

AValiação DO POTENCIAL DE USO DE TRÊS ESPÉCIES VEGETAIS COMO COBERTURA LEVE DE TELHADOS EM EDIFICAÇÕES

Caio Cury Beatrice¹
Francisco Vecchia²

RESUMO

O objetivo deste estudo foi avaliar e identificar dentre três espécies vegetais, quais apresentam bom desempenho e potencial para uso em telhados verdes, no sistema de cobertura extensiva, para a região de clima tropical de altitude, referente ao sudeste do Estado de São Paulo. Valores de sobrevivência, cobertura do solo e crescimento vertical foram comparados para três espécies de plantas *Arachis repens* Handro, *Ophiopogon japonicus* Ker Gawl e *Paspalum notatum* Flügge, em três profundidades de substrato, 0.05m, 0.075m, e 0.10m, em nove plataformas com três repetições. Os valores de cobertura do solo foram determinados por meio de análise de registros de imagens digitais. A sobrevivência foi determinada visualmente por contagem das unidades experimentais e o crescimento vertical foi determinado por medidas manuais. Os resultados obtidos neste experimento classificam a espécie *Ophiopogon japonicus* Ker Gawl em solos de 0.10m com o melhor desempenho entre as três espécies examinadas, seguido por *Paspalum notatum* Flügge. Dentre as três espécies plantadas, todas as cultivadas em solos de 0.10m, apresentaram resultados satisfatórios de cobertura do solo, crescimento vertical e sobrevivência, em relação à profundidade menor de substrato. A espécie *Arachis repens* Handro foi a que apresentou maior sensibilidade à profundidade e ao estresse hídrico durante o outono e inverno. A menor profundidade de solo (0.05m) resultou baixo valor de sobrevivência para todas as espécies durante o período de poucas chuvas. O crescimento vertical foi satisfatório para todas as espécies analisadas, em que a maior altura alcançada foi a espécie *Ophiopogon japonicus* Ker Gawl.

Palavras-chave: telhado verde extensivo, desempenho vegetal, *Arachis repens* Handro, *Ophiopogon japonicus* Ker Gawl, *Paspalum notatum* Flügge

¹ Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos. Centro de Recursos Hídricos e Ecologia Aplicada. E-mail para correspondência: caiobeatrice@sc.usp.br

² Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos. Centro de Recursos Hídricos e Ecologia Aplicada. E-mail: fvecchia@sc.usp.br

ABSTRACT

Evaluation of the potential use of three plant species as light cover on roof buildings. The purpose of this study was to evaluate and identify among three plant species, which show good performance and potential for use in green roofs in the system of extensive coverage, for the region of tropical climate of altitude, related to the southeastern state of São Paulo. Survival values, soil cover and vertical growth were compared for three plant species *Arachis repens* Handro, *Ophiopogon japonicus* Ker Gawl and *Paspalum notatum* Flügge, at three depth of substrate, 0.05 m, 0.075 m and 0.10 m, in nine platforms with three repetitions. The values of ground cover were determined through analysis of digital images, the survival was determined visually by counting of the experimental units and the vertical growth was determined by manual measurements. The results of this experiment classify the *Ophiopogon japonicus* Ker Gawl species in soils of 0.10 m with the best performance among the three species examined, followed by *Paspalum notatum* Flügge. Among the tree species planted, all cultivated in soils of 0.10 m, showed satisfactory results of soil cover, vertical growth and survival, in relation to the lower depths of substrate. The species *Arachis repens* Handro was that showed the highest sensibility to the depth and to the water stress during the fall and the winter. The lowest soil depth (0.05 m) resulted low survival value for all species during the period of few rains. The vertical growth was satisfactory for all species analyzed, where the greatest height reached was the *Ophiopogon japonicus* Ker Gawl species.

Key words: green roof extensive, plant performance, *Arachis repens* Handro, *Ophiopogon japonicus* Ker Gawl, *Paspalum notatum* Flügge

INTRODUÇÃO

Telhados verdes são sistemas de cobertura, que acomodam substrato e vegetação ativa (Emilsson, 2005). Esse sistema é formado por camadas sobrepostas sobre um suporte estrutural, contendo vegetação tolerante às condições do ambiente, ao solo, ao material drenante, à barreira contra raízes e ao componente impermeabilizante, sendo diferenciados na literatura em função da espessura do solo e do porte vegetativo adotado, podendo ser classificado como extensivo (0,02 m a 0,15 m) ou intensivo (0,20 m a 1,5 m) (Dunnett e Kingsbury, 2008).

Telhados verdes apresentam benefícios ambientais em diversas escalas e em propriedades singulares asseguradas às edificações como a termo-comportamental, moderando a temperatura do ar dentro de edificações, podendo diminuir em até 3°C em relação à temperatura externa (Teemusk e Mander, 2010), consequentemente causando a diminuição do consumo de energia elétrica para arrefecimento em até 8

% ao ano (Theodosiou, 2003; Wong *et al.*, 2003). Todavia, alguns países como Haiti, Colômbia, Tailândia e Rússia fazem uso dessa área, também, para produção local de alimentos, associando esse sistema a projetos sociais e de sustentabilidade, servindo como área de cultivo de verduras e hortaliças, suprimindo de certa forma deficiências locais (Garnett, 1997; Banting *et al.*, 2005).

