quais fazemos uso na pesquisa, a fim de responder nossa questão.

Este projeto envolve a pesquisa qualitativa e pesquisa quantitativa, sendo a pesquisa qualitativa segundo Silva e Menezes (2000), a pesquisa qualitativa é uma relação dinâmica entre o mundo real e o sujeito, é um vínculo que não pode ser traduzido em números. Segundo Ribeiro, Echeveste e Danilevich (2001), a etapa quantitativa permite que sejam realizadas análises numéricas dos dados levantados na etapa qualitativa. Antes da aplicação definitiva da pesquisa, o instrumento de coleta de dados deve ser testado e devem ser eliminados todos os possíveis problemas nele existentes sobre variáveis a serem estudadas com maior profundidade.

Foi realizada uma pesquisa experimental, que segundo Araújo e Oliveira (1997), usa-se esta pesquisa para determinar o objeto a ser estudado, estudar as variáveis que o influenciam, e verificar quais os efeitos causados. Esse tipo de pesquisa caracteriza-se por manipular de forma direta as variáveis relacionadas ao objeto de estudo. Cria-se situações onde é possível manipular as variáveis independentes e assim, observa-se o que acontece com as dependentes, analisando a relação causa e efeito.

Para análise dos materiais utilizados no laboratório, e ainda pesquisando sobre artigos sobre o tema, buscou-se escolher materiais que estavam disponíveis

na área de estudo e que fossem de baixo custo. Assim, optou-se pelo uso da geomanta, brita nº0, terra e grama esmeralda (*Zoysia Japonica*).

Para iniciar o experimento, foi necessário escolher os materiais que seriam utilizados na montagem das camadas para o filtro e cobertura verde. Para isso foi feita pesquisas sobre os materiais que eram utilizados e quais os seus benefícios e malefícios. Considerando materiais de baixo custo e fácil aquisição foram escolhidos para análise a areia, brita, argila expandida e geomanta. Para analisar o comportamento destes materiais foram feitos dois protótipos em laboratório da seguinte forma:

Utilizando dois galões de 20 litros, foram cortados a parte superior e posicionado uma torneira na parte inferior, esta servirá para a retirada do escoamento da água. Foi colocada uma tela nesta torneira para não haver o problema de obstrução à mesma. Feito isso, foi iniciado o processo de montagem das camadas. Primeiramente foi colocado uma camada de três centímetros de areia, três centímetros de pedrisco, quatro centímetros de pedra brita nº 1, três centímetros de terra vermelha e por fim, uma camada de grama esmeralda (*Zoysia Japonica*). Este processo de montagem pode ser visto na Figura 05.





Figura 05 – Processo de montagem das camadas dos protótipos feito em laboratório.
Fonte: Autora (2012).

Com os dois protótipos prontos, iniciou-se o procedimento de filtração da água servida, para isso os protótipos foram colocados em uma bancada, mantidos com uma inclinação de 18%.

A água servida utilizada era água cinza, proveniente de diferentes máquinas de lavar roupas. Estas amostras eram coletadas em frascos de polietilenos de 2 litros, e antes de serem utilizadas no experimento, eram homogeneizadas em um recipiente, de modo a manter uma característica única da amostra.

Nos dias 13 e 14/mai/2012 foram realizados 2 filtrações em cada um dos protótipos, aqui chamados de Filtro 1 e Filtro 2. Analisou-se a turbidez antes e depois da filtração, os resultados se apresentam na Tabela 02 - Filtração nos protótipos do laboratório, dias 13 e 14/mai/2012 apresentado nos resultados.

Após estas filtrações, verificou-se que os filtros ficaram totalmente saturados e não houve mais escoamento. Após 15 dias ainda tinha água nos protótipos, como mostra na Figura 06, isto ocorreu, pois a terra obstruiu as camadas de britas e a passagem à torneira. Os protótipos foram desmontados e montados novamente com camadas diferentes.



Figura 06 – Água retida nos protótipos.
Fonte: Autora (2012).

Nos novos protótipos, para que não houvesse contato da terra com a saída da torneira foi feito uma espécie de bolsa na parte frontal dos filtros, como mostrado na Figura 07. Um filtro foi feito com brita e outro com argila expandida.



Figura 07 – Início da montagem dos novos protótipos.
Fonte: Autora (2012).

Na parte posterior dos filtros foi montada a mesma camada do filtro anterior, com areia, pedrisco, brita nº 1, terra e grama. Na “bolsa” do filtro 1 foi colocado brita e no filtro 2 argila expandida.

Com os filtros prontos fizeram-se novamente algumas filtrações, como mostra na Tabela 03 - Filtração nos protótipos do laboratório, dia 28/maio/2012.

Prosseguiu-se com a construção do protótipo, o qual tem dimensões de 2 metros de comprimento e 1 metro de largura, com cobertura com 2,20 metros de comprimento e 1,10 metros de largura, totalizando uma área de 2,42 m², utilizou-se uma inclinação de 15%, vista na Figura 08. Nas extremidades do telhado foi feita uma proteção para proteger as camadas e não cair material.

Para a camada de impermeabilização foi utilizada uma lona resistente, com cuidado para que não houvesse nenhum ponto de infiltração. A estrutura do protótipo foi toda feita em madeira, mostrado na Figura 08.



Figura 08 – Protótipo pronto com impermeabilização com lona.
Fonte: Autora 2013.

Dentro do protótipo foram utilizadas como piso, telhas cerâmicas, para que o contato direto no solo não tivesse influência na temperatura interna.

Após a estrutura pronta com a impermeabilização, iniciou-se a execução das camadas da cobertura verde. O primeiro passo foi colocar a geomanta em toda a cobertura, que foi grampeada nas extremidades para não se deslocar, como visto na Figura 09.

A próxima camada foi de pedrisco (brita 0) com 3 centímetros de espessura, mostrada na Figura 10. Estas pedras foram lavadas e deixadas para secar ao sol antes de serem instaladas, para que o material pulverulento não interferisse nos resultados.



Figura 09 – Camada de geomanta.
Fonte: Autora (2013).



Figura 10 – Camada de pedra brita em cima da geomanta.
Fonte: Autora (2013).

Logo após a camada da brita, foi posicionada uma camada de terra com 2,5 centímetros de espessura, como mostra a Figura 11.

Após a camada de terra, foi colocada a última camada, de grama esmeralda, como visto na Figura 12. A grama estava em tapetes com pedaços de aproximadamente 30 x 50 centímetros, e com estes tapetes foi sendo preenchida toda a cobertura.



