

YAIR ANDREY RIVAS SANCHEZ

**AVALIAÇÃO DO EFEITO DE COBERTURAS VIVAS NO CICLO
HIDROLÓGICO URBANO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2013

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

R618a
2013

Rivas Sanchez, Yair Andrey, 1987-

Avaliação do efeito de coberturas vivas no ciclo hidrológico urbano / Yair Andrey Rivas Sanchez. – Viçosa, MG, 2013.
45 f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Orientador: Herly Carlos Teixeira Dias.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

Referências bibliográficas: f. 43-45

1. Água na arquitetura paisagística. 2. Ciclo hidrológico.
3. Águas pluviais. 4. escoamento urbano. 5. Arquitetura
paisagística urbana. 6. Jardinagem paisagística. I. Universidade
Federal de Viçosa. Departamento de Engenharia Florestal.
Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal.

II. Título.

CDO adapt. CDD 634.9116

YAIR ANDREY RIVAS SANCHEZ

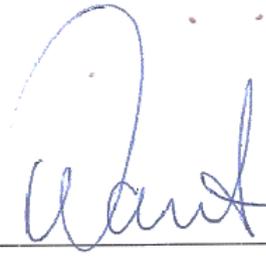
**AVALIAÇÃO DO EFEITO DE COBERTURAS VIVAS NO CICLO
HIDROLÓGICO URBANO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 17 de junho de 2013.



Affonso Henrique Lima Zuin



Wantuelfer Gonçalves
(Coorientador)



Herly Carlos Teixeiras Dias
(Orientador)

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Professor Herly Carlos Teixeira Dias por ter orientado na dissertação, pelo apoio e pelos contatos que me forneceu e também pelas aulas que serviram de base para este trabalho.

Ao Professor Wantuelfer Gonçalves por me ter recebido e pela sua atenção e disponibilidade.

Aos meus amigos e colegas que me ajudaram e me incentivaram.

À minha família pelo apoio.

RESUMO

SANCHEZ, Yair Andrey Rivas, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, junho de 2013. **AVALIAÇÃO DO EFEITO DE COBERTURAS VIVAS NO CICLO HIDROLÓGICO URBANO.** Orientador: Herly Carlos Teixeira Dias. Coorientador: Wantuelfer Gonçalves.

Existem ferramentas para reduzir os picos altos do escoamento e para aumentar a retenção e o armazenamento temporal de água pluvial. No entanto, Isto significa refazer o sistema hidrológico urbano, que cada vez tem um papel mais importante no ciclo hidrológico natural. A criação de áreas verdes é uma alternativa as novas tecnologias de sustentabilidade, o problema é a quantidade de superfícies impermeáveis e os custos elevados para a construção de áreas verdes maiores. Tendo em conta a quantidade de tetos urbanos, busca-se utilizá-los com coberturas vivas como uma possível solução para a redução das enchentes. Devido à capacidade de armazenarem água, elas podem reduzir significativamente o pico do escoamento da maioria das precipitações. Esta redução resulta da liberação gradual da água pela cobertura viva. No entanto, existem poucos estudos sobre o efeito das coberturas vivas no escoamento pluvial na América Latina sendo, portanto, de grande importância o estudo para conferir a aplicabilidade e os efeitos dessas construções no escoamento superficial urbano. Este trabalho tem como objetivo verificar experimentalmente a eficiência do uso das coberturas vivas no controle do escoamento superficial urbano. Por meio de um experimento composto de 16 módulos, sendo 12 módulos com cobertura viva (plantas) e 4 módulos com telhado convencional (amianto), pressupondo-se que as coberturas vivas são mais eficazes no restabelecimento das funções hidrológicas naturais, reduzindo os picos altos de escoamento. A prática de coberturas vivas revela grandes promessas na mitigação do impacto do crescente desenvolvimento no ambiente urbano.

ABSTRACT

SANCHEZ, Yair Andrey Rivas, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, June, 2013. **EVALUATION OF THE EFFECT OF GREEN ROOF, IN CYCLE HYDROLOGIC.** Adviser: Herly Carlos Teixeiras Diaz. Co-Adviser: Wantuelfer Gonçalves.

There are many tools to reduce the peak flow of stormwater runoff and increase the retention and storage time of water in urban areas; however, these tools are not sustainable in the long run. An alternative that is sustainable is the creation of green areas, but that solution is inhibited by the large amount of impermeable surfaces and the high cost to of building large green areas. A possible solution to both problems is to build green roofs on top of urban roofs. Due to the water storage capacity of green roofs, they can significantly reduce the peak flow of stormwater runoff. The rain water is gradually released by green roofs. However, few studies have been done on the effect of green roofs on stormwater runoff in Latin America; thus, it is important to confirm the effect. This study has the objective to determine experimentally the efficiency of green roofs in controlling stormwater runoff in urban areas. The study consisted of 16 experimental units, 12 with green roofs and 4 with conventional roofs. The results showed that green roofs are much more efficient than conventional roofs in reestablishing natural hydrological functions and reducing the peak flow or rainwater. The use of green roofs shows great promise to mitigate the impact of the urban growth.

CONTEÚDO

1.	INTRODUÇÃO	1
2.	OBJETIVO.....	3
3.	REVISÃO DE LITERATURA SOBRE COBERTURAS VIVAS.....	4
3.1	CONCEITUALIZAÇÃO E HISTÓRIA	4
3.2	ASPECTOS CONSTRUTIVOS	6
3.2.1	TIPOS.....	6
3.2.2	INCLINAÇÃO.....	8
3.3	SUBSTRATOS	9
3.4	VEGETAÇÃO	10
3.4.1	FORRAÇÕES	11
3.4.1.1	GRAMÍNEAS:.....	11
3.4.1.1	LEGUMINOSAS	12
3.5	ÁGUA	13
3.5.1	QUANTIDADE	13
3.5.2	QUALIDADE	18
3.6	MANUTENÇÃO	20
4.	MATERIAL E METODOS	22
4.1	ÁREA DE ESTUDO	22
4.2	CAIXAS DE RETENÇÃO	22
4.3	AS PLANTAS UTILIZADAS	25
4.4	METODOLOGIA	29
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	35
5.1	QUANTIDADE DA AGUA	35
5.2	QUALIDADE DA AGUA	40
6	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	42
7	BIBLIOGRAFIA.....	43

1. INTRODUÇÃO

Com a ocupação cada vez maior e o crescimento descontrolado das zonas urbanas, a necessidade de se estar próximo à natureza tem aumentado consideravelmente. As áreas verdes proporcionam lazer, prática de esportes, meditação, estudo e entretenimento. Nas últimas décadas, foram de grande importância os projetos sobre como diminuir a impermeabilização causada pelos prédios e asfaltos e como minimizar o efeito da poluição urbana. Grande parte da população do mundo vive nas cidades, a impermeabilização do solo urbano, e a intensificação do escoamento superficial. Isto não somente incrementará o risco de enchentes, mas, também, a passagem dos poluentes das superfícies impermeáveis para fontes de água (poluição difusa). A impermeabilidade do solo também influencia no clima regional e na qualidade do ar. Ferramentas comuns para reduzir o escoamento da água de chuva e para aumentar a retenção incluem reservatórios e lagoas onde a água pode ser temporariamente armazenada e áreas verdes onde a água pode se infiltrar e evaporar.

Os métodos convencionais para a gestão de água de chuva envolvem a captura eficiente da água, transporte e tratamento do escoamento gerado a partir das superfícies impermeáveis. Sistema de Drenagem Urbana Sustentável (SUDS – Sustainable Urban Drainage Systems) ou o Desenvolvimento Urbano de Baixo Impacto (LID – Low Impact Development) são princípios e aplicações de abordagem relativamente nova para a gestão de águas pluviais, que representam um aperfeiçoamento conceitual da convencional metodologia de projetos para sistema de drenagem. LID ou SUDS são basicamente metodologias para mitigar o impacto do desenvolvimento urbano no ciclo hidrológico. Estas estratégias sustentáveis se focalizam na evaporação, transpiração e infiltração de águas pluviais no local de solo natural com vegetação para reduzir e tratar o escoamento superficial.

O escoamento superficial urbano é um fenômeno que pode ser reduzido com medidas estruturais como as coberturas vivas. As coberturas vivas são estruturas caracterizadas pela aplicação de cobertura vegetal nas edificações, utilizando boa drenagem e impermeabilização adequadas. É uma alternativa de cobertura que oferece muitas vantagens sobre as coberturas convencionais. A principal vantagem pode ser a já falada diminuição do escoamento pluvial urbano. Ela permite cultivar temperos, alimentos, ervas ou flores para corte, melhorando as condições ambientais, principalmente do microclima. A finalidade das coberturas vivas no processo do escoamento superficial consiste em uma redução no volume de água escoado, já que parte da precipitação será evaporada e transpirada pelas plantas. Além de isso a água ficará temporariamente retida no substrato, fazendo com que o escoamento seja parcelado.

As coberturas vivas vêm sendo uma alternativa construtiva que oferece a possibilidade de utilização de materiais locais. Apresentam confirmados benefícios no escoamento superficial urbano. Possuem, no entanto, pouca informação na literatura técnica sobre sua utilização e desempenho em sistemas de drenagem no Brasil, o que gera poucos registros para pesquisas.

2. OBJETIVO

Objetivo geral

- Este trabalho tem por objetivo verificar experimentalmente a eficiência do uso de coberturas vivas no controle do escoamento superficial urbano em comparação com os telhados convencionais.

Objetivos específicos

- Medir o escoamento em cada uma das coberturas.
- Comparar estatisticamente o escoamento em cada mês do período experimental.
- Analisar a qualidade da água proveniente das diferentes coberturas.

3. REVISÃO DE LITERATURA SOBRE COBERTURAS VIVAS

A bibliografia sobre as coberturas vivas é bastante ampla, tendo em conta que os países europeus lideram as pesquisas nesta área, especialmente a Alemanha. Segundo Krishnamurthy e Nascimento (1998) as coberturas vivas vêm ganhando seguidores na América Latina, sendo o México o país com maior interesse e aceitação. No Brasil o interesse é menor, com maior aceitação no Sul do país, onde encontramos algumas empresas especializadas na aplicação e construção de coberturas vivas. Esta maior difusão pode ser pela implementação de novas leis que diminuem alguns dos impostos das edificações como IPTU e criam alguns incentivos (LEI Nº 14.243, de 11 de dezembro de 2007 do estado de Santa Catarina). Outra explicação pode ser as vantagens das coberturas vivas na moderação da temperatura das casas. No Brasil não existe ainda um nome específico para coberturas vivas encontrando-se: Coberturas verdes, tetos verdes, tetos vivos, telhados ajardinados.

Desde a primeira vez que se falou da retenção de água pelas coberturas vivas na literatura Alemã Ernst (1985), outros autores europeus e cientistas estudaram a relação entre o escoamento urbano e as propriedades de retenção das coberturas vivas, com ampla variação de tempo e características.

3.1 CONCEITUALIZAÇÃO E HISTÓRIA

Cobertura viva é uma técnica paisagística que consiste na aplicação e uso de solo e vegetação sobre uma camada impermeável, geralmente instalada no telhado de residências, fábricas e outras edificações. Seus principais benefícios são de facilitar a drenagem, fornecer isolamento térmico e acústico, produzir um diferencial estético e ambiental do prédio, e compensar parcialmente a área impermeável que foi ocupada na área da edificação.

As coberturas vivas existem desde a antiguidade. A literatura clássica menciona diversas coberturas em toda a história como os zigurates da antiga Mesopotâmia que parecem ser as primeiras referências históricas conhecidas pelo homem para jardins acima da superfície. A mais famosa são os jardins suspensos da Babilônia. Também os imperadores romanos utilizavam os jardins como espaço ao ar livre, como é o caso da Villa dos Mistérios, em Pompéia (Figura 1).



Figura 1 – Desenho da Villa dos Mistérios, Pompéia. Fonte: Silveiro (2011).

Já no renascimento a cobertura viva foi feita para o homem e para dignificá-lo. O interior da casa impôs-se para fora. Os jardins eram geralmente implantados em encostas, por causa da vista panorâmica e do clima, sendo muito utilizadas as coberturas vivas para vencer os desníveis, buscando-se harmonia com a terra. Como exemplo tem-se o Palazzo Piccolomini em Pienza, na Itália (Figura 2).

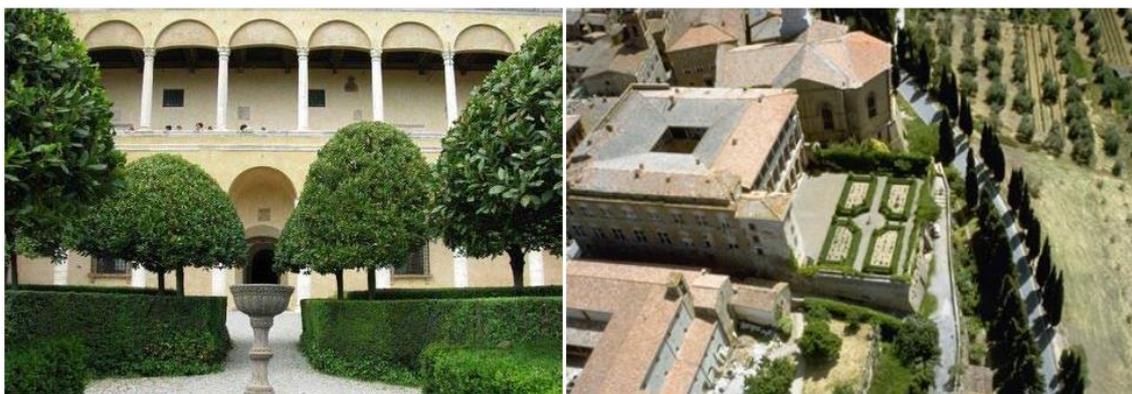


Figura 2 - Palácio Piccolomini em Pienza. Fonte: Silveiro (2011).