Telhados verdes podem contribuir em escala maior, disponibilizando área para aumento da biodiversidade (Breneissen, 2004) e da arborização urbana, limpeza de poluentes atmosféricos (Currie *et al.*, 2008) e agindo como dispositivo de retenção parcial da pluviosidade de entrada, o que reduz o fluxo de escoamento superficial entre 60% e 90%. Do contrário, somado a outros fatores poderia causar inundações (Monterusso *et al.*, 2004; Neto *et al.*, 2005).

Tais benefícios podem ser garantidos ou otimizados a partir da escolha correta do modelo de adaptação adotado e dos componentes adequados ao sistema de telhado verde para cada região. A escolha de espécies de plantas apropriadas para cada tipo de sistema e região torna-se essencial para o ganho de eficiência do conjunto.

Em zonas de clima tropical como a maior parte do Brasil, poucos estudos científicos foram realizados no sentido de adaptar as técnicas contemporâneas de telhados verdes extensivos, originados de regiões de clima temperado, para as condições dos climas tropicais (Laar *et al.*, 2001; Cunha, 2004; Vecchia *et al.*, 2006; Cabugos, 2008), que, por sua vez, possuem alguns parâmetros diferentes como elevados valores de radiação solar e de temperatura (Laar e Grimme, 2006), além de características hidrológicas peculiares.

De acordo com Snodgrass e Snodgrass (2006), não há estabelecido uma lista padrão de plantas recomendadas para uso em telhados vegetados, mas sim indicações de espécies potencialmente favoráveis para cada localidade, a qual possui características peculiares, que devem atender à escolha mais adequada, baseada em observações e experiências próprias.

Nesse contexto, o presente estudo propôs avaliar e identificar dentre três espécies vegetais, quais apresentam bom desempenho e potencial para uso em telhados verdes, no sistema de cobertura extensiva experimental, para a região de clima tropical de altitude, referente ao sudeste do estado de São Paulo. Quantificou-se valores de sobrevivência, cobertura do solo e crescimento vertical à variação de diferentes profundidades de substrato, 0,05 m, 0,075 m, 0,10 m, em situações limitadas de manutenção, no aspecto de irrigação e nutrição.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no município de Itirapina, sudeste do Estado de São Paulo, no campus do Centro de Recursos Hídricos e de Ecologia Aplicada - CRHEA da Universidade de São Paulo – USP (coordenadas geográficas 22°10'08"S e 47°53'59"W) a 690 m de altitude.

O delineamento experimental foi composto por blocos casualizados com três tratamentos e em três blocos, sendo cada bloco repetido três vezes, gerando nove plataformas e 27 experimentações.

Os tratamentos foram tidos como níveis experimentais, definidos como sendo a profundidade do solo; e os blocos como sendo as espécies: *Arachis repens* Handro, *Ophiopogon japonicus* Ker Gawl e *Paspalum notatum* Flügge. As mudas dos vegetais foram denominadas de unidades experimentais e foram agrupadas em três blocos, de tal forma que dentro de cada grupo, todas as unidades fossem afetadas igualmente.

O período de acompanhamento do experimento foi de setembro de 2009 a setembro de 2010, com análise dos resultados ao fim de cada estação do ano: primavera (98 dias após plantio), compreendido entre a segunda quinzena de setembro de 2009 e a primeira quinzena de dezembro de 2009; verão (196 dias após o plantio), compreendido entre a segunda quinzena dezembro e a primeira quinzena de março; outono (289 dias após plantio), compreendido entre a segunda quinzena março e a primeira quinzena de junho de 2010; e inverno (360 dias após o plantio), período que se estendeu da segunda quinzena de junho de 2010 a primeira quinzena de setembro de 2010.

Plataformas

Foram construídas nove plataformas com dimensões de 2,20 m x 1,10 m, semelhantes àquelas das pesquisas de Monterusso *et al.* (2005) e Durhman *et al.* (2007), sobre células confeccionadas em chapas processadas e prensadas de resíduos plásticos reciclado de recipientes TetraPak®, compostas de polietileno de baixa densidade, com misturas de fibras celulósicas vegetais, alumínio e poliéster, com 0,12 m de espessura. Cada chapa foi dividida em três compartimentos ou blocos, medindo 0,73 m x 1,10 m, com área de 0,77 m² cada (Figura 1).

As bordas e as divisórias de cada plataforma foram limitadas por placas de madeira, com altura de 0,20 m sobre a base da plataforma, com a finalidade de conter a movimentação do solo.



Figura 1. Plataformas de cultivo.

As plataformas foram instaladas a uma altura de 0.15 m do solo, suspensas por estruturas de madeira, para evitar o contato direto com o solo. Todas as plataformas tiveram a mesma orientação e foram construídas com a mesma inclinação de 3° (5%), a fim de provocar lentamente a drenagem de água por gravidade. A inclinação mínima foi adotada em função da otimização do tempo de contenção de água de chuva, assim como modelos de estudos de Monterusso *et al.* (2005) e Durhman *et al.* (2007).

Cada bloco representou uma construção típica do conceito de telhado verde experimental, mantendo iguais condições entre os tratamentos a respeito do modelo e da aplicação da membrana impermeabilizante, sistema de drenagem e manta filtrante, apenas diferenciando em espessura do solo e das espécies cultivadas.