Figura 11 – Camada de terra em cima da brita e geomanta.
Fonte: Autora (2013).



Figura 12 – Camada de grama em cima da terra.
Fonte: Autora (2013).

Como a argila expandida também apresentava bons resultados na drenagem nas coberturas verdes, foi substituída a brita por argila expandida em uma faixa de 20 centímetros no final do telhado, para que a água escoe por ela antes de ir para a calha, este detalhe é mostrado na Figura 13.



Figura 13 – Detalhe da argila expandida na faixa final da cobertura.
Fonte: Autora (2013).

Logo acima da argila expandida foi realizado procedimento igual ao anterior com a brita, foi colocado uma camada de terra e depois a grama esmeralda. Finalizando as camadas da cobertura verde.

Ainda foi feito um ajuste no final do telhado, pois a água percolava pela geomanta que era presa embaixo e acabava escoando fora da calha. Então foi colocado uma tábua e preso a geomanta nela. O protótipo ainda recebeu uma pintura na cor branca e foi colocado um reservatório fechado de 50 litros para coletar a água, como mostra na Figura 14.



Figura 14 – Protótipo finalizado.
Fonte: Autora (2013).

Dentro do protótipo foi colocado um termohigrômetro, que é um termômetro com bulbo seco e outro com bulbo úmido, para controle da temperatura e umidade no interior do mesmo. Ele foi colocado no centro do protótipo para não sofrer interferência das paredes, como mostrado na Figura 15. Também se utilizou o termohigrômetro analógico instalado no abrigo meteorológico, ilustrado na Figura 16 nas proximidades do protótipo. Foi instalado também um termômetro de mercúrio no depósito de lixo reciclável da universidade, que é uma construção feita em alvenaria e cobertura com telhas de fibrocimento, vista na Figura 17.

Para o monitoramento da precipitação no local da instalação do experimento, instalou-se um pluviômetro modelo Cunha, ao lado do telhado verde.

Este pluviômetro foi instalado a uma altura de 1,5 m do solo e sem interferências laterais.



Figura 15 – Termohigrômetro no interior do protótipo da cobertura verde.
Fonte: Autora (2013).



Figura 16 – Abrigo metereológico, com detalhe do Termohigrômetro analógico interno.
Fonte: Autora (2013).



Figura 17 – Depósito de lixo reciclável com detalhe do termômetro interno.

Fonte: Autora (2013).

Após todo o protótipo finalizado e tendo sido instalados os termômetros necessários para acompanhar a temperatura, os experimentos foram iniciados.

Para acompanhamento da temperatura, foram anotados os valores de temperatura no interior do protótipo, da casa de lixo reciclável e no abrigo meteorológico, assim como a umidade no interior do protótipo e no abrigo meteorológico, os dados serão apresentados no próximo item 4.4.

Para analisar a eficiência da cobertura e suas camadas na filtração da água, foi analisada a água antes e depois do processo de filtração. As propriedades analisadas foram turbidez, pH, cloro e oxigênio dissolvido, que foram descritos no item 2.5.2. A água servida ficava armazenada em um reservatório dentro da universidade, e a irrigação com a mesma era feita com o uso de um regador de jardim. Sempre era usada a mesma quantidade de água para irrigar o telhado, para avaliar a formação do escoamento que ocorria com intervalos variados. Foi cronometrado o tempo de irrigação todas às vezes que ocorriam o experimento, para determinar a vazão utilizada.

O esquema mostrado na Figura 18 explica como se fez o experimento, ilustrando a água, que irrigada com o regador de jardim, infiltrava-se na cobertura e escoava em direção a calha, e depois era captada no reservatório.