Segundo Osmundson (1999), as coberturas vivas atualmente estão espalhadas por todo o mundo, embora o seu número seja relativamente pequeno ao considerar o número de edifícios que poderiam acomodá-las. Destacam-se os edifícios de escritórios nos núcleos de negócios, onde a facilidade de acesso para a maior utilidade poderia ter sido projetadas para incluir jardins no terraço, ao ar livre, com comodidade para os funcionários. Aparentemente, esse desenvolvimento não tem sido considerado uma

opção viável por muitos proprietários das empresas e as coberturas vivas ainda são uma raridade nas áreas urbanas centrais das cidades. As coberturas vivas já assumem também a forma de hortas até em cidades como Nova Iorque, onde também são populares especialmente em Manhattan, numa tentativa de dar utilidade mais prática às coberturas construídas com materiais vivos.

3.2 ASPECTOS CONSTRUTIVOS

Encontram-se na literatura diferentes tipos de classificações para as coberturas vivas e isto depende de onde vai ser instalado e do objetivo da cobertura viva. Dessa forma, a cobertura poderá ser extensiva, intensiva ou semi-intensiva, como é representado pela Figura 3.

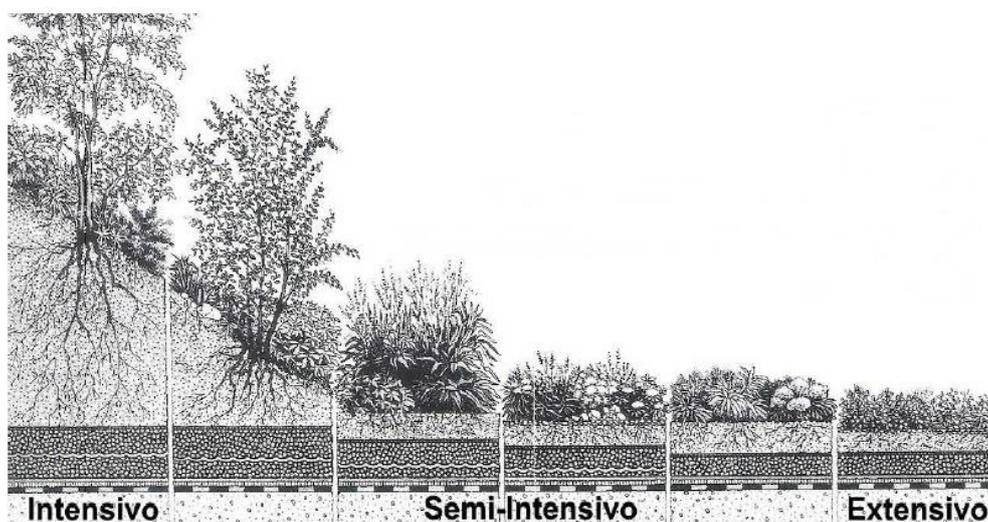


Figura 3 - Desenho representativo das várias tipologias das coberturas vivas. Fonte: Osmundson (1999).

3.2.1 TIPOS

- Intensiva:

A cobertura intensiva é aquela na qual se instalam vegetações que vão precisar de cuidados posteriores como rega, uso de fertilizantes, poda, etc. Precisam de uma camada de solo mais profundo, de acordo com a necessidade da planta, normalmente de 15 a 21 cm no mínimo, e o peso dessa capa de vegetação pode ser superior a 120 Kg/m²(GREEN ROOF INTERNATIONAL ASSOCIATION, 2012).

As coberturas vivas intensivas formam uma proteção dos edifícios e construções afins, protegendo inclusive a impermeabilização de forma duradoura, frente aos efeitos prejudiciais externos formando uma camada isolante térmica adicional, com a vantagem do conforto causado pelo efeito paisagístico.

As coberturas vivas intensivas apresentam condições de distribuição e aproveitamento comparadas as de qualquer jardim ao ar livre. Pode-se plantar desde pequenas plantas até arbustos e árvores. Devido a grande superfície de evaporação das

plantas, as coberturas intensivas requerem grande quantidade da água, mostrado na Figura 4 (GREEN ROOF INTERNATIONAL ASSOCIATION, 2012).

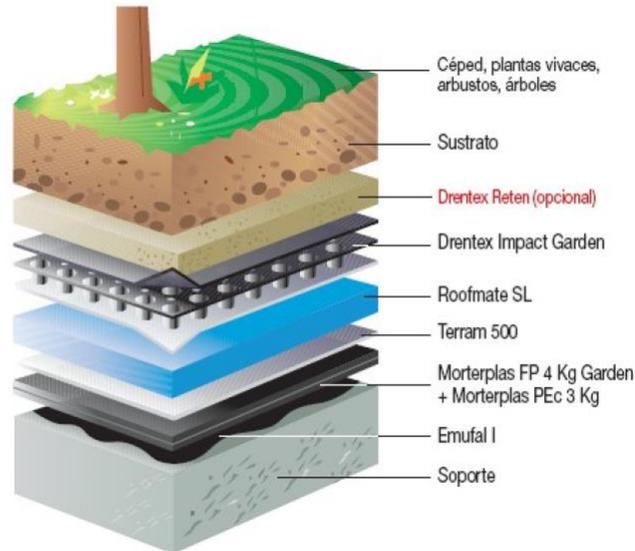


Figura 4 - Cobertura viva intensiva. Fonte: Heneine (2008).

- Extensiva:

A cobertura extensiva é aquela na qual se aplica uma vegetação que após consolidada não requer cuidados constantes ou especiais. A camada de substrato tem por volta de 10 cm ou menos, e as plantas são rasteiras como gramíneas. Necessita uma camada que drene e uma que retenha água a base de materiais pré-fabricados capazes de proporcionar tal efeito (eliminar a água que sobra e retornar com uma pequena quantidade capaz de proporcionar umidade à vegetação). Sobre esta camada, se não estiver incorporada, deverá aplicar-se uma capa filtrante que retenha os finos que podem ser arrastados pela água, mostrado na Figura 5 (GREEN ROOF INTERNATIONAL ASSOCIATION, 2012).

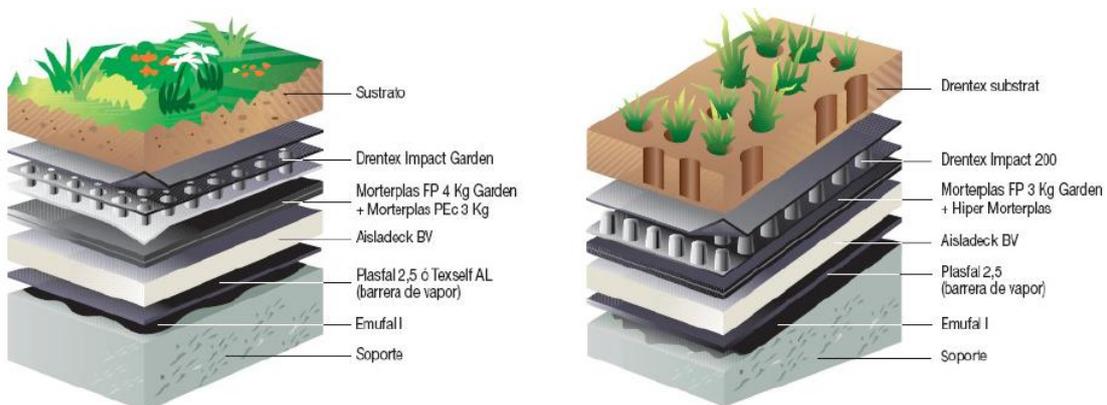


Figura 5 - Cobertura viva extensiva horizontal e inclinada. Fonte: Heneine (2008).

3.2.2 INCLINAÇÃO

Um dos principais problemas associados à inclinação das coberturas vivas é o acúmulo de substrato para as partes mais baixas e a perda de substrato da cobertura, podendo ocasionar a morte das plantas. Esse escorregamento acontece pela falta de aderência, causada pela própria inclinação. Minke (2004) classifica as coberturas em quatro categorias, conforme sua inclinação:

1. Até 5% de inclinação (correspondente a até 3°), são coberturas planas;

As coberturas planas (até 3°) tendem a ser mais propensas a danos, quando não têm uma manutenção de um jardim cultivado. Minke (2004) afirma que nas coberturas vivas a vegetação está mais exposta a fortes variações de umidade, e que, no caso de pequenas quantidades de substrato, a terra tende a ficar ácida, pela falta de oxigênio. Para evitar esse problema, a quantidade de substrato deve ser maior que aquela utilizada em coberturas inclinadas, mesmo considerando a mesma vegetação, o que gera maior carga sobre a estrutura e, portanto, uma implementação mais custosa. Para prevenir o ressecamento da terra, deve-se prever uma drenagem especial que ao mesmo tempo escoe a água excedente, e mantenha um pouco de água acumulada.

2. A partir de 5% até 35% (correspondente a 3° até 20°), são coberturas de leve inclinação;

É mostrado que as coberturas vivas com uma leve inclinação (entre 3° e 20°) permitem uma execução fácil e barata. O substrato, nesta classe de inclinação, funciona como camada de drenagem, ao mesmo tempo armazenando uma parcela de água, e escoando o volume excedente. Para esta camada de drenagem, o autor recomenda a utilização de partículas maiores, preferencialmente de material poroso como argila expandida entre outros, segundo as pesquisas feitas por Minke (2004).

3. A partir de 35% até 84% (correspondente a 20° até 40°), são de forte inclinação;

As coberturas de forte inclinação (entre 20° e 40°) têm que ter algum mecanismo contra o deslizamento do substrato. Minke (2004) aconselha que as barreiras que seguram o substrato devem ter as bordas arredondadas, a fim de proteger a impermeabilização. Quanto maior a inclinação, menor tem que ser a distância entre esses elementos, que tendem a segurar o substrato.

4. A partir de 84% (correspondente a 40°), são coberturas inclinadas.

O mesmo autor diz que quando a inclinação é mais acentuada, na ordem de 40° ou mais, o sistema de drenagem pode ser feito naturalmente, sem camadas de drenagem determinadas. A adição de uma camada de drenagem pode provocar a remoção da água em excesso. Isto resultaria em condições severas para as plantas, enquanto reduziria o benefício da administração de águas pluviais. Em contraste, a camada de drenagem é essencial para telhados de declive baixo, ou plano. Na verdade, a água parada é prejudicial para a cobertura viva. A Figura 6 é exemplo de coberturas vivas com forte inclinação de 40° em Berlim.



Figura 6 - Cobertura viva com 45° de inclinação, Siegen-Berlin (Alemanha). Fonte: KOLB e SCHWARZ (1999).

3.3 SUBSTRATOS

O Substrato é a camada de suporte das plantas, onde as raízes se desenvolvem e se alimentam sendo assim, de grande importância a escolha dos materiais. Os materiais podem ser classificados em três categorias, conforme a Tabela 1 naturais, artificiais e reciclados. Pode-se misturá-los de modo a obter melhor desempenho construtivo da cobertura viva de acordo com a espécie de vegetal plantada.

Tabela 1 - Materiais para formação dos substratos de coberturas vegetais. Fonte: Dunnet e Kingsbury (2004).

Materiais	Propriedades
Minerais naturais	
Areia	Textura fina resulta na falta de poros e problemas de saturação do substrato se a drenagem for ruim. Inversamente, a areia grossa pode ser livre de um sistema de drenagem, mas requerer constante irrigação.
Pedra pomes	Leve e de valor, se encontrado no local.
Cascalho (Gravel)	Relativamente pesado
Minerais artificiais	
Perlita	Partículas tendem a se desintegrar com o tempo.
Vermiculita	Muito leve, porém não tem capacidade de armazenar água ou nutriente, podendo se desintegrar com o tempo.
Argila expandida	Leve e têm muitos poros pelo seu tamanho, absorvendo água.
Lã de rocha	Muito leve, porém necessita de muita energia para sua produção e não armazena nutrientes.
Materiais reciclados	
Blocos ou pisos cerâmicos	Estável e uniforme, tendo propriedade de armazenamento. Os blocos usados podem conter argamassa e cimento, aumentando o pH do substrato.
Concreto moído	Retenção de umidade limitada ou disponibilidade de nutrientes, alcalino. Mesmo assim, é barato e disponível em quantidade como material de demolição.
Subsolo	Pesado, baixa fertilidade e disponível facilmente como um subproduto da construção.

Segundo Machado (2002), “a decomposição biológica e a compactação da capa de substrato deverão ser mínimas e devem contar, em sua maioria, de componentes inorgânicos, e os componentes minerais não deverão dispersar-se perdendo sua estrutura inicial; em outras palavras devem ser resistentes.”