Cada bloco, depois de construído, recebeu um processo de impermeabilização superficial, com resina poliuretana à base de óleo vegetal de mamona (*Ricinus communis*), desenvolvida no Instituto de Química de São Carlos, IQSC-USP.

Posteriormente, todos os blocos foram revestidos internamente com uma manta de drenagem do tipo geotêxtil, modelo *Mcdrain® 2L*, constituído por uma geomanta tridimensional de plástico com pontos termossoldados, com 18 mm de espessura e cerca de 95% de índice de vazios. Esse sistema é revestido por uma manta filtrante higroscópica integrada sobre as faces, que impede o carregamento das partículas de solo para o interior do elemento drenante, evitando sua colmatação e, conseqüente, perda da vazão.

Substrato

Após determinadas as três profundidades máximas de substrato para o cultivo experimental (0,05 m, 0,075 m e 0,10 m), todos os blocos receberam o mesmo

substrato de origem mineral proveniente de uma área próxima das instalações do experimento, localizado na região norte de Itirapina-SP. O solo foi triado previamente em malha de 0,02 m de abertura para retirada de eventual material não desejado como madeira e pedras, sendo em seguida despejado em cada bloco de forma manual, sem compactação, até alcançar a profundidade desejada para cada bloco.

No ato do plantio, amostras do solo foram coletadas em tubos cilíndricos de PVC, com 0,10 m de diâmetro e 0,20 m de altura, e encaminhadas ao laboratório de solos, para análises de grandezas físicas e químicas de acordo com a tabela 1.

Componente	Unidades	Método	Componente	Unidades	Método
Pedregoso grosso (20 mm - 60mm)	0%	ABNT/NBR 7181/84	Matéria orgânica	12 g/dm ³	IAC
Pedregoso médio (6 mm - 20mm)	0%	ABNT/NBR 7181/84	Fósforo	7 mg/dm ³	IAC
Pedregoso fino (2 mm - 6mm)	0,50%	ABNT/NBR 7181/84	Potássio	1,2 mmolc/dm ³	IAC
Total de areia	72,40%	ABNT/NBR 7181/84	Cálcio	20 mmolc/dm ³	IAC
Areia Grossa (0,60 mm - 2mm)	4,10%	ABNT/NBR 7181/84	Magnésio	7 mmolc/dm ³	IAC
Areia Média (0,20 mm - 0,6mm)	39,40%	ABNT/NBR 7181/84	Alumínio	1 mmolc/dm ³	IAC
Areia Fina (0,06 mm - 0,2 mm)	28,90%	ABNT/NBR 7181/84	Boro	0,08 mg/dm ³	IAC
Silte (0,002 mm - 0,06 mm)	5,30%	ABNT/NBR 7181/84	Cobre	1,2 mg/dm ³	IAC
Argila (0 - 0,002 mm)	21,80%	ABNT/NBR 7181/84	Ferro	17 mg/dm ³	IAC
Classificação textural do solo	Areia média a fina argilosa	ABNT/NBR 7181/84	Manganês	2,8 mg/dm ³	IAC
Densidade 3%	1,4 g/cm ³	ABNT/NBR 6508/84	Zinco	1,2 mg/dm ³	IAC
Densidade 33%	1,84 g/cm ³	ABNT/NBR 6508/84	CTC	51	IAC
Porosidade	47,06%	ABNT/NBR 6502/95	S	28	IAC
Capacidade de retenção de água a 10 kPa	9,30%	MARINHO, F.A.M., 1994	V	56%	IAC
pH	5,1				

Tabela 1. Caracterização das grandezas físicas e químicas do solo realizadas no Laboratório de Solos, Departamento de Geotecnia, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2009.

Espécies de Plantas

A princípio, foram selecionadas três espécies de plantas para este estudo, baseadas nos aspectos fisiológicos, rapidez de reprodução e facilidade de comercialização, *Paspalum notatum* Flügge (Gramma-batatais), *Arachis repens* Handro (Gramma-amendoim) e *Ophiopogon japonicus* Ker Gawl (Gramma-preta).

Os blocos foram cultivados com populações de cada espécie separadamente, não havendo propositalmente competição interespecífica.

O plantio de todas as unidades experimentais realizou-se na primeira quinzena de setembro de 2009, referente à estação de transição entre inverno e primavera. As unidades experimentais da espécie *Paspalum notatum*, foram transplantadas por meio de mudas com 0,08 m de diâmetro, contendo rizomas desenvolvidos e enraizados, retirados de gramados com ajuda de um tubo metálico rígido com diâmetro de 0,08 m e altura de 0,10 m. As espécies *Arachis repens* e *Ophiopogon japonicus*, foram

transplantadas por meio de estolões desenvolvidos, adquiridas como mudas adultas, também com 0,08 m de diâmetro, plantadas com espaçamentos de 0,10 m x 0,10 m para fim de uniformização da coleta de dados durante o trabalho.

O espaçamento de 0,10 m x 0,10 m, adotado neste trabalho, procurou atender os critérios de cobertura extensiva, a qual continha pouca área a ser coberta e, portanto, a maior densidade poderia favorecer a cobertura do solo mais rapidamente, minimizando efeitos como perda de solo pela chuva ou vento e simultaneamente adiantando os processos de análise do desenvolvimento, assim como descrito por (Durhman *et al.*, 2007).