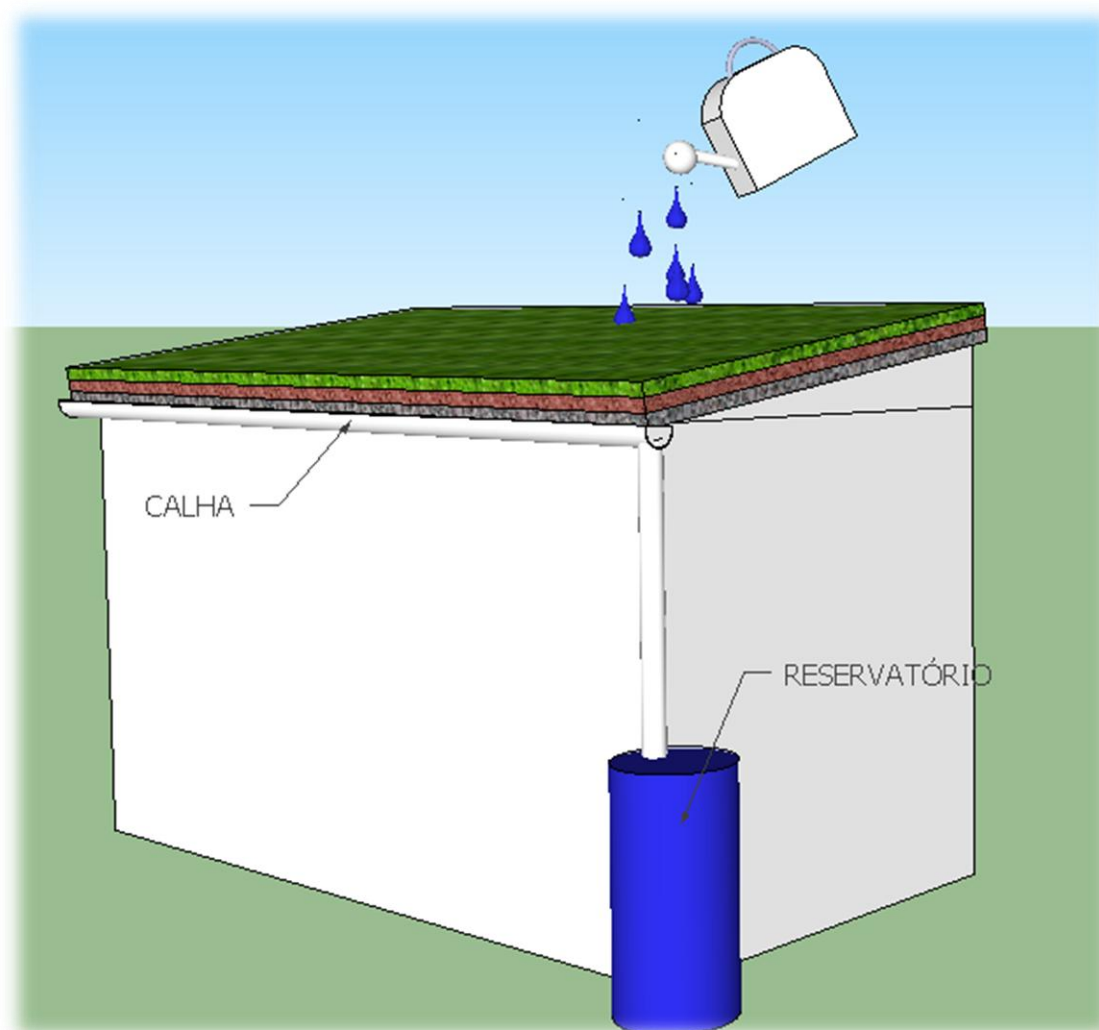


Figura 18 – Esquema do experimento.
Fonte: Autora (2013).

Para analisar a turbidez das amostras foi utilizado o turbidímetro, mostrado na Figura 19. Na análise do oxigênio dissolvido foi usado medidor de oxigênio dissolvido, mostrado na Figura 20, este mesmo equipamento apresenta a temperatura da água. Para saber a quantidade de cloro e o valor de pH da água, utilizou-se um equipamento simples, um kit de medição de cloro e ph para piscinas, mostrado na Figura 21, onde adiciona-se os reagentes indicados e conforme a cor, é possível saber o valor do pH e cloro na água, este é um equipamento simples e de fácil aquisição que foi escolhido para o experimento, de modo que o usuário deste sistema de telhado verde pode adquirir, em lojas especializadas em tratamento de piscinas.



Figura 19 – Turbidímetro
 Fonte: Autora (2013).



Figura 20 – Medidor de oxigênio dissolvido.
 Fonte: Autora (2013).



Figura 21 – Kit medidor de cloro e pH.
 Fonte: Autora (2013).

Foram coletadas 4 amostras em 3 semanas, realizando todos os testes descritos acima para se conhecer os valores de pH, cloro, oxigênio dissolvido, turbidez e temperatura, com dados mostrados nas Tabelas 04 à 07. Devido aos resultados obtidos, que estavam distantes do exigido pela NBR 13969/97, optou-se por montar novamente as camadas da cobertura, utilizando outra disposição das mesmas e outro tipo de terra, isso porque a terra usada (terra orgânica com alta coloração escura) poderia conter muita matéria orgânica, e por esta não estar

isolada do contato com a camada de brita, elas acabaram se homogeneizando, como mostra a Figura 22, comprometendo o sistema de filtros.



Figura 22 – Mistura da terra e brita.
Fonte: Autora (2013).

O início da nova camada foi igual da cobertura descrita anteriormente, uma geomanta e depois 3 centímetros de brita como mostra a Figura 23. Acima da brita foi colocado de novo a geomanta, como pode-se ver na Figura 24.



Figura 23 – Camada de brita nº 0 em cima da geomanta.
Fonte: Autora (2013).



Figura 24 – Geomanta em cima da camada de brita
Fonte: Autora (2013).

Concluída a nova cobertura verde, foi iniciado novamente os testes, feitos do mesmo modo descrito anteriormente. Os resultados destas novas análises apresentam-se nas Tabelas 08 à 13, descrito nos resultados.

Após a filtração na cobertura verde, para melhorar a cor da água filtrada fez-se o tratamento com um filtro rápido mostrado na Figura 26, montado com cascalho areia e carvão antracito dentro de uma bureta. Adiciona-se 500 ml da amostra de água filtrada para posterior análise. Outra tratamento sugerido foi a

adição de cloro (hipoclorito de sódio) nas amostras, para diminuir a cor das mesmas. Optou-se por estes tratamentos, pois são simples e com materiais de fácil aquisição nas cidades.

4 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DE RESULTADOS

Os resultados apresentados foram divididos em quatro partes: os resultados obtidos dos protótipos feitos em laboratório, Os feitos antes da construção da cobertura verde, após os resultados dos testes realizados na cobertura verde, os tratamentos testados para melhorar a água captada e os resultados de temperatura interna do protótipo.

4.1 PROTÓTIPOS ANALISADOS EM LABORATÓRIO

A análise realizada com os primeiros protótipos construídos em laboratório, nas quais os filtros 1 e 2 são iguais, apresentam os resultados de turbidez da Tabela 02.

Tabela 02 – Filtração nos protótipos do laboratório, dia 28/mai/2012

	Turbidez Inicial (NTU)	Turbidez Final (NTU)
Filtro 1	143	168
Filtro 1	161	142
Filtro 2	143	147
Filtro 2	201	196

Fonte: Autora (2012).

Observando estes valores, nota-se que apenas em duas análises houve diminuição da turbidez, e as outras duas aumentaram. Com os protótipos montados novamente, estes resultados foram diferentes, como mostrado na Tabela 03. Sendo que o Filtro 1 é o montado com brita e o Filtro 2 com argila expandida.

Tabela 03 – Filtração nos protótipos do laboratório, dias 13 e 14/mai/2012

	Turbidez Inicial (NTU)	Turbidez Final (NTU)
Filtro 1	137	231
Filtro 1	196	324
Filtro 2	137	632
Filtro 2	231	194

Fonte: Autora (2012).

Pode-se notar que apenas uma análise apresentou uma turbidez final menor que a inicial. Com estes resultados optou-se por utilizar a geomanta, brita, argila expandida, terra e grama para fazer as camadas da cobertura verde.

4.2 COBERTURA VERDE

A primeira irrigação e coleta foram dia 10/jan/2013, com os valores apresentados na Tabela 04 a seguir. Com vazão de 0,78 l/s.

Tabela 04 – Filtração na cobertura verde, dia 10/jan/2013

	Quantidade (L)	Turbidez (NTU)	pH	Cloro (mg/l)	Oxigênio (%)	Temperatura (°C)
Efluente	16	103	8,07	0,79	11,1	24,8
Afluente	1,7	582	8,05	4,29	15,2	25,7
Afluente após 1 dia	3,8	679	8,07		5,6	27,9

Fonte: Autora (2013).

Nas análises pode-se ver que a turbidez aumentou ao passar pela cobertura, isso pode ter ocorrido devido ao substrato utilizado (terra orgânica) ter contribuído com aumento da turbidez e cor. O pH manteve-se estável, não havendo interferência da cobertura.