Segundo Minke (2004), o substrato não deve ser muito argiloso nem conter muito húmus, pois o ideal é garantir a porosidade do solo, e não permitir que a vegetação cresça muito rapidamente, pois a vegetação pode absorver muita água e secar. Para isto pode-se acrescentar areia. A composição deve estar entre 25% de argila e húmus para 70% de minerais de granulometria entre 0-16 mm. Para alcançar o efeito de armazenagem desejado, de 15% a 25% de volume, os materiais devem ser preponderantemente de poros abertos. Por este motivo utiliza-se, por exemplo, argila expandida, principalmente em situação fracionada (MINKE, 2004).

Para saber quanta água de chuva será requerida pela cobertura viva, bem como determinar a quantidade de água captada pela cobertura que poderá ser reutilizada na construção, é necessário conhecer algumas características do substrato, como a sua densidade aparente, sua capacidade de campo e o seu ponto de murcha.

A capacidade de campo é a quantidade de água armazenada no substrato após a quase total drenagem do seu excesso. O ponto de murcha permanente é umidade mínima do substrato, para que as plantas possam repor a água necessária para a sua turgência (volume normal). Ou seja, é o conteúdo de água no solo retido a um componente matricial do potencial de água tão elevado, em valor absoluto tal que a maioria das plantas não consegue extrair água do solo e entra em murcha permanente.

A grande maioria dos substratos utilizados para coberturas vivas são compostos por materiais inorgânicos, cujas propriedades possibilitam o armazenamento de água. Esses substratos são produzidos com as características melhoradas, existindo misturas diferentes para cada espécie de vegetal. É importante também que a presença de ervas daninha seja mínima. Junto com a camada de drenagem, o meio crescente facilita a adequada drenagem do excesso de água de chuva.

3.4 VEGETAÇÃO

É de grande importância definir a vegetação a ser adotada, escolhendo espécies de pouco crescimento, que necessitem de pouco substrato e que sejam adaptadas ao clima da região, evitando dificuldades na manutenção.

Segundo Moran et al (2006), em um trabalho feito nos Estados Unidos, na Carolina do Norte, cinco plantas foram mais resistentes avaliadas no crescimento em uma cobertura viva: *Delosperma cooperi*, *Delosperma nubigenum*, *Sedum album*, *Sedum album chloroticum*, *Sedum album murale*. As espécies do gênero *Sedum*, da família das *Crassulaceas*, são consideradas adequadas já que o lento crescimento diminui a manutenção e são resistentes as condições adversas.

Outros aspectos como os índices pluviométricos, incidência solar, ventos dominantes, temperatura do local, inclinação da cobertura viva e a necessidade da retenção de água pela vegetação devem ser considerados na escolha da vegetação a ser

adotada. Fatores estéticos e olfativos também podem contribuir na escolha (MORAN et al, 2006).

3.4.1 FORRAÇÕES

As forrações são plantas que possuem um crescimento horizontal maior que o vertical, utilizadas para "ferrar" o substrato em coberturas vivas. Elas servem de elemento de integração para espécies mais altas, com a diferença de que não suportam o pisoteio como os gramados. Ao se escolher a forração que se deseja plantar, leva-se sempre em consideração: a luminosidade, a época de plantio, o tipo de solo e cuidados de manutenção.

Para as coberturas vivas são comumente utilizadas as forrações que são aquelas espécies geralmente herbáceas, de porte pequeno e médio, e que proporcionam uma cobertura do substrato, revestindo as coberturas vivas. As forrações utilizadas nas coberturas vivas são constituídas por espécies vegetais utilizadas para promover a cobertura do substrato, cobrindo áreas expostas com relativa rapidez, (DUNNET e KINGSBURY, 2004).

3.4.1.1 GRAMÍNEAS:

As gramíneas, também conhecidas como capins, gramas ou relvas, são plantas floríferas, monocotiledôneas (classe *Liliopsida*) da família *Poaceae*. O sistema de classificação APG II, de 2003, reconhece esta família, incluindo-a na ordem *Poales*. A família é constituída por 668 gêneros com 10.035 espécies. Estima-se que pastos e savanas compreendem 20% da vegetação que cobre a terra. No Brasil, ocorrem cerca de 180 gêneros e 1500 espécies, (LIMA et al, 2011).

As folhas das gramíneas são alternas dísticas, alongadas, paralelinérveas, invaginantes, com bainha abarcante fendida. Há duas pequenas expansões na base da lâmina foliar denominadas aurículas. Na junção da lâmina foliar com a bainha há a formação da lígula, que pode ser membranosa, pilosa ou mista, característica muito importante para a taxonomia. A epiderme é rica em silício.

As flores das gramíneas são compostas por: androceu com três estames de anteras grandes, versáteis e de filetes delgados. Gineceu de ovário súpero, unilocular, uniovulado, encimado por dois estigmas plumosos, (LIMA et al, 2011).

3.4.1.1 LEGUMINOSAS

Fabaceae é uma das maiores famílias botânicas também conhecidas como *Leguminosae* (leguminosas), de ampla distribuição geográfica. Uma característica típica dessa família é a ocorrência do fruto do tipo legume, também conhecido como vagem, exclusivo desse grupo. É subdividida em 3 subfamílias com características morfológicas muito distintas: *Faboideae* (ou *Papilionoideae*), *Caesalpinioideae* e *Mimosoideae*. A variação no nome se deve à possibilidade de uso de nomes alternativos consagrados em algumas famílias botânicas, regra prevista no Código Internacional de Botânica.

Houve durante certo tempo uma confusão a respeito de se tratar o grupo como uma única família (*Leguminosae/Fabaceae*) composta por três subfamílias (*Faboideae/Papilionoideae*, *Mimosoideae*, *Caesalpinioideae*) ou ainda como três famílias separadamente (*Fabaceae/Mimosaceae/Caesalpinaceae*). Estudos filogenéticos demonstraram a origem evolutiva comum do grupo, indicando que seria mais apropriadamente tratado como uma única família. Atualmente os sistemas que trazem as três subfamílias como famílias separadas estão em desuso e os nomes *Fabaceae/Mimosaceae/Caesalpinaceae* devem ser evitados.

É a terceira maior família de Angiospermae, após *Asteraceae* e *Orchidaceae*, compreendendo 727 gêneros e 19 325 espécies. As *Leguminosae* ocorrem em quase todas as regiões do mundo, excetuando-se as árticas e antárticas e em algumas ilhas. A família é considerada como a de maior riqueza de espécies arbóreas nas florestas neotropicais, além de haver grande número de táxons endêmicos nesta região. Alguns ecossistemas brasileiros são centros de diversidade para o grupo e muitas das espécies são exclusivas destes ambientes. No Brasil ocorrem cerca de 220 gêneros e 2736 espécies (LIMA et al, 2011).

3.5 ÁGUA

O ciclo hidrológico vem sendo prejudicado devido ao desenvolvimento e a expansão urbana desordenada, que resultam no aumento do escoamento superficial de águas das chuvas, impactos no meio ambiente e na população em geral, principalmente nas áreas mais necessitadas pelo fato de não possuírem infra-estrutura adequada e suficiente planejamento de suas residências, bem como de seus acessos e consequentemente os sistemas naturais de drenagem (TUCCI, 1996). A Figura 7 mostra o balanço hídrico antes e pós o desenvolvimento urbano.

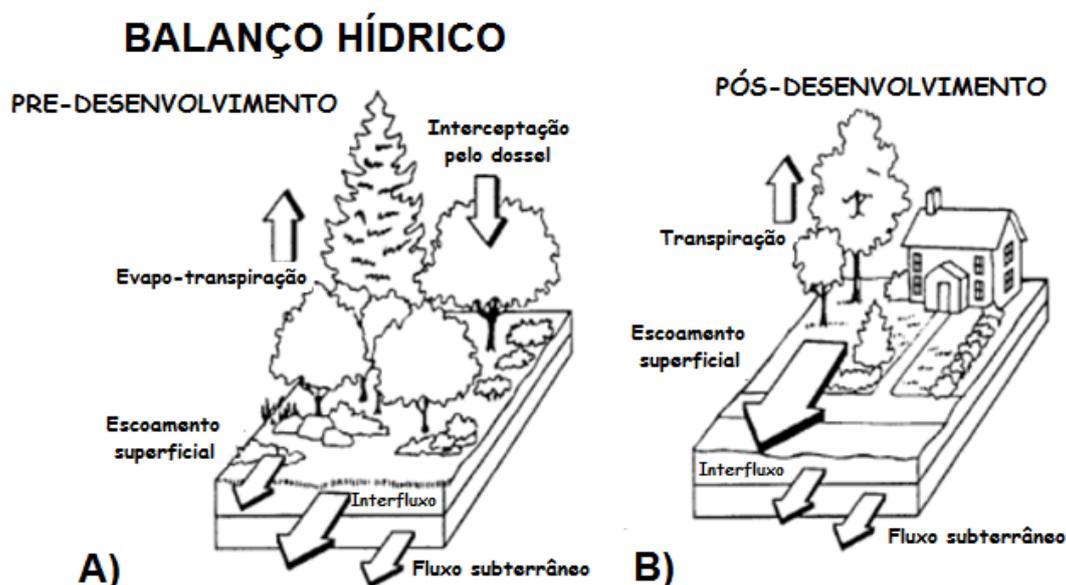


Figura 7 – Ciclo da água antes do desenvolvimento urbano (A). Ciclo da água após o desenvolvimento urbano (B). Fonte: Adaptado de Osmundson (1999)

3.5.1 QUANTIDADE

Pensando em soluções sustentáveis as coberturas vivas vem sendo uma proposta interessante para redução do escoamento superficial e o manejo das vazões pluviais. A Figura 8 mostra como a cobertura viva pode absorver e possibilitar a evapotranspiração de uma grande parte da água da chuva, escoando o restante para o sistema pluvial do prédio. Já em superfícies impermeabilizadas, a água é escoada rapidamente, levando consigo várias partículas depositadas sobre a superfície do telhado, com destino aos sistemas de captação pluvial da edificação e urbano e despejadas nas águas dos rios ou do mar.



Figura 8- Esquema comparando a quantidade de água nas calhas dos telhados: A – cobertura convencional, B – cobertura viva. Fonte: Dunnet e Kingsbury (2004).

De acordo com Dunnet e Kingsbury (2004), nos Estados Unidos, na cidade de Portland, no Estado de Oregon, o uso de coberturas vivas é incentivado para diminuir os impactos causados nos rios, pois uma quantidade de poluentes era levada dos telhados e das ruas, pela chuva, até os rios através da drenagem urbana, prejudicando a produção de peixes e algumas outras espécies.

A impermeabilização do solo e o aumento da re-irradiação solar nos centros urbanos aumentam a quantidade de chuvas (chuvas convectivas) e, com um sistema de drenagem não adequada, aumentam os riscos de enchentes. Essas chuvas podem, como no caso das grandes cidades, ser ácidas pela quantidade de poluição contida na atmosfera. Na zona da mata mineira, as chuvas de verão castigam principalmente os morros, causando deslizamentos nas áreas mais baixas e inundações. A utilização destes tipos de cobertura em encostas também contribui para o retardamento das águas pluviais, evitando enchentes nas cidades que não possuem drenagem ótima, como a cidade de Viçosa, MG, mostrada na Figura 9.



Figura 9 – Imagens de enchentes nas principais ruas da cidade de Viçosa, MG, em 2013.

Atualmente, a retenção da água é um dos temas em que se concentra a maior quantidade de estudos, através de análises comparativas entre diferentes materiais e sistemas de coberturas.

Retenção de água

A água que cai na cobertura viva pode infiltrar-se no substrato e também pode ser absorvida pelas plantas, para posteriormente ser retornada a atmosfera por evapotranspiração ou pela evaporação. Ela pode ainda ser armazenada pelo sistema de drenagem da cobertura. A cobertura viva tem a função de reter a água e liberar uma parte para a atmosfera, reduzindo o escoamento superficial, armazenando a água por algum tempo. A água armazenada por uma cobertura viva é liberada gradualmente, diminuindo os altos picos na vazão de água. A retenção das coberturas vivas varia de acordo com a estação do ano, a profundidade do substrato, a umidade, o tipo e número de camadas usadas na sua construção, a inclinação da cobertura, as propriedades físicas dos substratos, o tipo de plantas utilizadas e a intensidade das chuvas (GREEN ROOF INTERNATIONAL ASSOCIATION, 2012).

De acordo com Schueler (2001), o conceito de combate às enchentes encontra-se ligado à necessidade de fazer os volumes escoados nas bacias urbanas se aproximarem o mais possível dos valores anteriores ao desenvolvimento e urbanização mostrados na figura 10.