Irrigação

A irrigação não foi caracterizada como um tratamento e sim como suprimento necessário para o desenvolvimento inicial e sobrevivência das plantas. A irrigação foi realizada manualmente até atingir a capacidade de campo do solo no dia do plantio e estendida por duas vezes na semana, durante as três semanas seguintes, até ser observada a fase de estabelecimento dos vegetais, tendo a partir desse ponto a suspensão das regas manuais, a fim de obter maior caracterização como cobertura extensiva.

Coleta de Dados

Cobertura Vegetal do Solo

A quantificação de cobertura vegetal do solo foi realizada pelo método não destrutivo denominado análise computacional matricial (Richardson *et al.*, 2001; Kartcher e Richardson, 2003). Foram registradas imagens digitais com uma câmera fotográfica de marca SONY, modelo *Cyber-shot WS-50*, de resolução de 6.0 megapixels (2816 x 2112), com uma distância focal de 6.3 mm e velocidade do obturador de 1/8 s, acionada a uma altura de 1,30 m, perpendicular à base da plataforma, cobrindo uma área de 0,77 m², referente ao tamanho de cada bloco. As fotografias foram armazenadas em formato digital JPEG (*joint photographic experts group*, jpg.) e descarregadas em um microcomputador.

Análise de Imagens

As imagens digitais foram lançadas no *software* “SigmaScan Pro” Versão 5.0 (SPSS, Science, Chicago), utilizado para o cálculo de estimativa de cobertura vegetal no solo em cada bloco, apoiado por uma extensão do software, chamado “Turf_Analysis.bas”, desenvolvido pelo Dr. Doug Karcher (*University of Arkansas*)

(Karcher e Richardson, 2005), que converte as informações contidas na imagem digital referente às quantidades de resposta ao espectro vermelho, verde e azul (RGB) para valores HSB (matiz, saturação e brilho). Além disso, calibra e regulariza os valores de matiz e saturação para índices de 47 a 107 e 10 a 100, respectivamente, permitindo a discriminação e contagem de pixels de cor verde da imagem, automaticamente, e informa a porcentagem de cobertura (Richardson *et al.*, 2001; Karcher e Richardson, 2003).

Sobrevivência

A taxa de sobrevivência de cada espécie em cada tratamento foi analisada ao final de cada mês entre setembro de 2009 e setembro de 2010, tendo como resultado a média aritmética simples das três repetições, em que as unidades experimentais foram consideradas vivas sob o critério de exibirem coloração verde durante a observação visual e consideradas mortas, na ausência de coloração verde (Monterusso *et al.*, 2005).

O estabelecimento inicial foi definido como o período após o plantio e consistiu a fase de aclimação e enraizamento, que foi observada por meio dos mesmos registros fotográficos de cobertura vegetal. Valores positivos de crescimento horizontal pós-plantio significaram sucesso de aclimação e enraizamento, caracterizado como estabelecimento (Monterusso *et al.*, 2005).

A persistência foi definida como sendo o sucesso de sobrevivência das plantas, contada em dias após o plantio, iniciada ao final de cada estação do ano, caracterizando 98 dias para a primavera, 196 dias para o verão, 289 dias para o outono e 360 dias para o inverno.

Crescimento Vertical

Os valores de crescimento vertical da parte aérea foram coletados ao final de cada mês, por meio de medidas manuais para todas as unidades experimentais em cada bloco com o auxílio de uma régua graduada em unidades de centímetro de acordo com o método descrito por Bonham (1989). Posteriormente, foram analisados por um valor médio para cada bloco, gerando um valor único para as três repetições.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Cobertura Vegetal

Os valores de cobertura vegetal do solo para cada tratamento revelaram que houve diferença de crescimento horizontal para as diferentes profundidades, entre as espécies estudadas.

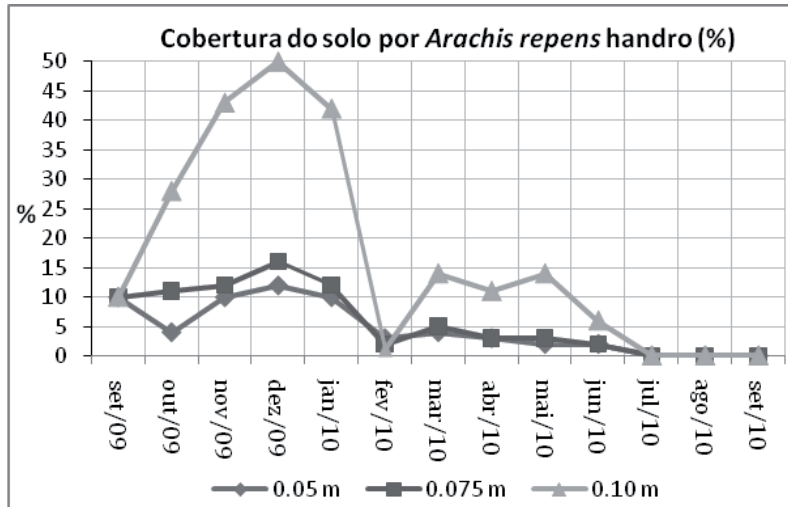


Figura 2. Cobertura do solo pela espécie *Arachis repens* em profundidades de 0,05 m, 0,075 m e 0,10 m.