Houve um aumento de cloro na água, isso pode ter ocorrido devido a ter sido utilizada água encanada na irrigação do telhado antes do início dos experimentos, pois esta água é tratada e têm a presença de cloro. O oxigênio dissolvido teve um aumento que pode ser explicado pela presença de vegetação na

cobertura ou devido a irrigação, que provocou um processo de aeração. Nas temperaturas não ocorreu uma diferença de variação.

No dia 11/jan/2013 fez novamente o experimento, com dados mostrados na Tabela 05. Com vazão utilizada de 0,66 l/s.

Tabela 05 – Filtração na cobertura verde, dia 11/jan/2013

	Quantidade (L)	Turbidez (NTU)	pH	Cloro (mg/l)	Oxigênio (%)	Temperatura (°C)
Efluente	16	103	8,07	0,79	11,1	24,8
Afluente	2,9	422	8,05	2,91	9	25,6
Afluente após 1 dia	3,1	431	8,05		7	24,5

Fonte: Autora (2013).

Neste dia pode-se notar que a quantidade de água escoada foi maior. Isso ocorreu porque o telhado mantinha a água acumulada do dia anterior, não havendo então tanta absorção desta água pelas raízes. A turbidez e o cloro tiveram um aumento de valores, mas comparados aos valores do dia anterior, este ficaram com valores inferiores, e o valor do pH manteve-se estável, com valores entre 8.

No dia 14/jan/2013 o experimento apresentou os dados apresentados na Tabela 06, com uso de vazão de 0,66 l/s.

Tabela 06 – Filtração na cobertura verde, dia 14/jan/2013

	Quantidade (L)	Turbidez (NTU)	pH	Cloro (mg/l)	Oxigênio (%)	Temperatura (°C)
Efluente	16	103	8,07	0,79	11,1	24,8
Afluente	1,3	422	8,10	3,48	5	24,5

Fonte: Autora (2013).

O escoamento neste dia foi menor, pois houve um intervalo de 3 dias entre as filtrações, e o solo se apresentava seco. Assim o volume de água retida na cobertura, foi maior. Os valores de turbidez, pH e cloro aumentaram.

No dia 19/jan/2013, os resultados estão ilustrados na tabela 7, mantendo constante a vazão dos dias anteriores.

Tabela 07 – Filtração na cobertura verde, dia 19/jan/2013

	Quantidade (L)	Turbidez (NTU)	pH	Cloro (mg/l)	Oxigênio (%)	Temperatura (°C)
Efluente	16	120	8,14	0,79	6,1	24,8
Afluente	1	49	8,05	0,52	8,7	25,9

Fonte: Autora (2013).

Quando realizada a irrigação do telhado verde com um intervalo de 5 dias, o volume de água escoado foi mínimo em comparação aos experimentos anteriores. A turbidez da amostra teve um valor menor, assim como o pH e o cloro, o que pode ser explicado devido ao intervalo de tempo, a filtração ocorreu sem a interferência de análises anteriores.

Nos dias 21/jan/2013, 28/jan/2013 e 01/fev/2013 realizou-se as filtrações do mesmo modo, utilizando 16 litros de água, mas não houve escoamento de água. Isto representa que, em dias de estiagem, ao ocorrer uma precipitação leve à moderada, o telhado funcionaria como um reservatório de águas pluviais, como um sistema de técnica compensatória para o sistema de drenagem pluvial urbana.

Com a nova cobertura montada, realizou-se o experimento da mesma forma. No dia 04/fev/2013 fez-se a primeira análise com água da chuva, que ocorreu uma precipitação acumulada de 30mm em um final de semana, com resultados apresentados na Tabela 08.

Tabela 08 – Chuva na cobertura verde, dia 04/fev/2013

	Quantidade (L)	Turbidez (NTU)	pH	Cloro (mg/l)	Oxigênio (%)	Temperatura (°C)
Efluente	-	1,5	8,16	0,17	4,5	21
Afluente	50	1,5	8,17	0,02	4,1	18,8

Fonte: Autora (2013).

Pode-se observar nesta primeira análise da nova cobertura verde que todos os parâmetros analisados tiveram melhora nos seus valores, apenas o pH teve o mesmo valor entre o efluente e o afluente, demonstrando-se que o solo e a brita não o modificaram. O valor do pH neste dia é o único valor que não está de acordo com as exigências da NBR 13969, apresentado no Quadro 01. Lembrando que estes valores são após a filtração, esta água ainda não teve nenhum tipo de tratamento posterior.

Tabela 09 – Filtração na cobertura verde, dia 05/fev/2013

	Quantidade (L)	Turbidez (NTU)	pH	Cloro (mg/l)	Oxigênio (%)	Temperatura (°C)
Efluente	16	5,9	7,1	0,73	9,4	24,8
Afluente	1,2	2,1	7,2	0,3	7,5	21,4

Fonte: Autora (2013).

Na análise realizada neste dia, com água servida, vê-se uma redução no valor da turbidez, mostrando a eficiência do processo de filtração que retém os sólidos presentes na água. O cloro também teve uma redução, o qual fica retido nas camadas da cobertura, estando de acordo com o exigido pela norma 13969/97. O pH, apesar do suave aumento está dentro dos valores exigidos pela norma 13969/97. O oxigênio dissolvido na água teve uma diminuição de 1,9%, isso pode ter ocorrido porque o oxigênio fica retido nos vazios da cobertura.

Tabela 10 – Chuva na cobertura verde, dia 07/fev/2013

	Quantidade (L)	Turbidez (NTU)	pH	Cloro (mg/l)	Oxigênio (%)	Temperatura (°C)
Efluente	-	1,5	8,16	0,17	4,5	21
Afluente	40	1,3	6,80	0,07	7,2	17

Fonte: Autora (2013).

Na análise deste dia, com água da chuva, pode-se notar a turbidez teve uma pequena variação. Já o pH teve uma redução de 1,36, tornando a água mais neutra. O cloro teve uma redução, mostrando que 0,10 mg/l ficou retido na cobertura. Já o oxigênio dissolvido na água, aumentou, provavelmente devido à chuva, que apresenta maior valor do mesmo.

Tabela 11 – Chuva na cobertura verde, dia 18/fev/2013

	Quantidade (L)	Turbidez (NTU)	pH	Cloro (mg/l)	Oxigênio (%)	Temperatura (°C)
Efluente	-	1,5	8,16	0,17	4,5	21
Afluente	50	1,1	6,8	0,07	7,2	17

Fonte: Autora (2013).