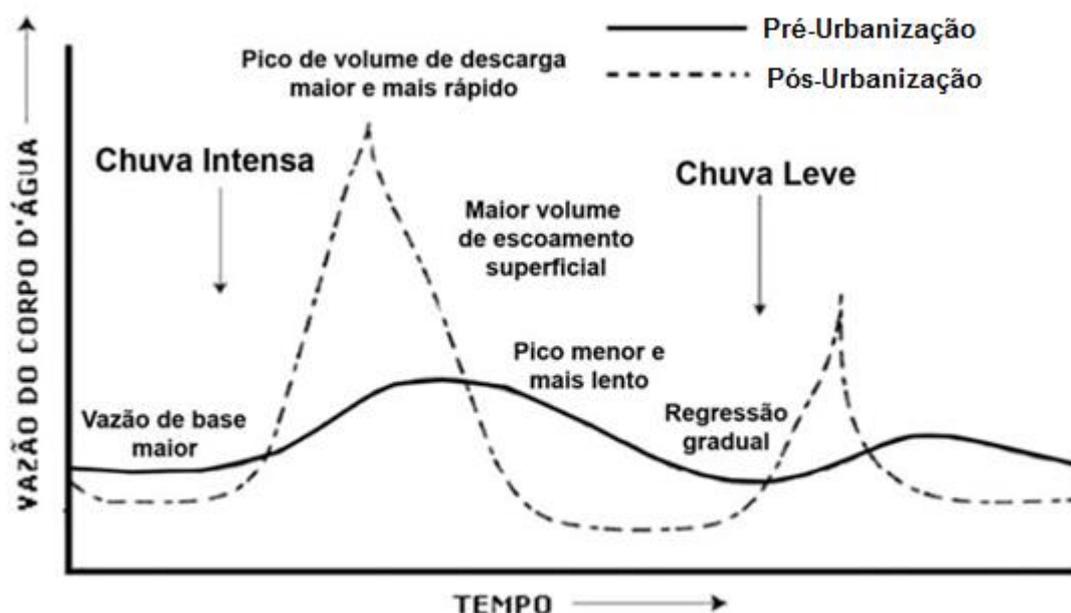


Figura10 - Efeitos da urbanização no escoamento superficial. Fonte: Adaptado de Almeida (2008).

As pesquisas feitas por Dürr (1995), demonstram que uma cobertura viva com 20 cm de substrato, composto por terra e argila expandida, pode armazenar 90 mm de água (90 litros por metro quadrado). Devido a esta capacidade de retenção da água, é possível diminuir os altos picos do fluxo da água de chuva.

Kolb e Schwarz (1999) mostra em seus experimentos que para uma diminuição maior do volume de água dirigida aos sistemas públicos de drenagem urbanos, os sistemas de aproveitamento de água pluvial passam a ter sua eficiência reduzida, com perda da ordem de 50% para coberturas extensivas com um substrato fino, pesando entre 70 e 170kg/m² e 70% para coberturas intensivas, pesando mais de 170 kg/m².

Fagundes e Mano (2001) demonstram que as áreas grandes com vegetação estão em condições de armazenar a água da superfície. Assim, cada forma de cobertura definirá, diferentemente, o período de tempo no qual as águas das chuvas ficarão na camada superficial e quando serão escoadas pela canalização, retirando-se a parcela de evaporação e a taxa de transpiração.

Em um trabalho feito por Minke (2004) na Alemanha, no Instituto do Estado Federal da Baviera para viticultura e horticultura em Veitshöchheim, utilizou-se um substrato de 10 cm de espessura, para uma intensidade de chuva de 20 l/ m². Em 15 minutos. Somente vazaram 5 litros/m², contra 15 litros /m², medido ao mesmo tempo, em uma cobertura viva plana com brita.

Estudos feitos por Katzschner (1991) na Alemanha, na Universidade de Kassel, mostraram que o atraso do deságue das chuvas depois de uma forte precipitação é o momento mais decisivo para o alívio do sistema. Em uma cobertura viva com 12° de inclinação e 14 cm de espessura de substrato, após uma forte pluviosidade de 18 horas de duração, encontrou-se um retardamento de 12 horas do deságue pluvial. O final do deságue aconteceu 21 horas após o final da precipitação.

Pouey (1998) argumenta que, nas coberturas convencionais, em torno de 80 a 100% das águas das chuvas serão conduzidas pela canalização, enquanto que para telhados com cobertura viva, a quantidade diminui aproximadamente para 30%. Os outros 70% de água serão retornados para a atmosfera em forma de evaporação, trazendo assim uma considerável diminuição da quantidade das águas escoadas para as superfícies pavimentadas dos centros urbanos.

Segundo o estudo hidrológico de Cunha (2004), a cobertura viva pode absorver a água da chuva no momento de maior intensidade da precipitação, ocasionando assim um retardo no escoamento para a rede de drenagem em até 14 mm de chuva, diminuindo assim a vazão de pico no sistema de deságue.

Assim as coberturas vivas mostram uma capacidade de retenção da água, diminuindo as vazões nas redes de drenagem. Isso quer dizer que a utilização de coberturas vivas em larga escala, pode diminuir os custos da infraestrutura de drenagem pluvial, pois esses sistemas são projetados para garantir o escoamento, baseando-se em precipitações máximas, mostradas na Tabela 2.

Tabela 2 – Sumária com algumas características básicas publicadas sobre retenção da água em coberturas vivas. Adaptado de Mentens (2005).

Autor (ano)	No. de Telhados	Substrato (mm)	Declive Telhado (%)	Localização	Precipitação anual (mm)	No. de anos	Dados da estação	Intensidade da chuva (mm h ⁻¹)
Kaufmann (1999)	8	100	2	Burgdorf	920–1347	4	Sim	80–130
Kolb (1987)	3	60–120	0	n.r.	–	–	–	208–222
Kolb (1998)	13	0–500	0–58	n.r.	–	–	–	11–350
Kolb (1999a)	12	100	2–84	n.r.	–	–	–	150–300
Kolb (1999b)	36	90	2–84	n.r.	–	–	–	100–300
Kolb (2002)	9	0–100	2	n.r.	–	–	–	200–300
Kolb (2003)	6	20–100	27	n.r.	–	–	–	300
Liesecke (1989)	8	30–180	3	Hannover	644	3	–	27.8
Liesecke (1993)	24	70–180	2	Hannover	554–628	5	Sim	–
Liesecke (1994)	7	0–120	2	n.r.	–	–	–	300
Liesecke (1998)	18	0–380	2	Hannover	644	–	Sim	300
Liesecke (1999)	8	0–120	0–9	Tornesch	712–918	3	–	300
Liesecke (2002)	10	100	2	Hannover	533–657	4	Sim	–
Mann (2000)	2	150	2–27	Marsberg and Heilbron	–	–	–	–
Mann (2001)	1	100	2	Tübingen	–	–	–	–
Mann (2002)	16	100	0–2	Throughout Germany	587–930	–	–	–
Mann and Henneberg (1998)	7	0–350	0–27	Unknown	–	–	–	–
Mann et al. (2000)	22	0–350	0–27	Krauchenwies-Göggingen	670	1	Sim	–

Em uma pesquisa feita por Di Giovanni e Cruz (2010), com uma cobertura viva com o objetivo de medir várias vazões de água lançadas sobre a mesma simulando intensidades de chuvas, concluiu-se que, os resultados foram satisfatórios e promissores, observando-se eficiência do sistema com retenção significativa de água, como mostra a Figura 11.

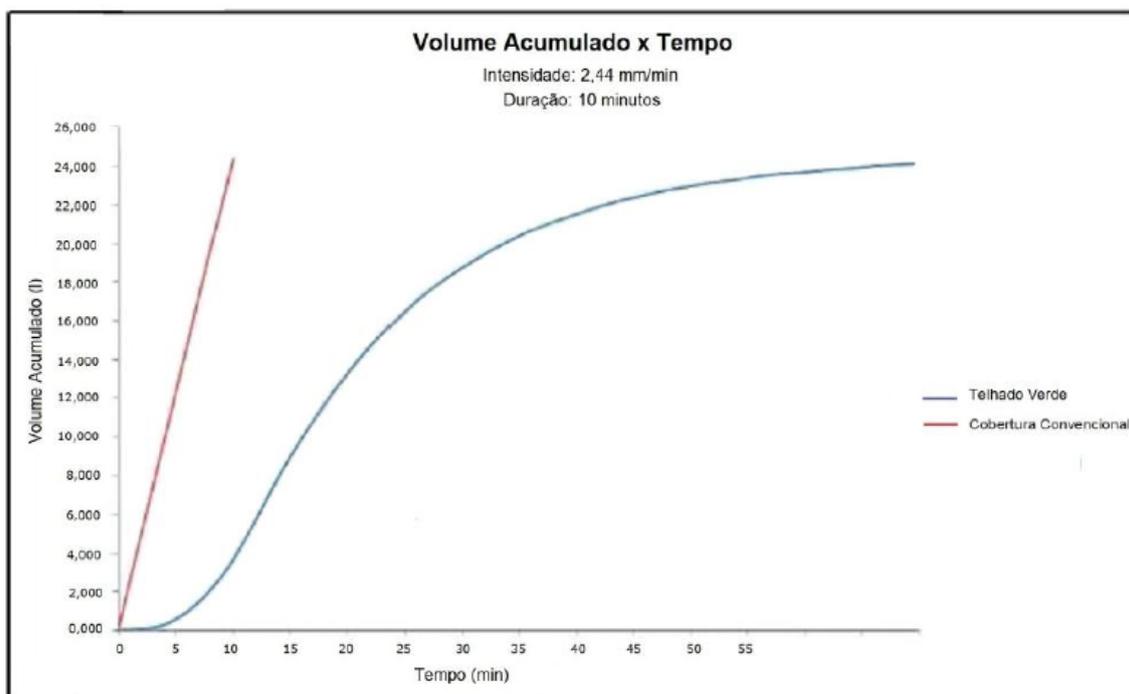


Figura 11 - Gráfico comparativo Volume acumulado x Tempo. Fonte: Di Giovanni e Cruz (2010).

A reutilização da água de chuva retida pela cobertura consiste basicamente na coleta da água escoada através de tubos condutores direcionados a um reservatório de acumulação. Com um bom sistema de drenagem, a água dos chuveiros e das pias é filtrada e armazenada num reservatório e é bombeada até a cobertura viva para a irrigação das plantas onde é novamente filtrada através da camada do substrato, areia e brita e redirecionada para outro reservatório e será reutilizada nas descargas dos banheiros.

3.5.2 QUALIDADE

A qualidade da água da cobertura viva depende de vários fatores: a técnica de construção (profundidade e composição da camada do substrato, do tipo de vegetação e camada de drenagem), as operações de manutenção, as características de uso do solo do meio ambiente circundante (zonas residenciais ou industriais), a presença de fontes locais de poluentes e da idade da cobertura viva (tempo decorrido desde a instalação).

As coberturas vivas geralmente agem como um dispositivo de armazenamento: os poluentes se acumulam nas camadas de substrato e liberados quando a água da chuva intensa os lava. Modificações dos parâmetros físico-químicos, principalmente ligados ao crescimento da vegetação no tempo e a interação entre o sistema radicular, o uso de fertilizantes, a composição do solo e a camada de drenagem podem afetar a absorção de alguns metais e compostos orgânicos produzindo sua libertação segundo Hutchinson et al (2003).

Pesquisas feitas por Berndtsson et al (2009), em coberturas vivas intensivas no Japão e em uma cobertura viva extensiva na Suécia, mostram que: ambos tipos de coberturas vivas extensivas e intensivas são um sumidouro de nitrogênio nitrato ($\text{NO}_3\text{-N}$) e nitrogênio amoniacal ($\text{NH}_4\text{-N}$) com um desempenho semelhante, a cobertura intensiva é também um sumidouro de Tot-N.

A vegetação tem papel importante na filtragem e conseqüentemente, na melhoria da qualidade da água para o seu reuso. Muitos tipos de plantas acumulam em suas raízes metais pesados, como o Zinco, Cobre, Cádmiu, e Chumbo, Johnston e Newton (1996), obtiveram em suas pesquisas a redução da quantidade de Cádmiu e Cobre em mais de 95%, e mais de 16% da quantidade de Zinco. Em outra pesquisa feita por Berndtsson et al, (2006) além dos metais pesados, trabalhos mostram outras substâncias ficaram retidas, como nitratos, fosfatos, $\text{NH}_4\text{-N}$ e compostos orgânicos.

Em um trabalho feito por Rola (2008) por méio de módulos de 1,20m x 1,20m com o sistema de cobertura viva implantado no campus da UFRJ, no Rio de Janeiro, durante o ano de 2005, foram monitoradas a água da chuva (PP), a água residual de um módulo somente com substrato (PS), e a água residual de dois módulos com plantas (PA e PB). Comparando as amostras coletadas, pode-se chegar aos seguintes resultados como mostra a Tabela 3.

Tabela 3 – Concentração média dos íons presentes na água de chuva (PP) e nas águas resultantes (PS, PA e PB) do experimento, em $\mu\text{mol L}^{-1}$. Segundo Rola (2008).

Concentrações em $\mu\text{mol L}^{-1}$					
ÍONS		PP	PS	PA	PB
Cloreto	Cl^-	90,1	99,8	113,6	105,14
Amônia	NH_4^+	85,6	6,0	5,1	3,8
Sódio	Na^+	64,1	92,0	88,9	94,2
Potássio	K^+	49,5	133,2	121,5	139,1
Sulfato	SO_4^{2-}	26,7	63,1	56,1	70,6
Magnésio	Mg^{2+}	19,4	28,2	28,3	26,5
Nitrato	NO_3^-	17,4	138,4	0	0
Cálcio	Ca^{2+}	16,0	36,3	20,0	23,2

Os estudos sobre a qualidade da água escoada pelas coberturas vivas são baseados em programas de controle realizados em parcelas de um metro quadrado, ou em coberturas vivas existentes. Segundo Moran et al (2005), a liberações de fósforo total (TP) e nitrogênio total (TN) precisam ser cuidadosamente consideradas ao instalar as coberturas vivas.