A espécie *Arachis repens*, como se observa na figura 2, apresentou a melhor resposta de cobertura em profundidade de 0,10 m, alcançando 50% do total da área ao final da primavera, comparados a 16% e 12% em profundidades de 0,075 m e 0,05 m, respectivamente, para o mesmo período.

Durante o verão, as unidades experimentais da espécie *Arachis repens* desidrataram, eliminando todas as folhas em todos os tratamentos, o que gerou uma queda repentina na cobertura do solo, embora mantendo os estolões, os quais tornaram a brotar no tratamento de 0,10 m. Esse fato ocorreu mesmo sendo o verão um período com altos registros de precipitações.

Durante o outono, houve um ligeiro crescimento horizontal das unidades experimentais cultivadas em solo de 0,10 m. Esse crescimento foi observado pela brotação de novas folhas e ramos entre os nós radiculares, o que manteve o valor de cobertura do solo em 15%. Durante o início do inverno, as unidades experimentais, que se mantinham vivas em solos de 0,10 m, entraram em declínio e morreram pela falta de disponibilidade hídrica em razão de elevados valores de radiação solar.

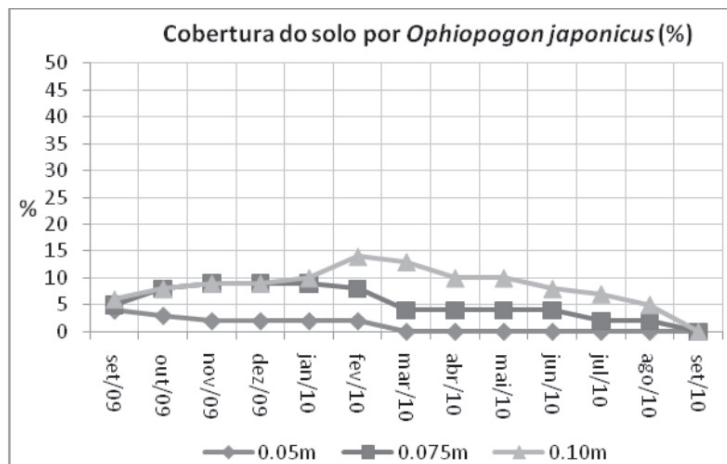


Figura 3. Cobertura do solo pela espécie *Ophiopogon japonicus* em profundidades de 0,05 m, 0,075 m e 0,10 m.

A espécie *Ophiopogon japonicus*, como se observa na figura 3, apresentou melhores valores de cobertura em profundidade de 0,075 m e 0,10 m, alcançando 9% do total da área ao final da primavera, comparados a valores de 4% em profundidades de 0,05 m, para o mesmo período.

Durante o verão, as unidades experimentais da espécie *Ophiopogon japonicus* para as profundidades de 0,05 m foram consideradas mortas. As unidades cultivadas em 0,075 m e 0,10 m tinham um aspecto de coloração muito bom, porém as unidades cultivadas em solo de 0,075 m revelaram uma pequena diminuição nos valores de cobertura, reduzindo a 5%, embora as unidades cultivadas em solo de profundidade de 0,10 m tenham revelado um significativo aumento nos valores de cobertura do solo, alcançando 14% ao final do verão.

Durante o outono, as unidades experimentais cultivadas em solo de 0,05 m não se recuperaram, sendo consideradas como mortas. Para as profundidades de 0,075 m e 0,10 m, houve uma ligeira diminuição de cobertura para as unidades experimentais, que se mantiveram a um valor de 4% e 10% respectivamente. Durante o inverno, as unidades experimentais mantiveram por um bom período uma aparência saudável e turgescência foliar, mesmo sofrendo pela falta de disponibilidade hídrica e elevados valores de radiação solar, característicos aos meses de inverno. Todas as unidades cultivadas morreram durante o inverno em todos os tratamentos, porém as unidades experimentais cultivadas em solos de 0,10 m foram as que mais resistiram às limitações hídricas, sendo consideradas mortas somente ao final de setembro de 2010, em função de não ter havido chuva durante o mês de agosto de 2010.

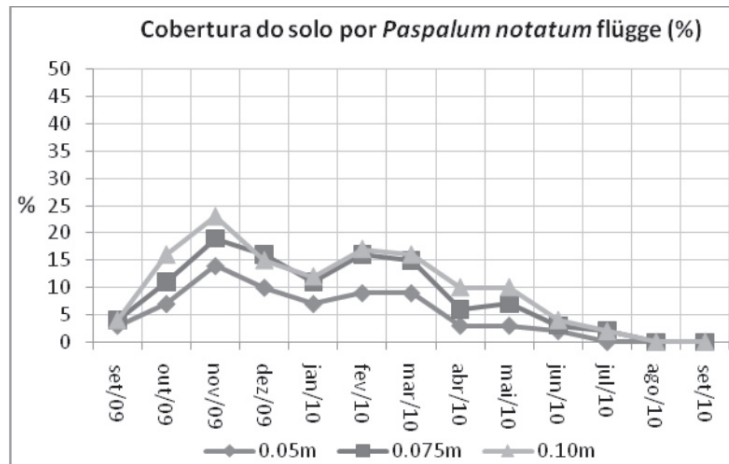


Figura 4. Cobertura do solo pela espécie *Paspalum notatum* em profundidades de 0,05 m, 0,075 m e 0,10 m.