Na análise da chuva coletada no dia 18/fev/2013, correspondente a chuva da semana, que foi de 135 mm, pode-se ver uma redução nos valores do pH, pois a amostra inicial tem um pH elevado devido à presença de produtos de limpeza, ao passar pela cobertura verde, as camadas neutralizam o mesmo. O cloro teve uma redução de 0,10 mg/l, quantidade esta que fica retido na cobertura, por isso em outras análises pode haver o aumento do cloro. O oxigênio dissolvido teve um aumento de 2,7 % no seu valor, que ocorre por ser água da chuva.

Tabela 12 – Filtração na cobertura verde, dia 20/fev/2013

	Quantidade (L)	Turbidez (NTU)	pH	Cloro (mg/l)	Oxigênio (%)	Temperatura (°C)
Efluente	16	5,9	7,1	0,73	9,4	24,8
Afluente	1,7	1,8	7,3	0,21	5,1	27,4

Fonte: Autora (2013).

Nesta análise percebe-se uma diminuição do oxigênio dissolvido e do cloro, enquadrando-se na norma. O pH como sempre, apresenta uma variação, mas sempre estável.

Tabela 13 – Filtração na cobertura verde, dia 25/fev/2013.

	Quantidade (L)	Turbidez (NTU)	pH	Cloro (mg/l)	Oxigênio (%)	Temperatura (°C)
Efluente	16	5,9	7,1	0,73	9,4	24,8
Afluente	-	-	-	-	-	-

Fonte: Autora (2013).

*Devido à estiagem, o solo apresentava seco, e não ocorreu o escoamento.

Neste dia não houve escoamento, isto ocorre pois houve 3 dias sem chuva, então a cobertura devia estar totalmente seca, absorvendo assim os 16 litros de água, com a qual foi irrigado a cobertura.

As análises de coliformes totais a 35°C e da *Escherichia Coli* foram feitas em um laboratório especializado do Câmpus de Pato Branco, o LACQUA (Laboratório de Alimentos e Água). Foram feitas as análises dos reservatórios de água servida (efluente), de algumas filtrações e amostras da chuva filtrada

(afluentes). Na Tabela 14 a seguir são apresentados os resultados destas análises para a 1ª cobertura verde feita.

Tabela 14 – Análises de coliformes totais a 35°C e *Escherichia Coli*, nas filtrações realizadas na 1ª cobertura.

	Afluente 10/jan/13	Efluente 14/jan/2013	Afluente 19/jan/13	Efluente 19/jan/2013
Coliformes totais a 35°C (NMP*100/mL)	5948,0	5948,0	5948,0	5948,0
<i>Escherichia Coli</i> (NMP*100/mL)	< 1,1	< 1,1	< 1,1	< 1,1

Fonte: Autora (2013).

*NMP – Número Mais Provável.

Analisando os resultados destas análises de coliformes, pode-se observar que não houve mudança nos valores de coliformes. Isto pode ter ocorrido devido à terra usada nesta cobertura (bastante matéria orgânica), a qual também pode conter coliformes devido ao tipo de adubo usado na mesma.

Na Tabela 15 mostrada a seguir, apresentam-se os resultados das análises para a 2ª cobertura.

Tabela 15 – Análises de coliformes totais a 35°C e *Escherichia Coli*, nas filtrações realizadas na 2ª cobertura.

	Afluente 05/fev/13	Efluente 05/fev/2013	Efluente 20/fev/13	Efluente (chuva) 07/fev/2013
Coliformes totais a 35°C (NMP*100/mL)	1680	160	294	5948,0
<i>Escherichia</i>	< 1,1	< 1,1	< 1,1	< 1,1

<i>Coli</i> (NMP*100/mL)				
-------------------------------------------	--	--	--	--

Fonte: Autora (2013).

*NMP – Número Mais Provável.

Pode-se verificar que os resultados foram bem melhores, comparados com a antiga cobertura. Os valores de coliformes tiveram uma grande diminuição ao passar pelo processo da filtração na cobertura verde. Os valores de *Escherichia Coli* (*E. Coli*) não obteve variações. Isso ocorre porque a poluição local ocorre por animais de sangue quente, como aves e outro fator é o adubo utilizado pelas gramíneas utilizadas pelas coberturas. Apesar de o local apresentar proximidade com a Estação de Tratamento de Esgoto da cidade, esta não estaria influenciando no *E. Coli*, pois os valores são mínimos.

4.3 TRATAMENTO DA ÁGUA APÓS A FILTRAÇÃO

Como a água captada da cobertura verde ainda apresentava cor e turbidez, após a passagem pelo telhado verde, optou-se por testar o tratamento com o cone de Imhoff, com filtro rápido e adição de cloro. Optou-se por estes métodos, para que o usuário tenha facilidade de obter estes produtos, através do comércio da cidade.

O Cone de Imhoff é usado para verificar a quantidade de sólidos sedimentáveis. Para isso coloca-se 1 litro de água no cone, e deixa-se em repouso por 1 hora. Após isso verifica-se a quantidade de sedimentação que houve. Quando não há sedimentação em 1 hora, adiciona-se 2 ml de sulfato de alumínio (1%), que irá agregar as partículas, e após, sedimentar. Na Figura 25 pode-se ver o funcionamento do cone de Imhoff.

As amostras da primeira cobertura feita apresentavam sedimentação de 1 à 5 ml, nas amostras da nova cobertura, nenhuma apresentou sedimentação, apenas apresentava-se uma cor amarelada.