O pH em coberturas vivas são geralmente básicas, com leituras entre 7,5-8,3. As amostras de chuva são ligeiramente ácidas, com um pH entre 6 e 7. Mostrando que as coberturas vivas têm o efeito de mitigar a chuva ácida leve segundo pesquisas feitas por Bliss et al (2009).

Em experimentos realizados por Tees muk e Mander (2007) analisou-se a água coletada de duas coberturas na Estônia. As duas coberturas possuem a mesma área e inclinação, sendo uma composta apenas de impermeabilização e a outra composta da mesma impermeabilização e de um sistema de cobertura viva. Na cobertura viva foram utilizadas diversas espécies de plantas, ocupando uma média de 45% da área da cobertura viva. As plantas mais utilizadas foram a *Sedum acre* (55%), *Thymus serpyllum* (20%), *Dianthus carthusianorum* (5%), *Cerastium tomentosum* (3%); e *Veronica filiformis* (7%), o resultado destes experimentos está descrito na tabela 4.

Tabela 4 – Resultado das medições feitas nas amostras de água coletadas das coberturas vivas (Teasmuk e Mander, 2007).

Indicador	Tipo de chuva	Amostras		
		Amostra 1 da cobertura viva	Amostra 2 da cobertura viva	Amostra cobertura convencional
pH	Moderada	8.26	8.14	8.43
	Forte	7.94	7.85	6.73
BOD ₇ (mgO _l ⁻¹)	Moderada	5.3	4.1	7.0
	Forte	2.6	2.0	2.9
COD (mgO _l ⁻¹)	Moderada	37	26	43
	Forte	22	21	23
P (mg l ⁻¹)	Moderada	0.036	0.026	0.104
	Forte	0.090	0.074	0.102
PO ₄ -P (mg l ⁻¹)	Moderada	0.012	0.006	0.032
	Forte	0.036	0.066	0.054
N (mg l ⁻¹)	Moderada	2.1	1.9	2.6
	Forte	1.2	1.3	1.4
NH ₄ -N (mg l ⁻¹)	Moderada	0.33	0.28	0.43
	Forte	0.12	0.16	0.09
NO ₃ -N (mg l ⁻¹)	Moderada	0.7	0.8	0.4
	Forte	0.46	0.42	0.19
SO ₄ (mg l ⁻¹)	Moderada	38	34	3
	Forte	23	20	2
Ca-Mg (MG equiv.l ⁻¹)	Moderada	2.80	2.83	0.45
	Forte	2.15	2.14	0.12

Alguns pesquisadores estão começando a observar os problemas das coberturas vivas, como Berndtsson et al (2006) mostrou que as plantas e o substrato acabam depositando outros compostos químicos que não existiriam nas coberturas betuminosas. A utilização de fertilizantes para as plantas é um exemplo.

Realmente, pode haver contaminação da água quando entra em contato com a camada de drenagem ou uma camada de filtro. Se a permanência for demasiado grande, alguns elementos do plástico podem-se solubilizar-se na água modificando suas características e sua qualidade. É necessário assegurar que a utilização de água através das coberturas vivas, especialmente aquelas que têm inclinação de menos de 5 %, não tenham maior contato com a camada de drenagem.

3.6 MANUTENÇÃO

Na manutenção das coberturas vivas, seja com podas ou atividades de jardinagem, é importante ter cuidado para não causar danos à camada de drenagem ou ao tecido impermeabilizante.

Podas:

Minke (2004) diz que quando as coberturas vivas são bem executadas, tendo-se todos os cuidados de projeto e execução e não havendo um período muito longo de seca, não é necessária manutenção da vegetação. Segundo ele, as coberturas vivas não

deveriam ser cortadas, o que poderia secá-la demasiado rápido, além de provocar perda do substrato orgânico. Se, entretanto a planta necessita corte, o substrato deverá ser adubado, a fim de manter a sua fertilidade.

Irrigação:

Segundo Lengen (2004), para um país tropical como o Brasil, coberturas vivas podem ser ótimas soluções nas edificações nas épocas de seca, mas é necessário regá-las. Pouey (1998) também diz que a profundidade do substrato tem relação direta com frequência de irrigação. Porém, camadas de substrato com pequena profundidade exigem maior frequência de irrigação, chegando a várias vezes ao dia, em períodos de calor e seca.

Para todos os projetos de coberturas vivas o sistema de irrigação deve estar interligado. Pouey (1998) indica que o melhor sistema de irrigação é aquele constituído por aspersores, que podem regar em círculos. Esta solução é mais indicada às coberturas planas ou com pouca inclinação. Segundo o autor, outra alternativa para o sistema de irrigação pode ser a utilização de tubulações subterrâneas.

A água da chuva, devidamente coletada de telhados contíguos, pode ser armazenada e então canalizada e utilizada para posterior irrigação. Minke (2004) mantém a ideia da irrigação por gotejamento, através de mangueiras, posicionadas sobre o substrato a partir da parte mais alta da cobertura.

4. MATERIAL E METODOS

Os materiais utilizados para o levantamento das informações neste trabalho foram obtidos através da análise da literatura de fontes como: monografias, trabalhos desenvolvidos por entendedores do assunto, jornais, revistas técnicas e internet.

4.1 ÁREA DE ESTUDO

O experimento foi feito para testar a eficiência do telhado de cobertura viva comparado ao telhado convencional de telha de amianto no escoamento superficial urbano. Para isso, foi montada uma simulação de cobertura urbana, cobertura viva, no viveiro de pesquisas do Departamento de Engenharia Florestal da UFV, localizado no setor de Silvicultura nos meses de Outubro de 2012 até Abril 2013. O viveiro está situado em Viçosa na região da Zona da Mata mineira, entre as Serras da Mantiqueira, do Caparaó e da Piedade. Tem como coordenadas geográficas o paralelo de $20^{\circ}45'14''$, latitude S, e o meridiano de $42^{\circ}52'54''$, longitude W. Limita-se ao norte com os municípios de Teixeiras e Guaraciaba, ao sul com Paula Cândido e Coimbra, a leste com Cajuri e São Miguel do Anta e a oeste com Porto Firme segundo o IBGE (2007).

O clima de Viçosa é tropical de altitude com aumento de chuvas durante o verão e temperatura média anual em torno de 19°C . No inverno, com as baixas temperaturas, a cidade experimenta um clima que faz as manhãs e o meio da noite oferecerem brisas muito frias e com densa neblina, com temperatura mínima de 10°C . O inverno viçosense também é conhecido pelo ar seco provocado pela baixa umidade relativa do ar. O verão tem característica de chuvoso e a temperatura máxima chega a 30°C segundo o IBGE (2007).

O centro da cidade encontra-se a uma altitude de 649 metros, o distrito de São José do Triunfo está a 674 metros acima do nível do mar e o distrito de Cachoeira de Santa Cruz tem uma altitude de 703 metros. O município de Viçosa caracteriza-se por estar no meio de um vale montanhoso e tem relevo predominantemente acidentado segundo o IBGE (2007).

4.2 CAIXAS DE RETENÇÃO

A cobertura viva experimental é composta por 12 caixas de $0,5\text{ m}^2$ por $0,25\text{m}$ de profundidade, doze caixas com cobertura viva (plantas), totalizado $0,25\text{m}^3$ de solo em cada caixa e quatro com telha de amianto. As caixas possuem um furo no canto, e foram forradas com uma lona plástica que direcionara a água para os furos Figuras 12 e 13 e Tabela 5.



Figura 12 – Imagem das caixas de madeira preparada para experimentação, Viçosa, MG, 2013.

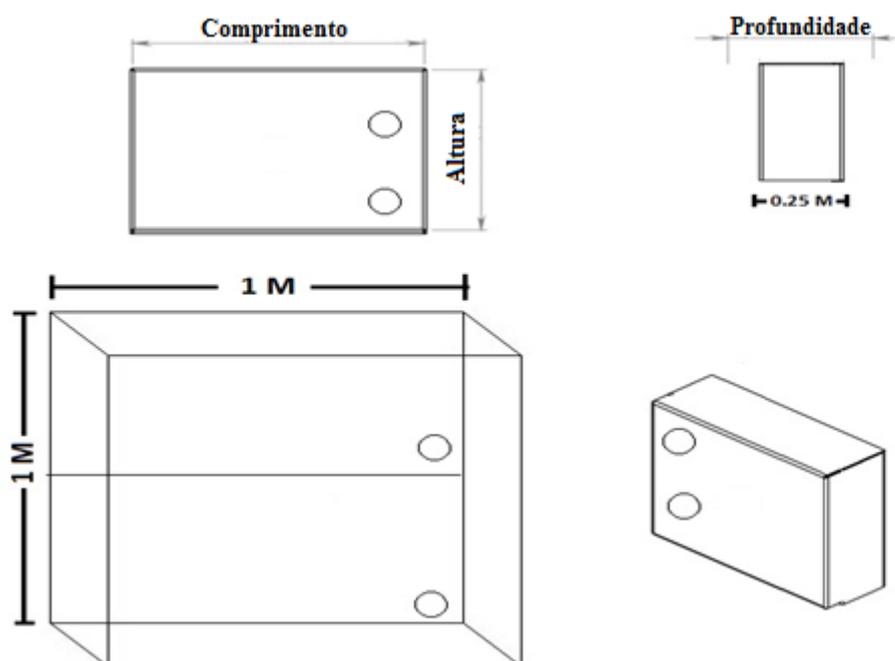


Figura 13 - Croquis das caixas para a construção dos protótipos na experimentação, Viçosa, MG, 2013.

Tabela 5- Materiais utilizados na confecção das caixas utilizados nos prototipos de experimentação.

ITEM	QUANTIDADE	UNIDADE
Valvulas de PVC	16	pç
Tabuas 1x1x0,25	36	pç
Lona preta	14	m ²
Pregos 18x30	1	Kg
Solo	2.16	m ³
Gramma Preta	3	m ²
Gramma amendoim	3	m ²
Falsa Érica	3	m ²
Telhado	2	m ²

As caixas foram preenchidas com substrato extraído de um Latossolo Vermelho-Amarelo – LVA de textura argilosa do horizonte A e B, que provem do viveiro de plantas ornamentais da UFV, deixando-se cinco centímetros sem terra na borda. Esse apresentou as propriedades físicas como descritas na Tabela 6.

Tabela 6- Propriedades físicas do substrato utilizado na experimentação, Viçosa, MG, 2013.

Propriedade	Unidade	Valor
Ko	(cm s ⁻¹)	0,03
Ds	(g cm ⁻³ = Kg dm ⁻³)	0,92
Dp	(g cm ⁻³ =Kgdm ⁻³)	2,47
Micro poros	(m ³ m ⁻³)	0,31
Macro poros	(m ³ m ⁻³)	0,31
PTotal	(m ³ m ⁻³)	0,62
Equivalente Umidade		1,99
Areia Grossa	(%)	20
Areia Fina	(%)	10
Silte	(%)	14
Argila	(%)	56
Classe Textural		Argila

4.3 AS PLANTAS UTILIZADAS

Nestas caixas foram colocadas três plantas diferentes: Grama amendoim, Grama preta e falsa-érica. Plantando 15 plantas em cada um dos canteiros do protótipo experimental 5 de cada espécie utilizada colocadas aleatoriamente em cada protótipo. Para o plantio foram utilizadas mudas adquiridas no viveiro de plantas ornamentais da UFV.

Grama-amendoim – *Arachis repens*

Nome Científico: *Arachis repens*

Nome Popular: Grama-amendoim, amendoim-rasteiro, amendozinho, amendoim-forrageiro

Família: Fabaceae

Divisão: Angiospermae

Origem: Brasil

Ciclo de Vida: Perene

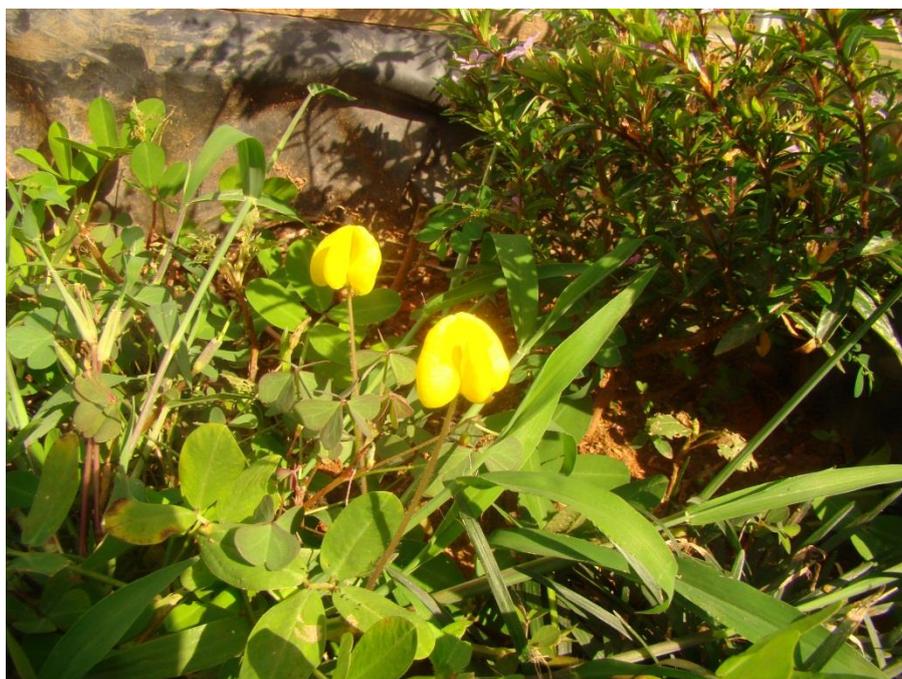


Figura 14 - Grama-amendoim-*Arachis repens*.