A espécie *Paspalum notatum*, como se observa na figura 4, apresentou valores crescentes de cobertura do solo para todos os tratamentos, partindo de 4% revelado na data de plantio, alcançando, em novembro de 2009, valores de 14% em solo de profundidade de 0,05 m, 19% em solos de profundidade de 0,075 m e 23% em solos de profundidade de 0,10 m.

No mês seguinte, referente à primavera, houve uma queda repentina na cobertura do solo para 10% em solos de profundidade de 0,05 m, 15% em solos de profundidade de 0,075 m e 15% em solos de profundidade de 0,10 m.

Durante o verão, as unidades experimentais da espécie *Paspalum notatum*, cultivadas em solos de profundidades de 0,05 m, 0,075 m e 0,10 m, mantiveram seus valores de cobertura.

Durante o outono, as unidades experimentais cultivadas em solo de 0,05 m apresentaram aspecto muito ruim, eliminando quase todas as unidades experimentais vivas, revelando cobertura em torno de 3%. Para as profundidades de 0,075 m e 0,10 m, também houve uma ligeira diminuição de cobertura, as quais se mantiveram em cerca de 7% e 10% respectivamente. A eliminação de palha em função das folhas mortas, evidenciadas no cultivo dessa espécie, não foi contabilizada como cobertura do solo por não apresentar coloração e atividade fisiológica, embora contribua para o sombreamento e a retenção da umidade no solo. Durante o início do inverno, todas as unidades experimentais morreram em todos os tratamentos, em função da escassez de disponibilidade hídrica pluvial e dos elevados valores de radiação solar, que provocou a desidratação fisiológica da planta, levando-a à murcha permanente.

Sobrevivência

Para a espécie *Arachis repens*, como se observa na figura 5, houve uma diminuição da sobrevivência ao longo da primavera para dois dos três tratamentos.

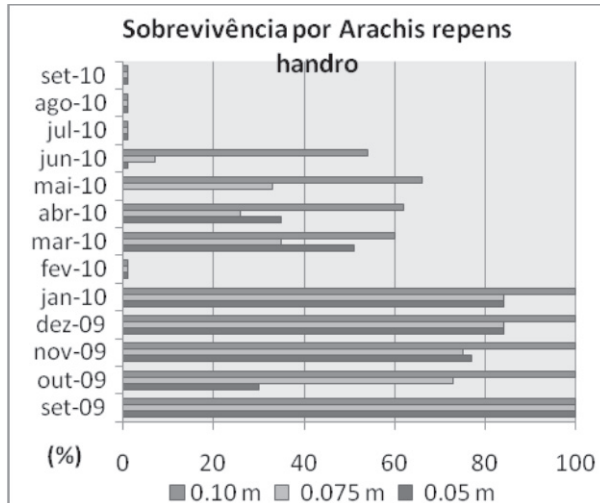


Figura 5. Sobrevivência pela espécie *Arachis repens* em profundidades de 0,05 m, 0,075 m e 0,10 m.

Partindo de 100% de sobrevivência revelada na data de plantio para todos os tratamentos, essa espécie alcançou, em outubro de 2009, logo após a cessão das regas, valores de 30% em solo de profundidade de 0,05 m, retornando a brotar e aumentando este valor, em função das chuvas, para 85% até o final da primavera, tornando a diminuir a sobrevivência para 52% e 35% nos meses de março e abril respectivamente, compreendidos no verão de 2010.

Em solos de profundidade de 0,075 m, a taxa de sobrevivência manteve-se satisfatória em cerca de 70% a 85%, durante todo o período de primavera.

Durante o verão, no mês de fevereiro de 2010, nenhuma unidade experimental sobreviveu, perdendo todas as folhas, porém, tornando a rebrotar, o que fez aumentar a taxa de sobrevivência para 35% em março, diminuindo consideravelmente em junho, e não se recuperando até o final do experimento.

Já em solos de profundidade de 0,10 m, a espécie *Arachis repens* permaneceu com 100% das unidades experimentais cultivadas, apresentando aspecto bom até o final da primavera. No início do verão, não diferente dos outros tratamentos, todas as unidades experimentais perderam as folhas, deixando apenas os estolões, os quais tornaram a rebrotar, alcançando no mês de março 60% e no mês de abril 62%. Porém,

em função de desidratação causada no início do período de inverno, todas as unidades morreram, não alcançando a data final do experimento.

Para a espécie *Ophiopogon japonicus*, como se observa na figura 6, as unidades experimentais cultivadas em solos de profundidade de 0,10 m foram as que tiveram o melhor desempenho de sobrevivência, mantendo a taxa de 100% de setembro de 2009 a julho de 2010. As unidades experimentais cultivadas em solos de 0,075 m de profundidade apresentaram taxa de sobrevivência positiva, entre 100% para os meses chuvosos e 70% para os meses secos.