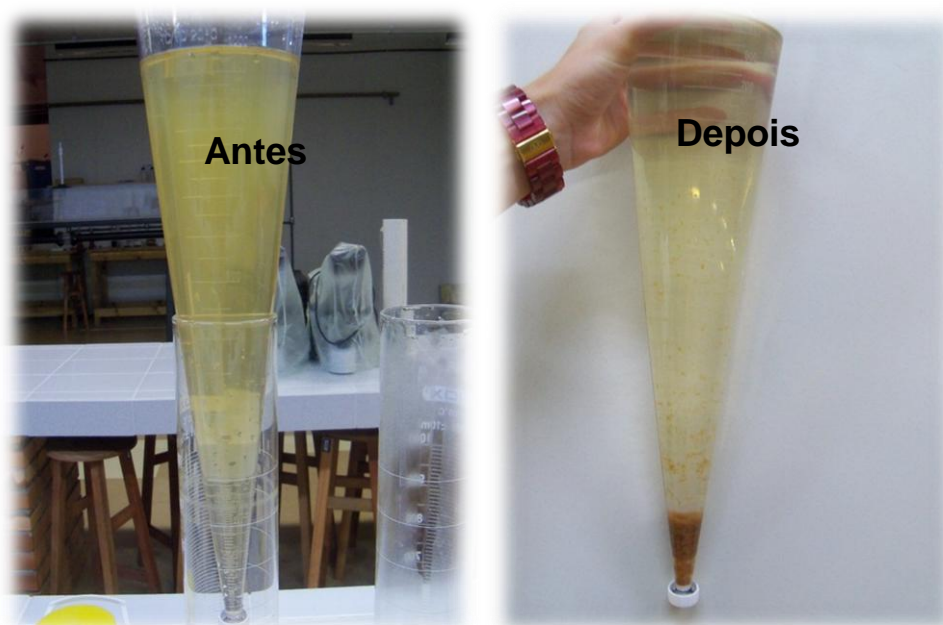


Figura 25 – Cone de Imhoff, antes e depois da adição do sulfato de alumínio.
Fonte: Autora (2013).

O filtro rápido mostrado na Figura 26 foi montado com cascalho, areia e carvão antracito dentro de uma bureta. Adicionou-se 500 ml de água, a qual escoou pelo filtro, mas não houve nenhuma diferença na cor da amostra, portanto apenas o tratamento químico pode deixar esta água com qualidade para a reutilização.



Figura 26 – Filtro rápido, montado com cascalho, areia e carvão antracito.
Fonte: Autora (2013).

Para minimizar a cor presente na água, foi adicionado cloro (hipoclorito de sódio) nas amostras de água. De acordo com a NBR 15527/2007 – *Água da chuva – Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – requisitos*, quando utilizado cloro residual livre para o tratamento de água, a quantidade adicionada deve estar entre 0,5 mg/L e 3,0 mg/L. Para este tratamento foi utilizado 3 mg/L, na Figura 27 pode-se ver a diferença na cor das amostras.

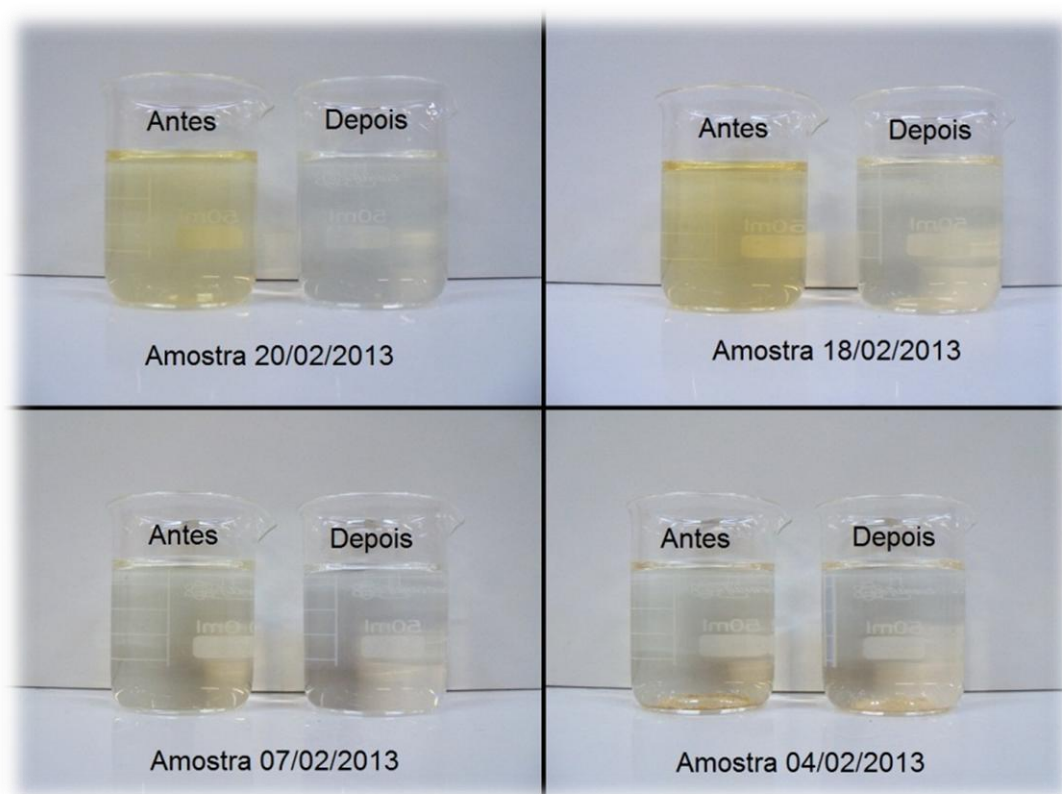


Figura 27 – Amostras antes e depois da adição de cloro.
Fonte: Autora (2013).

Pode-se observar que em todas as amostras houve uma considerável redução na coloração da água. Ainda fez-se uma análise dos coliformes totais a 35°C e de *Escherichia Coli* no efluente do dia 20/fev/2013 após ser adicionado 2mg/l de cloro. Pode-se ver a diferença de valores na Tabela 16.

Tabela 16 – Análises de coliformes totais a 35°C e *Escherichia Coli* após adição de cloro.

	Efluente 20/fev/13	Após adição de cloro (2mg/l)
Coliformes totais a 35°C	294	3,6

(NMP*100/mL)		
<i>Escherichia Coli</i> (NMP*100/mL)	< 1,1	< 1,1

Fonte: Autora (2013).

*NMP – Número Mais Provável.

Pode-se ver uma grande redução no valor dos coliformes fecais presentes na água, a redução foi de 290,4 NMP 100/mL, enquanto a *Escherichia Coli* não teve variação.

4.4 TEMPERATURA INTERNA DO PROTÓTIPO

Tabela 17 – Temperatura e umidade da cobertura verde, casa de lixo reciclável e abrigo metereológico

Data (ano 2013)	Hora	Temperatura (°C)					Umidade interna (%)	
		interna - bulbo seco	interna - bulbo molhado	cobertura	casa de lixo reciclável	Abrigo metereológico	Protótipo	Abrigo metereológico
11/01	17:05	27	19,5	33,9	29	28	53,5	48
14/01	16:50	29,7	23	37,5	30	29	56,5	49
19/01	18:00	27	21		28	26	66	59
21/01	15:08	27,5	22	33,1	30	27	60	56
28/01	16:00	30	25	39,5	31	29	68	56
01/02	15:00	31	25	34,8	33,8	32	60	56
04/02	16:00	25	20,3	29,8	26	25	67	60
05/02	14:10	28	22,2	32,8	30	29	64	55
18/02	13:20	26	21,5	29	28	27	82	78
20/02	12:00	28	25	31,1	30	29	77	69
25/02	10:45	25	23	30	27	26	84	78

Fonte: Autora (2013).