A grama-amendoim é uma excelente forração, que dispensa as podas periódicas. Embora seja muito parecida com *Arachis pintoii*, é uma espécie distinta. Forma um denso colchão verde, com delicadas flores amarelas. É muito utilizada para proteção de taludes e como pastagem nutritiva. Embora não seja resistente ao pisoteio, possui rápido rebrote.

Deve ser cultivado a pleno sol ou meia-sombra, em solo fértil e preferencialmente enriquecido com matéria orgânica, com regas regulares. Tolerante a secas,

mas não é tolerante à geada. Multiplica-se por divisão dos estolões enraizados e pelas sementes formadas embaixo da terra (LIMA et al, 2011).

Gramma-preta- *Ophiopogon japonicus*

Nome Científico: *Ophiopogon japonicus*

Sinonímia: *Convallaria japonica*

Nome Popular: Gramma-preta, grama-japonesa

Família: Ruscaceae

Divisão: Angiospermae

Origem: China e Japão

Ciclo de Vida: Perene



Figura 15 - Gramma-preta- *Ophiopogon japonicus*.

A grama-preta, ao contrário do que parece não é uma gramínea. Sem caule e com folhas finas e escuras, ela é uma excelente forração para áreas sombreadas. Há também uma variedade variegada, de folhas verde-amareladas, e uma variedade anã, de folhas mais curtas. Esta planta não suporta o pisoteio, mas, em compensação, não necessita ser aparada. Pode ser utilizada também como bordadura.

Deve ser cultivada sob sombra ou pleno sol, em solos férteis e bem drenáveis, enriquecidos com matéria orgânica, com adubações semestrais e regas regulares. Multiplica-se por divisão das touceiras (LIMA et al, 2011).

Falsa-érica - *Leptospermum scoparium*

Nome Científico: *Leptospermum scoparium*

Nome Popular: Érica, falsa-érica, leptospermo, árvore-chá, érica-japonesa

Família: Myrtaceae
Divisão: Angiospermae
Origem: Nova Zelândia e Austrália
Ciclo de Vida: Perene



Figura 16- Falsa-érica – *Leptospermum scoparium*.

A érica é um arbusto ereto e muito florífero, além de delicado e gracioso. Sua textura é semi-lenhosa e seus ramos são bastante ramificados. Ele é nativo da Nova Zelândia e é mais encontrado na costa leste, do norte ao sul da ilha, assim como na Austrália, em regiões como a Tasmânia, Victoria e Nova Gales do Sul. O nome árvore-chá deve-se ao famoso navegador inglês James Cook, que utilizava suas folhas para fazer chá, durante explorações pela Oceania.

As folhas diminutas e aromáticas, de coloração verde-acinzentada, recobrem os ramos deste arbusto perene, que floresce na primavera e no verão. Suas pequenas flores podem ser simples ou dobradas, nas cores branca, vermelha ou rosa. (LIMA et al, 2011).

Naturalmente seu aspecto é aberto, mas pode-se ter um arbusto mais formoso e compacto com podas periódicas e leves. A érica pode ser plantada em vasos ou no jardim como bordadura, em maciços ou como planta isolada. É bastante apreciada também na arte do bonsai, por apresentar naturalmente folhas e flores pequenas.

Deve ser cultivada no sol pleno, em solo fértil, bem drenável, enriquecido com matéria orgânica e irrigado periodicamente. Contempla adubações periódicas e não tolera o calor tropical. Multiplica-se por sementes, produzidas em grande número e

colhidas após a queda das flores. Também pode multiplicar-se por estaquia (LIMA et al, 2011). A Tabela 7 mostra um resumo das características das plantas utilizadas nos protótipos de cobertura viva.

Tabela7 - Resumo das características das plantas utilizadas em coberturas vivas, Viçosa, MG, 2013.

Espécie	Altura (cm)	Habito	Irrigação	Consumo de água	Luminosidade	Manutenção	Adubação	Resistência ao vento
Falsa-érica	30	Forração esparsa	3x semana	Médio	Pleno sol/meia sombra	1/2meses	1/2meses	Media
Grama Preta	20	Forração densa	3x semana	Médio	Sombra/meia sombra	1/2meses	1/2meses	Baixa
Grama Amendoim	20	Forração densa	3x semana	Alto	Pleno sol/meia sombra	1/30dias	1/30dias	Muito baixa

O experimento foi desenvolvido na época de chuvas (outubro de 2012 – abril 2013) na cidade de Viçosa, MG. O experimento foi implementado no dia 04 de setembro e a primeira chuva foi registrada no dia 18 de outubro deixando assim 40 dias para que as plantas pegassem e se adaptassem ao substrato (Figura 17). Foi feito anteriormente um experimento para escolher as plantas com maior adaptação para cobertura viva onde o resultado foi grama amendoim, grama preta e falsa-érica. Esse experimento foi feito com a finalidade de conhecer as plantas de melhor adaptação na zona e de melhor características de adaptação nas coberturas vivas utilizando a grama preta, a falsa-érica, grama amendoim e a hera-roxa na experimentação.

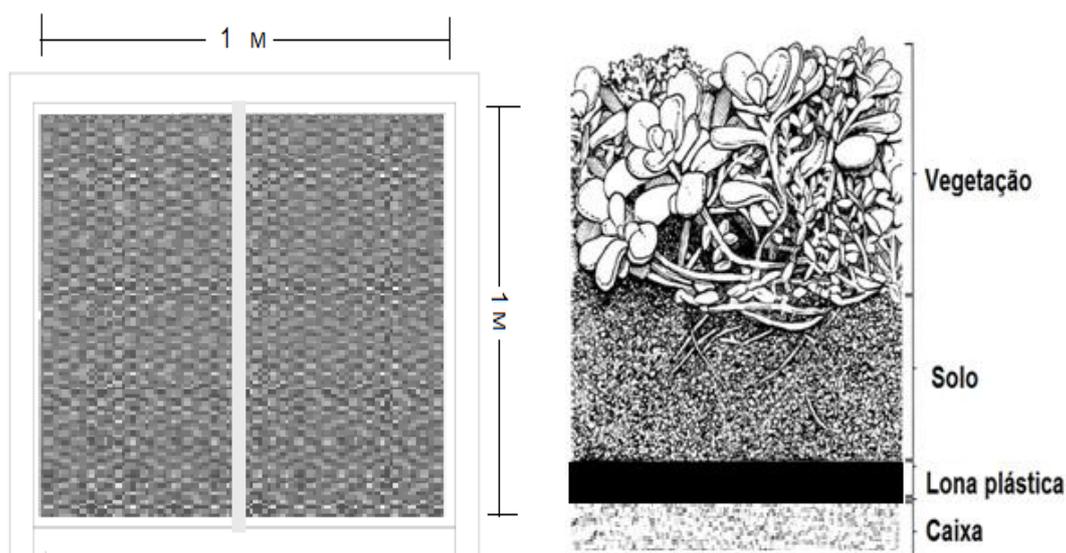


Figura 17 – Planta baixa e detalhe da cobertura utilizada nos protótipos da experimentação, Viçosa, MG, 2013.

4.4 METODOLOGIA

- Precipitação de chuva

Para o monitoramento das chuvas incidentes no telhado foi instalado um pluviógrafo no nível das coberturas vivas.

-Escoamento de água da chuva

Para monitoramento da água de chuva escoada das coberturas vivas em análise foram feitas coletas de água no recipiente para quantificação do volume após cada evento de chuva. Os volumes foram convertidos em altura da lâmina escoada por meio da Equação 1:

$$Es = V/A$$

Onde:

Es = escoamento de água de chuva gerado após cada evento em milímetros.

V = volume de água de chuva escoado após cada evento em Litros

A= área do terraço que gerou o escoamento de água de chuva

Nos módulos com cobertura vegetal, capta-se nos recipientes o excesso de água que não é retido pelas plantas (direcionados mediante tubos coletores). Já no módulo que simula um telhado convencional, capta-se a água que escorreu diretamente para o sistema de drenagem público de águas pluviais. Sendo assim, foi possível fazer o balanço hídrico para verificar a eficácia da estrutura na retenção de água da chuva (Figura 18).



Figura 18 – Imagem dos módulos utilizados na experimentação, protótipo com cobertura viva e protótipo de cobertura convencional.

- Intercepção de água de chuva pelo terraço

Para monitoramento da intercepção da água de chuva pelo terraço foi utilizada a Equação 2.

$$I = P - E_s$$

Onde:

I = Água interceptada pelo terraço em milímetros

P = Precipitação de chuva sobre o terraço em milímetros

E_s = Escoamento de água chuva gerado pelo terraço em milímetros

Foram instalados um pluviômetro e um pluviografo ao lado dos módulos de experimentação para obter dados mais precisos da pluviosidade, como mostra a (Figura19).



Figura 19 – Imagem do Pluviômetro e pluviógrafo instalados ao lado dos protótipos de coberturas, Viçosa, MG, 2013.

- Qualidade da água

Também foi feita a análise da água (pH, turbidez, condutividade elétrica) com as amostras coletadas em cada caixa (Figura 20 e Figura 21).



Figura 20 – Imagem do Turbidímetro, Condutivímetro, pHmetro utilizados para a análise da água, Viçosa, MG, 2013.

Para o análises realizadas foram utilizados os sensores portáteis da marca Digimed nos seguintes modelos:

- Turbidímetro Digital Portátil Digimed - Modelo DM-TU.
- Condutivímetro Digital Portátil Digimed - Modelo DM-3p.
- pHmetro Digital Portátil Digimed - Modelo DM-2p.



Figura 21 – Imagem dos recipientes e tubos coletores que iriam recolher a água escoada nos protótipos, Viçosa, MG, 2013.

Os módulos foram estabelecidos com uma inclinação de 15° segundo a literatura estudada para facilitar o escoamento da água para os tubos coletores, evitando, assim, o estancamento da mesma para evitar a falta de oxigênio para as plantas (Figura 22).



Figura 22 - Módulos de experimentação detalhando a inclinação de 15°, Viçosa, MG, 2013.

Além disso, os dados coletados nas coberturas vivas e telhado convencional foram comparados com a água coletada da chuva em um recipiente que ficou instalado ao lado do módulo experimental. Estas coletas foram feitas com intuito de verificar as diferenças existentes entre a água coletada nos dois ambientes. Os dados foram registrados em planilhas, juntamente com os dados de condições climáticas de cada dia da coleta (hora, temperatura, umidade, pressão, vento, nebulosidade) (Figura 23).

TABELA COLETA DE DADOS						
DATA						18/10/2012
Hora	Temperatura (°C)	Umidade (%)	Pressão (hPa)	Vento		Nebulosidade (Décimos)
12	22.4	77	937.2	Vel. (m/s)	Dir. (°)	8
			Temperatura		Precipitação	
			Máx. (°C)	Mín. (°C)	ml	
			31.2	17	0.45	
Água escoada na Cobertura						
	Litros		pH	Condut.	Turb.	
1	0,05		7.83	1203	53,8	
2	0					
3	0,043		7.90	1650	82,6	
4	0					
5	0					
6	0					
7	0,04		7.65	158	9,62	
8	0					
9	0					
10	0					
11	0					
12	0					
Água escoada no Telhado						
	l	ml	pH	Condut.	Turb.	Obs.
1	0,08	80	8.28	366	140	
2	0,1	100	7.68	1390	555	
3	0,075	75	7.92	1088	297	
4	0,085	85	7.45	139	400	

Figura 23- Exemplo de planilha para coleta de dados em cada um dos eventos de precipitação, Viçosa, MG, 2013.

Os dados foram analisados como a retenção percentual da média de chuva usando um modelo ANAVA (análise de variância) utilizando os testes de médias com efeito aleatório no tratamento do telhado e no tipo de chuva.

A manutenção foi feita a cada 5 dias, com irrigação dos módulos para evitar o murchamento das plantas. O capina ou poda foi feita mensalmente, com o fim de tirar as plantas invasoras.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para o presente trabalho foi analisado o comportamento dos módulos experimentais para a época de chuvas durante os meses de outubro a abril de 2012 e 2013 respectivamente. Os dados sobre os volumes acumulados nos reservatórios para os 12 módulos experimentais de cobertura viva e quatro módulos de telhado convencional de amianto são mostrados nas seguintes tabelas e gráficos.

5.1 QUANTIDADE DA AGUA

Os resultados obtidos para o escoamento de água de chuva nas coberturas, para o período avaliado, encontram-se resumidos na Tabela 9.

Tabela 9 – Precipitação e Escoamento de água de chuva em dois tipos de coberturas: 1- cobertura viva (Es Cob); 2 – cobertura com telhado de amianto (Es Am), valores em milímetros (mm) e porcentual (%), em Viçosa – MG, 2013.