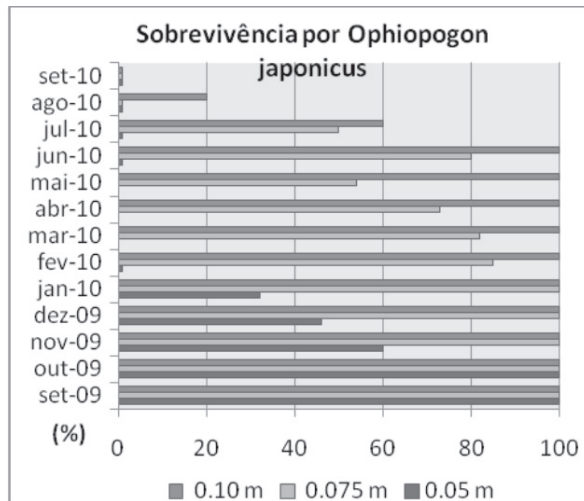


Figura 6. Sobrevivência pela espécie *Ophiopogon japonicus* em profundidades de 0,05 m, 0,075 m e 0,10 m

Em solos de 0,05 m, a sobrevivência decresceu na primavera. Em função da baixa profundidade, as unidades experimentais não se desenvolveram, chegando ao ponto de todas elas morrerem nessa profundidade de solo em fevereiro de 2010, não se recuperando mais até o final do experimento.

Para a espécie *Paspalum notatum*, como se observa na figura 7, todas as unidades experimentais cultivadas em solos de profundidade de 0,10 m e 0,075 m tiveram excelente desempenho de sobrevivência mantendo a taxa de 100% de setembro de 2009 a maio de 2010, entrando em declínio posteriormente. Em solos de 0,05 m, a sobrevivência decresceu a partir do verão em função da baixa profundidade de solo para o cultivo, onde as unidades experimentais não se desenvolveram bem, chegando ao ponto de 55% das unidades experimentais morrerem nessa profundidade de solo até abril de 2010, decrescendo ainda mais até o ponto de não mais suportar a desidratação em junho de 2010, e não se recuperando mais até o final do experimento.

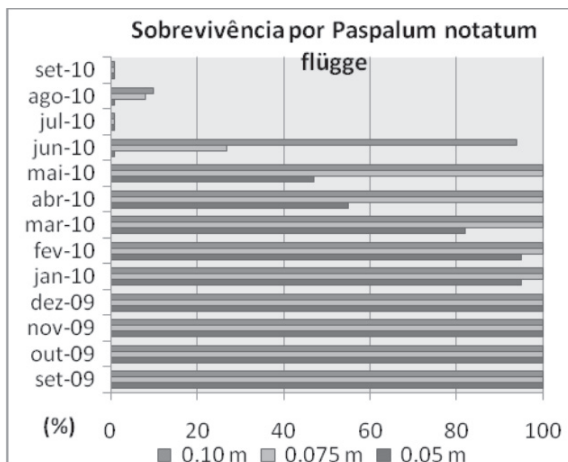


Figura 7. Sobrevivência pela espécie *Paspalum notatum* em profundidades de 0,05 m, 0,075 m e 0,10 m.

Crescimento Vertical

Os valores de crescimento vertical máximo para os três tratamentos foram semelhantes, alcançando 0,09 m de altura em relação ao solo, embora tenham existido variações entre cada tratamento para a mesma espécie. Esse valor foi considerado como satisfatório em relação ao aspecto de manutenção.

Para a espécie *Arachis repens*, como se observa na figura 8, ao final da primavera, o crescimento das unidades experimentais cultivadas em solos de profundidade de 0,05 m apresentou diminuição repentina após um mês de plantio, medindo 0,02 m de altura. Para as unidades cultivadas em solos de 0,075 m e 0,10 m, sob as mesmas condições, os crescimentos verticais tiveram o mesmo comportamento, alcançando 0,045 m em dezembro de 2009.

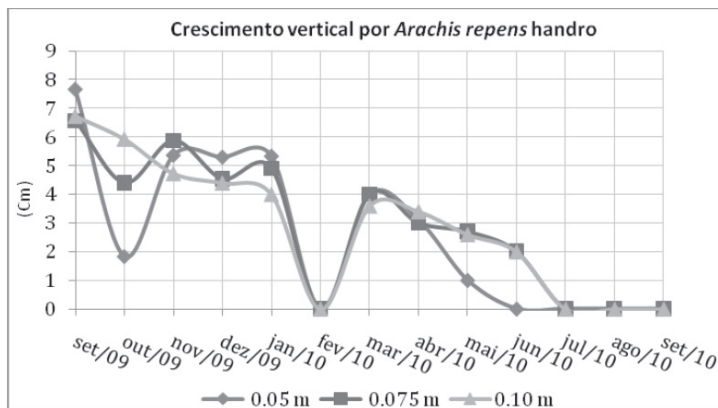


Figura 8. Crescimento vertical pela espécie *Arachis repens* em profundidades de 0,05 m, 0,075 m e 0,10 m.

Após outubro de 2009 até o final da primavera, a espécie *Arachis repens* tornou a crescer verticalmente elevando de 0,02 m para 0,055 m a altura final, fato, também, observado em profundidades de 0,075 m.

Durante o verão, o crescimento vertical das unidades experimentais dessa espécie, cultivadas em solos de 0,05 m de profundidade, chegou a ser zero, devido à perda da folhagem em função da diminuição das chuvas em fevereiro de 2010, porém tornou a brotar em algumas unidades experimentais, alcançando 0,04 m de altura ao final de março, morrendo no início do outono. Em solos de 0,075 m e 0,10 m, a altura máxima foi de 0,03 m, decrescendo tais valores a zero até o final do inverno.