Analisando os dados da tabela acima, pode-se perceber que a temperatura no interior do protótipo com cobertura verde é na maioria dos dias mais baixa, quando comparada com o abrigo metereológico e a casa de lixo reciclável.

Verificando a umidade de ar do protótipo e do abrigo meteorológico pode-se notar que em todos os dias analisados a umidade do protótipo é maior.

Na Figura 28 é apresentado o gráfico que ilustra a variação de temperatura (°C) ao longo do tempo (dias), comparando as temperaturas dos três locais analisados.

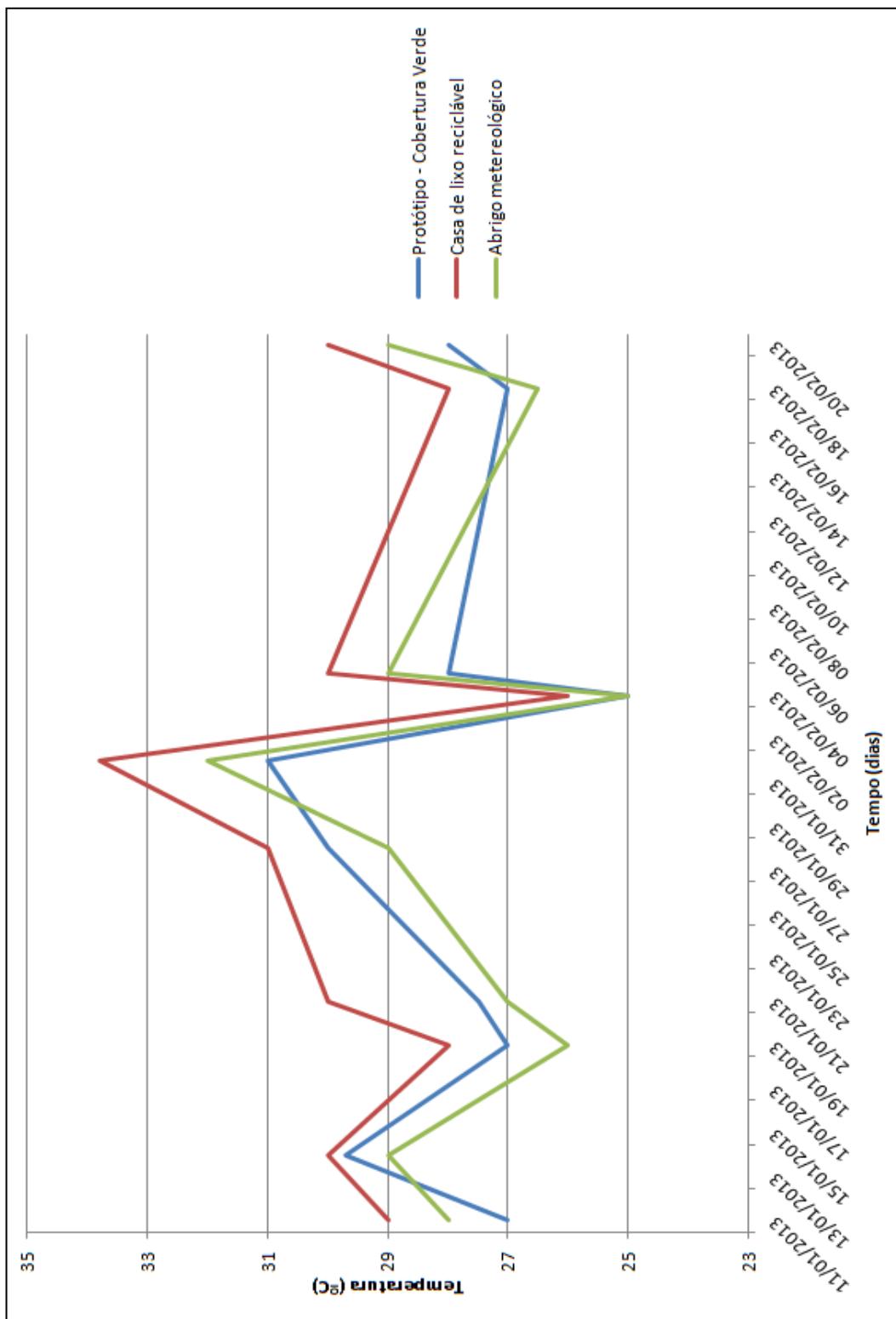


Figura 28 – Variação de temperatura (°C) x tempo (dias).

Fonte: Autora (2013).

Observa-se que em todos os dias analisados, a casa de lixo reciclável obteve os maiores valores de temperatura interna, ao comparado aos outros dois, o abrigo e a cobertura verde. Isto ocorre devido ao telhado de da casa de lixo reciclável ser de telha de telha de fibrocimento e deste modo, o aquecimento interno é maior. A temperatura do protótipo da Cobertura Verde apresenta valores parecidos com a temperatura do abrigo metereológico, apresentando pouca variação. Considerando que o abrigo têm dimensões menores e possui abertura nas laterais e na parte inferior, enquanto o protótipo é totalmente fechado.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O telhado verde é considerado atualmente como uma técnica compensatória para o sistema de drenagem pluvial urbana, o qual deveria ser inserido nos planos diretores das cidades, pois contribuem na retenção da água pluvial, de modo a reduzir o escoamento superficial na superfície urbana.

Esta pesquisa, inicialmente, teve como objetivo uma destinação para água cinza, proveniente de máquinas de lavar roupas, para o uso de irrigação em telhados verdes. Observou-se que esta água pode ser inicialmente utilizada para este fim, pois a gramíneas, com o sistema de irrigação, mantiveram-se com uma boa qualidade, e sem problemas de “definhamento” das plantas.