Mês/ano	P	Es Cobertura viva		Es Telhado Amianto	
	mm	mm	%	mm	%
Out/12	45,7	25,6	56,2	44,8	98,2
Nov/12	226,0	107,1	47,4	201,6	89,2
Dez/12	148,9	81,8	55,0	144,6	97,1
Jan/13	143,0	71,1	49,7	135,8	94,9
Fev/13	109,6	42,2	38,5	98,2	89,6
Mar/13	227,0	76,7	41,2	178,2	95,8
Abr/13	57,3	14,0	24,4	55,4	96,7
Total	957,5	418,5a*		858,5b	
Média de água escoada			44,6		94,5

* = significativo a 5% de probabilidade de acordo com o teste de Tukey.

Verifica-se na Tabela 9 que para o período o total precipitado foi de 957,5 mm, o que representa quase o total esperado para o ano na região de Viçosa, MG, que é de 1200 mm. Isto mostra que no período monitorado ocorreram precipitações típicas do período de chuva para a região, sendo o mês de outubro com menor pluviosidade e novembro o maior.

As coletas dos dados para cada um dos meses estudados geraram a Figura 24 que apresenta a água escoada em (mm) para cada um dos protótipos utilizados para a experimentação nos meses estudados como mostra a seguinte Figura 24.

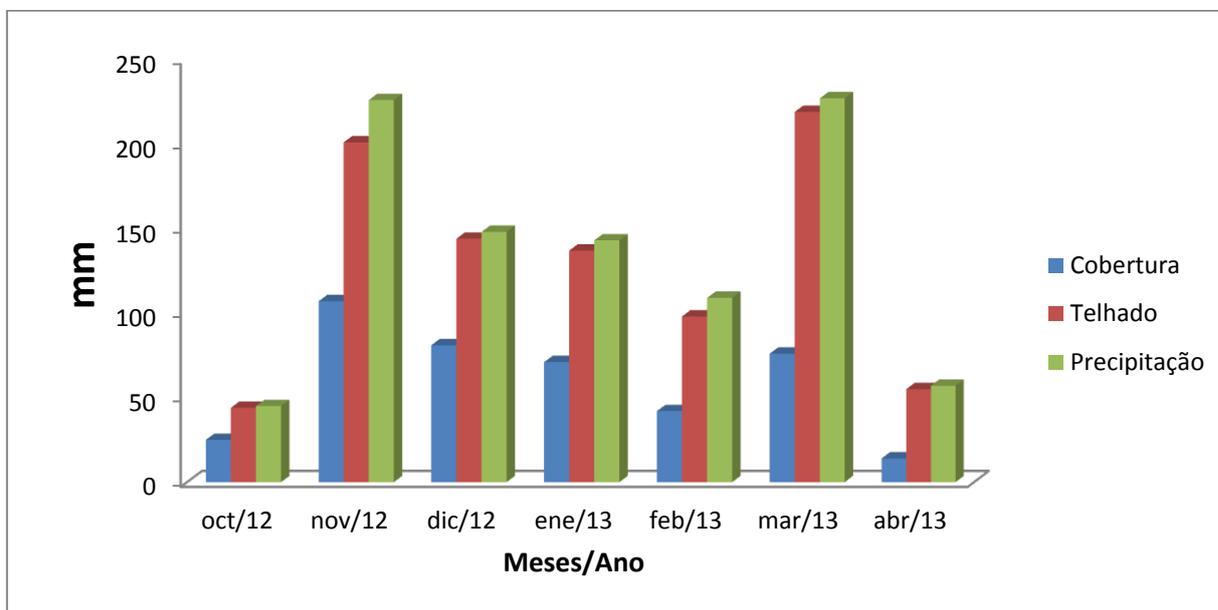


Figura 24 – Precipitação e escoamento (mm) em dois tipos de coberturas: 1- cobertura viva, 2 – cobertura com telhado de amianto, em Viçosa-MG, 2013.

O Escoamento de água de chuva seguiu a distribuição das precipitações, principalmente na cobertura de telhado amianto. Conforme se pode verificar na Figura 24, os meses de outubro de 2012 e abril de 2013 ocorreram as menores precipitações, porem o escoamento na cobertura viva em abril foi proporcionalmente bastante inferior do que outubro, provavelmente devido ao crescimento das plantas aumentando a evaporação pela interceptação de chuva, e a transpiração devido aos processos fisiológicos das plantas.

A Tabela 10 foi elaborada com intuito de avaliar retenção porcentual de água de chuva nas duas coberturas para cada um dos meses de estudo fazendo a comparação entre a água precipitada e água retida em porcentagem pelos dois protótipos de experimentação. A retenção foi feita pela diferença entre a água escoada e o total de água precipitada nos eventos na retenção. É importante considerar que os dados de retenção excluem a fração da chuva escoada e também as frações transpiradas e evaporadas.

Tabela 10 – Precipitação e retenção de água de chuva em dois tipos de coberturas: 1- cobertura viva; 2 – cobertura com telhado de amianto, valores em milímetros (mm) e porcentual (%), em Viçosa – MG, 2013.

Mês/ano	P mm	Retenção cobertura viva		Retenção telhado Amianto	
		mm	%	mm	%
Out/12	45,7	20,1	43,8	0,9	1,8
Nov/12	226,0	118,9	52,6	24,4	10,8
Dez/12	148,9	67,1	45	4,3	2,9
Jan/13	143,0	71,9	50,3	7,2	5,1
Fev/13	109,6	67,4	61,5	11,4	10,4
Mar/13	227,0	150,3	58,8	48,8	4,2
Abr/13	57,3	43,3	75,6	1,9	3,3
Total	957,5	539		98,9	
Média de água Retida			55,37		5,5

Nos resultados mostrados na Tabela 10 para os eventos estudados, a cobertura viva tem uma redução no escoamento entorno de 50%. Após os primeiros meses do estabelecimento das plantas, a redução no escoamento superficial aumenta para uma taxa de 70% na cobertura viva tendendo a aumentar com o passar dos meses, diferente do telhado convencional de amianto que libera quase a totalidade da água de chuva nos eventos estudados.

Conferiu-se assim a eficiência na retenção do escoamento de águas de chuvas na utilização de coberturas vivas como foi apresentado nos experimentos de Dürr (1995), na Alemanha utilizando as mesmas quantidades de substrato nos seus experimentos.

A Tabela 11 mostra a frequência de ocorrência dos eventos de chuva. Verifica-se que as classes 1 e 2 de precipitação foram as mais frequentes e juntas representaram 83% dos eventos ocorridos. A classe 1, até 11 mm de chuva gerou, em média, 4,3 mm de escoamento na cobertura com telhado e menos da metade na cobertura viva. A classe 5, até 55 mm, no entanto, gerou 25,2 mm de escoamento na cobertura viva. Este valor é maior do que o valor das classes 1 e 2, isto significa que a classe 5 produziu escoamento com maior frequência e proporção.

Tabela 11 – Frequência de ocorrência de eventos de chuva, por classe, e escoamento médio gerado para as duas coberturas, viçosa – MG,2013.

Numero da classe	Classe P mm	Frequência de eventos		Media Es C	Media Es T
			%	mm	mm
1	0,1 - 11,0	47	68,1	1,9	4,3
2	11,1 - 22,0	10	14,5	8,5	17,4
3	22,1-33,0	6	8,7	12,6	26,3
4	33,1 - 44,0	1	1,4	15,3	37,5
5	44,1 - 55,0	5	7,2	25,2	41,5
Total		69		12,7	25,4

O gráfico da acumulação total de agua chuva que foi liberada para os 7 meses do experimento em comparação com acumulação de agua que foi liberada pelo telhado convencional nele é representado pela Figura 25, precipitação e escoamento acumulados, observa-se nitidamente a capacidade em diminuir o escoamento a cada mês, proporcionada pelas coberturas vivas. Extrapolando este resultado para um grande centro urbano espera-se que essa redução seja de extrema importância uma vez que no período de chuva as ocorrências de cheias, e suas consequências estão se tornando cada vez mais frequentes e devastadoras.

Assim, percebe-se que as coberturas vivas podem ser consideradas como uma técnica conservacionista eficaz no manejo sustentável de bacias urbanas conferindo assim os estudos feitos por Schueler (2001), uma vez que juntamente com outras técnicas podem evitar ou diminuir o nível e os efeitos das cheias. Evita também que sedimentos e outras fontes de poluição atinjam as calhas de cursos de água que continuam suas trajetórias em direção a outras cidades.

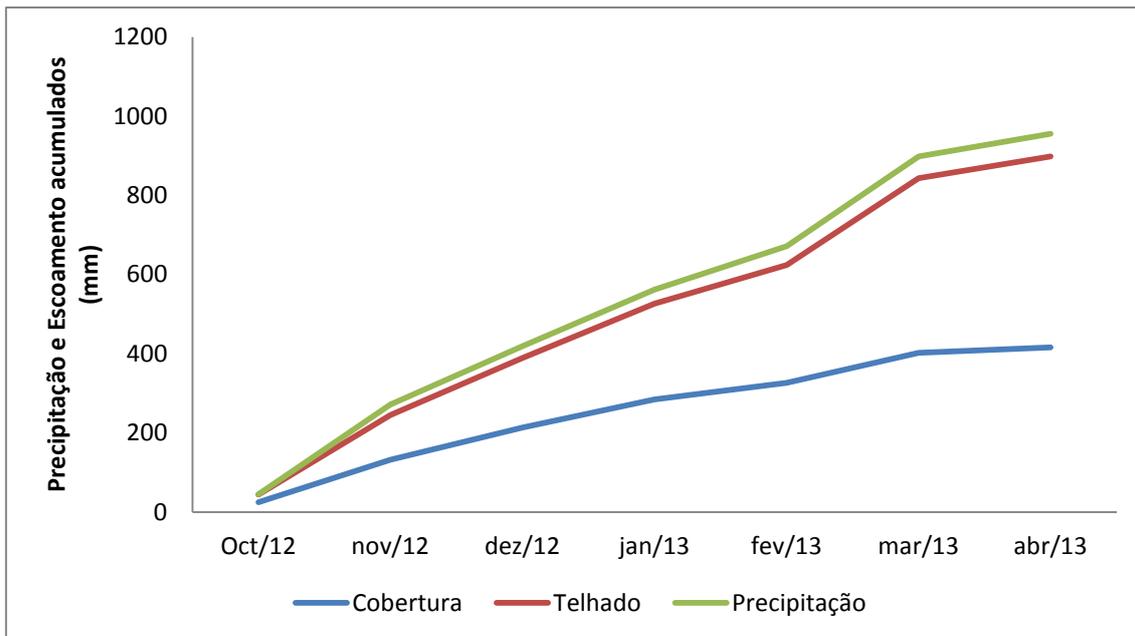


Figura 25 – Distribuição mensal dos valores acumulados de Precipitação e Escoamento em dois tipos de coberturas: 1- cobertura viva, 2 – cobertura com telhado de amianto, em Viçosa – MG, 2013.

A partir deste resultado mostrado na Figura 25 pode se dizer que a implantação da cobertura viva em uma cidade como Viçosa pode ajudar bastante na redução da ocorrência de inundações, pois a cobertura viva libera as grandes vazões de água gradualmente nos meses da época de chuvas diminuindo o escoamento superficial urbano que conseqüentemente gera as enchentes em cidades que carecem de um ótimo sistema de drenagem.

Os resultados deste trabalho foram similares aos estudos realizados na Alemanha pelo pesquisador Kolb e Schwarz, (1999), que utilizou protótipos analisando uma redução do escoamento total das épocas de chuvas de pelo menos 50% que na cidade seria destinado para sistemas de tratamento de afluentes urbano.

Também foi feito o análises estatístico para observar a dispersão para cada uma das precipitações registradas comparando as duas cobertura em relação ao total de precipitações na época de funcionamento do protótipo experimental mostrado na Figura 26.