A água da chuva ou água servida que é filtrada pelas camadas da cobertura verde pode ser reutilizada, pois suas características estão de acordo com a NBR 13969/97. Apenas a cor da água pode incomodar os usuários, pois a cor é amarelada, devido ao solo da nossa região (terra escura). Por isso indica-se o uso de hipocloreto de sódio 2,5% (cloro) para tratar a água, podendo assim reutilizá-la para diversos fins em uma residência ou qualquer construção. Pode-se usar esta água reutilizada para o uso na descarga dos vasos sanitários, lavagem de pisos, calçadas, irrigação de plantas e outras atividades, desde que essa água não seja ingerida por seres vivos, que de acordo com o Ministério da Saúde a água potável deve atender a portaria nº 2.914 de 12 de dezembro de 2011 e que não ofereça riscos à saúde.

Com os experimentos analisados pode-se notar que a cobertura verde contribui para o conforto térmico nos ambientes, dispensando ou minimizando o uso de ar condicionado ou climatização.

A umidade relativa do ar também é satisfatória em ambientes com cobertura verde, pois ele mantém a umidade do ar no entorno, melhorando a qualidade de vida no imóvel e vizinhança.

Devido à grande capacidade de retenção de água que a cobertura verde possui, é necessário cuidado quanto à estrutura em que ela é instalada, ela deve ser projetada para este sobrepeso. Além da água que pode ficar retida na cobertura verde, ainda há o seu próprio peso, em função dos materiais que são utilizados para a sua instalação.

O telhado verde é citado na Lei estadual 17084 que dispõe sobre a obrigatoriedade de instalação de sistema de aquecimento de água por energia solar e aproveitamento de águas de chuva na construção de prédios públicos, bem como sobre a utilização de telhados ambientalmente corretos, publicada no Diário Oficial no dia 26 de março de 2012. Isto mostra como cada vez mais será exigidas alternativas sustentáveis nas construções.

Nesta pesquisa de trabalho de conclusão, tentou-se abordar apenas alguns elementos de estudo de telhados verdes, em condições de tratamento de água cinza e conforto térmico. Obviamente este estudo não se esgota nesta pesquisa, pois o estudo sobre telhados verdes no Brasil é recente. Gostar-se-ia de salientar que esta primeira etapa da pesquisa foi produtiva, pois se partiu da elaboração de um módulo experimental que não existia na Universidade, mas acredita-se ter alcançado o objetivo geral do trabalho e que futuras pesquisas sejam realizadas, para estudos locais. Pois em cidades com diferentes temperaturas, solo e precipitação, podem apresentar diferentes resultados, que devem ser avaliados para cada situação.

Como sugestão para futuras pesquisas, pode ser realizado o estudo deste mesmo protótipo em períodos de inverno, para avaliar as condições das gramíneas, com a irrigação de água cinza e também avaliar o conforto térmico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 7211: 13969/97** – Tanques sépticos – Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos – Projeto, construção e operação, Rio de Janeiro, 2007.

CANHOLI, Aluísio Pardo. **Drenagem Urbana e Controle de Enchentes**. São Paulo – SP, 2005.

CAPRA Fritjof. **As conexões ocultas**. São Paulo - SP, IDESA. 2003.

COSTA, Regina Pacca, TELLES, Dirceu D'Alkmin. **Reúso da água – conceitos, teorias e práticas**, São Paulo – SP, 2010, 2ª edição.

D'ELIA, Renata. **Telhados Verdes**. Revista Técnica ed. 148, 2009. Disponível em: <http://www.revistatechne.com.br/engenharia-civil/148/artigo144157-1.asp>. Acesso em: 27 nov. 2012.

DEL BARRIO, Elena Palomo. **Analysis of the green roofs cooling potential in building**, 1998. Energy in Buildings, 1998.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Disponível em: < http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia_visualiza.php?id_noticia=1766>. Acesso em: 11 jan. 2013.

INTERNATIONAL GREEN ROOF ASSOCIATION - IGRA. Disponível em: <http://www.igra-world.com>. Acesso em 27 nov. 2012.

KREBS, Lisandra F.; SATTler, Miguel A. **Coberturas vivas extensivas: Análise da utilização em projetos na região metropolitana de Porto Alegre e Serra Gaúcha**. XIII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, Canela, out. 2010.

LIBÂNIO, Marcelo. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água**, Campinas – SP, 2010, 3ª edição.

MENTENS, J. RAES, D. HERMY, M. **Green roofs as a tool for solving the Rainwater runoff problem in the urbanized 21st century?** Landscape and UrbanPlanning, 2003.

NIACHOU, A. et. al. **Analysis of the green roof thermal properties and investigation of its energy performance.** Energy and Buildings, 2011.

PARIZOTTO S, LAMBERTS R. **Investigation of green roof thermal performance in temperate climate: A case study of an experimental building in Florianópolis city, Southern Brazil.** Energy and Buildings, 2011.

PÉREZ, Gabriel, VILA Anna, RINCÓN Lúdia, SOLÉ Cristian, CABEZA Luisa F. **Use of rubber crumbs as drainage layer in green roofs as potential energy improvement material.** Elsevier, 2011.

POLETO, Cristiano; COSTA, Anderson; COSTA, Jeferson. **Telhado Verde: redução e retardo do escoamento superficial.** Toledo – PR, 2012.

POUEY, M. T.F.et.al.. **Coberturas verdes: análise de desempenho térmico.** In: VII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. Florianópolis. Anais. NPC/UFSC, 1998.

RIBEIRO, José Luis Duarte; ECHEVESTE, Márcia Elisa Soares; DANILEVICZ, Ângela de Moura Ferreira. **A utilização do QFD na otimização de produtos, processos e serviços.** Porto Alegre: FEEng / UFRGS, 2001.

RIVERO, R. **Arquitetura e clima: condicionamento térmico natural.** Porto Alegre. Editora Luzzato, 1985.

ROMERO, M. **Princípios bioclimáticos para o desenho urbano.** São Paulo, 2000.
SILVA, E. L.; MENEZES, E. M. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação.** UFSC, Florianópolis, 2000.

SPERLING, Marcos Von. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**, Belo Horizonte – MG, 1998, 2ª reimpressão.

STOVIN, Virginia; VESUVIANO, Gianni; KASMIN, Hartini. **The hydrological performance of a green roof test bed under UK climatic conditions**. Journal of Hydrology, 2011.

STRAUSS A., CORBIN J.. **Basics of qualitative research**. London, 1998, 2ª edição.

WONG, N. H. et al. **The effects of rooftop garden on energy consumption of a commercial building in Singapore**. Energy and Buildings, 2003.