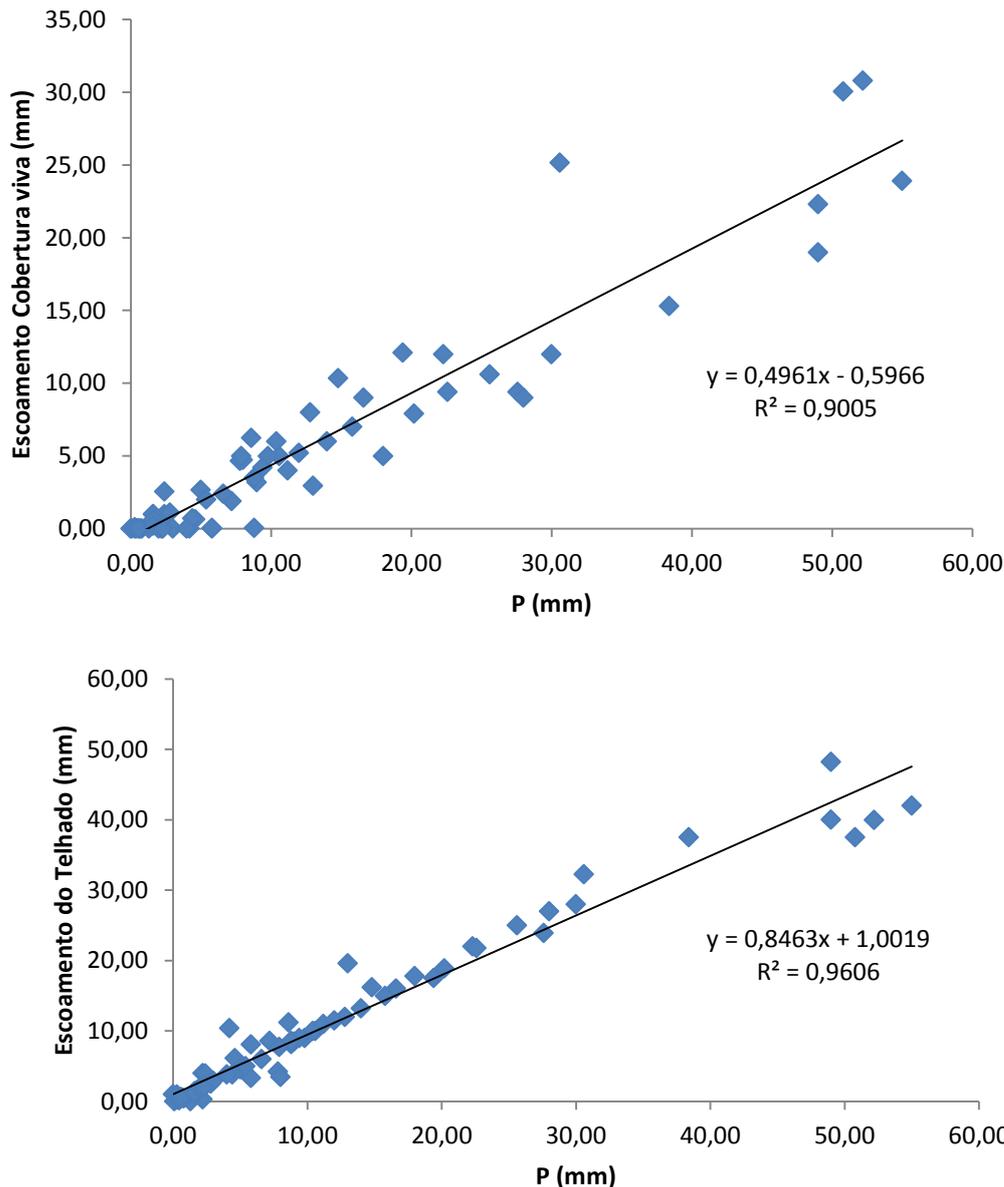


Figura 26 – Dispersão da Precipitação e escoamento em dois tipos de coberturas : 1- cobertura viva, 2 – cobertura com telhado de amianto, Viçosa –MG, 213.

A Figura 26 mostra a distribuição dos escoamentos em função das precipitações. Verifica-se que para os dois casos de cobertura o coeficiente de determinação (R^2) mostra a forte relação entre precipitação e escoamento sendo que para a cobertura feita de telhado de amianto a relação é mais forte e as respostas de escoamento aos eventos de chuva são mais intensos, com maior ângulo de inclinação da reta.

5.2 QUALIDADE DA AGUA

Tão importante quanto a quantidade de água gerada no escoamento das coberturas é a qualidade da água escoada. Na Tabela 12 estão representadas as avaliações para pH, Condutividade Elétrica e Turbidez da água escoada por mês de coleta.

Verifica-se que os valores de pH das águas de Precipitação, são ligeiramente básicos e variam pouco entre os meses analisados (Tabela 12). Entre as coberturas, verifica-se que para o telhado não houve alteração, mas para cobertura viva o pH foi reduzido tornando-se neutro. Isso torna o efeito da cobertura viva sobre o pH muito interessante.

Porém, o efeito da cobertura com telhado e da cobertura viva, sobre a turbidez da água foi negativo. Observa-se um aumento nos valores mensais e na média para o período avaliado. Isso significa que, para o perfeito funcionamento da cobertura viva, como prática sustentável no manejo das bacias hidrográficas, devem ser realizadas atividades para que estas, e outras variáveis de qualidade não se alterem tanto de forma negativa. Como alternativa poderiam ser testados substratos mais adequados, com menor interferência nas águas residuais, ou até mesmo alguma técnica simplificada de tratamento na água escoada. Filtragem por exemplo.

Tabela 12 – Características da qualidade da água (pH, Condutividade elétrica, Turbidez) da precipitação e do escoamento de dois tipos de coberturas: cobertura viva, e cobertura com telhado de amianto, em viçosa –MG, 213

	Precipitação			Telhado			Cobertura viva		
	pH	Cond. Elet.	Turb.	pH	Cond. Elet.	Turb.	pH	Cond. Elet.	Turb.
		µS/s	UNF		µS/s	UNF		µS/s	UNF
Outubro/12	7,3	18,5	12,1	6,9	298,4	15,3	6,5	418,5	174,0
Novembro/12	7,2	147,4	7,1	7,2	458,9	13,3	6,8	777,1	73,9
Dezembro/12	7,6	45,8	5,9	8,6	168,5	8,6	6,7	1025,7	266,0
Janeiro/13	7,6	18,5	5,6	7,6	119,2	7,2	6,8	488,4	303,7
Fevereiro/13	8,0	42,4	4,0	7,7	72,4	13,5	6,8	458,0	105,3
Março/13	7,5	59,3	7,7	7,7	107,0	11,0	6,8	505,0	43,3
Abril/13	7,5	53,5	3,3	7,7	112,4	5,1	6,9	529,5	26,7
Média	7,6	55,1	6,61	7,6	191,0	10,9	6,7	600,3	170,6

6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Os dados obtidos nos protótipos foram satisfatórios e promissores, podendo-se observar que realmente existe uma retenção significativa de água pela cobertura viva de até 70%.

Os dados do experimento indicam que o uso de coberturas vivas pode proporcionar melhor distribuição do escoamento na época de chuvas através da diminuição da velocidade de liberação do excesso de água retido pelo substrato.

As características de qualidade de água escoada avaliadas mostraram-se não ter modificações significativas nas suas propriedades em relação à água de chuva. Embora este trabalho mostrasse que as coberturas vivas têm efeitos negativos (poluentes na água escoada) e positivos (redução no escoamento) segundo a literatura, em termos de qualidade da água, devido ao tempo e o uso das coberturas vivas.

No levantamento bibliográfico e pelos dados obtidos no experimento, conclui-se que retenção de uma cobertura viva depende da sua estrutura (tipo de substrato e sua profundidade) assim pode ser recomendado o uso de materiais naturais na construção das coberturas vivas. Também se recomenda as coberturas vivas como uma técnica paisagística eficaz na redução de volumes de água escoada, as não tem a mesma eficácia para reduzir os grandes picos de fluxo de uma tempestade.

O uso das coberturas vivas é uma prática carente de informações sobre a sua correta execução e manutenção. Devem ser desenvolvidos mais estudos no país sobre as plantas que melhor se adaptam às condições climáticas extremas a que são submetidas as coberturas das edificações em regiões com clima tropical úmido, pois a literatura encontrada utiliza características diferentes das dos trópicos.

Novas investigações devem se concentrar nos materiais utilizados para construir as coberturas vivas, especialmente no substrato (materiais artificiais, materiais reciclados), também como utilização de outros tipos de plantas para coberturas vivas e sobre os problemas de manutenção das coberturas vivas (por exemplo, fertilizantes).

7 BIBLIOGRAFIA

ALMEIDA, M. A. M. **Coberturas naturadas e qualidade ambiental: uma contribuição em clima tropical úmido**: Uma contribuição em clima tropical úmido. Rio de Janeiro: UFRJ, 2008.

BERNDTSSON, Justyna Czemieli; BENGTSSON, Lars; JINNO, Kenji. Runoff water quality from intensive and extensive green roofs. **Ecological Engineering**. Amsterdam, v.35, p. 369-380, 2009.

BERNDTSSON, Justyna Czemieli; EMILSSON, Tobias; BENGTSSON, Lars. The influence of extensive vegetated roofs on runoff water quality. **Science of the Total Environment**. Amsterdam, v. 1-3, p.48-63, 2006.

BLISS, Daniel; NEUFELD, Ronald; RIES, Robert. Storm Water Runoff Mitigation Using a Green Roof. **Environmental Engineering Science**. Pennsylvania, v.26, n.2, p. 407-417, February, 2009.

CUNHA, A. P. S. R. “**Experimento hidrológico para aproveitamento de água de chuva usando coberturas verdes leves (CVL)**”. São Carlos: USP, p.41, 2004.

DI GIOVANNI, Rodrigo; CRUZ, Taison de Assis ds. **Telhado verde: Estudo de caso**. São Paulo: USP, 2010.

DÜRR, A. **Dachbegrünung: Ein Ökologischer Ausgleich; Umweltwirkungen, Recht, Förderung**. Wiesbaden e Berlin, Bauverlag, 1995.

DUNNET, Nigel; KINGSBURY, Noël. **Planting green roofs and living walls**. Portland, Oregon, Tiber Press, 2004.

ERNST, W.I. **Oberflächentwässerungswasserentlastung durch ökologische/ökonomische Planung**. Bundesblatt, v.34, n.11, p. 722-732, 1985.

FAGUNDES, H.A.V; MANO, R.S. **Cobertura Vegetal: O Ajardinamento de Tetos Planos e Inclinados**. Porto Alegre: UFRGS, 2001.

IGRA - **Green roof international association**. Disponível em: < www.igra-world.com >. Acesso em: 15-06-13.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Brasil.
Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em:
><http://www.sidra.ibge.gov.br/home/>< Acesso em: 15 de jan, 2012

HENEINE, M. C. **Cobertura verde.** Belo horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 2008.

HUTCHINSON, Doug; ABRAMS, Peter; RETZLAFF, Ryan; LIPTAN, Tom. **Storm water monitoring two ecoroofs in Portland, Oregon, USA.** Chicago, USA, May, 2003.

JOHNSTON, Jacklyn; NEWTON, John. **Building green: a guide for using plants on roofs, walls and pavements.** London: The London Ecology Unit, 1996.

KATZSCHNER, L. **Ergebnisse des Versuchs zur Abflubmessung eines Grasdachs.** Hesse: Universität Kassel, 1991.

KOLB, Walter; SCHWARZ, Tassilo. **Dachbergrünung intensiv und extensiv.** Ulmer, Stuttgart, 1999.

KRISHNAMURTHY, L; NASCIMENTO, José Rente. **Áreas Verdes Urbanas en Latinoamérica y el aribe.** Mexico, Universidad Autónoma Chapingo, p. 397, 1998.

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

LIMA, H.C; Queiroz, L.P; Morim, M.P; Souza, R. **Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro.** Virtual Books, 2011
><http://floradobrasil.jbrj.gov.br/2012/>< Acesso em: 20 de maio, 2013.

MACHADO, L. F. C. **A Cobertura Naturada e a Possibilidade de Reutilização da Água da Chuva.** Rio De Janeiro: UFRJ, 2002.

MENTENS, Jeroen; RAES, Dirk; HERMY, Martin. Green roofs as a tool for solving the rainwater runoff problem in the urbanized 21st century? **Landscape and Urban Planning**, Leuven: Belgium, v.77, p. 217–226, February, 2005.

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

MORAN, Amy; HUNT, Bill; JENNINGS, Greg. **A north Carolina field study to evaluate greenroof runoff quantity, runoff quality, and plant growth.** North Carolina, North Carolina State University, 2006.

MORAN, Amy; HUNT, Bill; SMITH, Jonathan. **Hydrologic and water quality performance from greenroofs in Goldsboro and Raleigh, North Carolina.** Washington, D.C, May, 2005.

OSMUNDSON, Theodore . **Roof Gardens: History, Design and Construction.** New York: W. W, Norton & Company, 1999.

POUEY, M.T.F. **Estudo Experimental do Desempenho Térmico de Coberturas Planas: Vegetação e Terraço.** Porto Alegre: PPGEC.UFRGS, 1998.

ROLA, S. M. **A naturalização como ferramenta para a sustentabilidade de cidades: estudo da capacidade do sistema de naturalização em filtrar a água de chuva.** Rio De Janeiro: COPPE/UFRJ, 2008.

SANTA CATARINA (Estado). **Decreto-lei Nº 14.243, de 11 de dezembro de 2007.** Dispõe sobre a implementação de sistemas de naturalização através da criação de telhados verdes em espaços urbanos de Santa Catarina. Florianópolis, 11 de dezembro de 2007
SCHUELER, T.R. **Stormwater Management Manual for Western Washington.** Washigton D.C, v.2, Metropolitan Washington Council of Governments, 2001.

SILVEIRO. A. F. **A utilização de revestimentos de vegetação intensivos e extensivos em projecto de arquitectura paisagista em cobertura.** Lisboa: Universidade Técnica de Lisboa, 2011.

TEESMUK, Alar; MANDER, Úlo. Rainwater runoff quantity and quality performance from a reenroof: The effects of short-term events. **Ecological Engineering.** Ámsterdam, v.30, p. 271–277. 2007.

TUCCI, C. E. M. **Estudos Hidrológicos-Hidrodinâmicos do rio Iguaçu na Região Metropolitana de Curitiba.** Curitiba, v.2, Prosan-Suceam, 1996.