Os valores de crescimento da espécie *Ophiopogon japonicus*, como se observa na figura 9, mostraram que durante a primavera as unidades experimentais cultivadas em solos de profundidade de 0,05 m apresentaram diminuição contínua da altura até o final da primavera, alcançando 0,048 m, comportamento semelhante observado para as unidades cultivadas em solos de 0,075 e 0,10 m, sob as mesmas condições, porém com alturas maiores, alcançando uma média de 0,065 m para solos de 0,075 m e 0,075m para solos de 0,10 m.

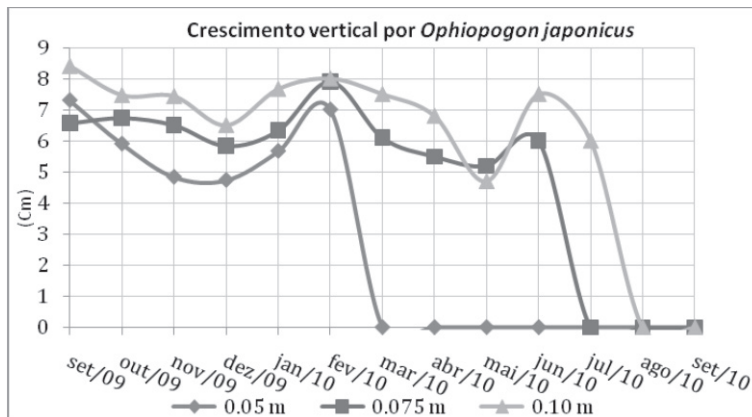


Figura 9. Crescimento vertical pela espécie *Ophiopogon japonicus* em profundidades de 0,05 m, 0,075 m e 0,10 m.

Durante o verão, o crescimento vertical das unidades experimentais cultivadas em solos de 0,05 m de profundidade tornou a aumentar até fevereiro de 2010 para 0,07 m, embora muitas unidades não tenham sobrevivido a essa profundidade e sob essas condições climáticas. Todavia a observação do mês de março nessa profundidade apresentava todas as unidades sem atividade, sendo consideradas mortas. Para as unidades cultivadas em solos de 0,075 m e 0,10 m de profundidade, o crescimento vertical alcançou valor de 0,077 m para ambos.

Tais valores tenderam a diminuir durante o outono, medindo 0,06 m de altura em média em profundidades de 0,075 m e de 0,075m em solos de 0,10 m. Durante o inverno as unidades experimentais resistiram com boa aparência entre os tratamentos de 0,075m e de 0,10 m, embora não resistissem e morressem durante o mês de agosto.

Já a espécie *Paspalum notatum*, tendeu a aumentar o crescimento vertical durante a primavera e o verão, como se observa na figura 10, alcançando até 0,08 m para as unidades experimentais cultivadas em solo de maior profundidade e alturas de 0,075 m e 0,06 m para as unidades cultivadas em solos com profundidades de 0,075 m e 0,05 m respectivamente. Com a chegada do outono, a tendência das plantas foi baixar a taxa de sobrevivência e, com isso, a queda nas taxas de crescimento vertical para a espécie *Paspalum notatum* foi bastante evidente, diminuindo sua altura média para 0,03 a 0,04 m. O inverno, também, gerou um declínio entre as unidades experimentais, levando à morte logo no início da estação.

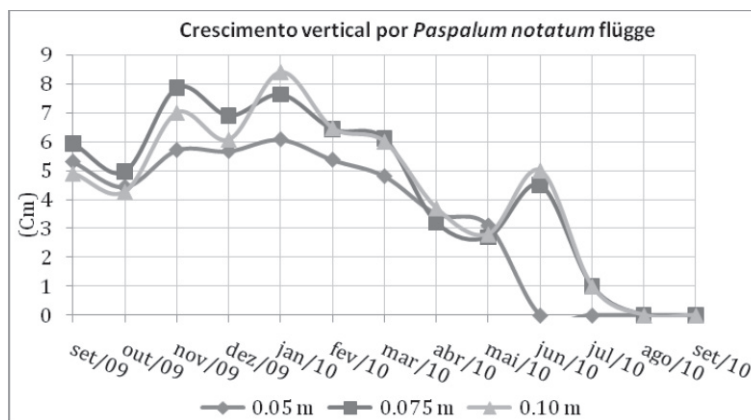


Figura 10. Crescimento vertical pela espécie *Paspalum notatum* em profundidades de 0,05 m, 0,075 m e 0,10 m.

O valor dos registros de precipitação compreendidos entre os meses de fevereiro e março de 2010, na região onde se situa o experimento, foi cerca de 18 a 26 mm menor em relação aos valores das normais climatológicas para o mesmo período e de 37 mm menor em maio de 2010 a 11 mm menor em junho de 2010 (Figura 11). Para o mês de agosto de 2010, não houve ocorrência de evento de precipitação no local do experimento, sendo que as normais climatológicas indicam a média de ocorrência de 31 mm de precipitação.

O excedente hídrico ocorrido em novembro de 2010 (88 mm) e em dezembro de 2010 (64 mm) não provocou consequências negativas perceptíveis nas unidades experimentais. No entanto, mesmo sendo meses de alta pluviosidade, o maior espaçamento de ocorrência desse fenômeno para essa região durante os meses citados acima, certamente, influenciou o desempenho de todas as espécies cultivadas, retardando o crescimento e provocando desidratação e murchamento.

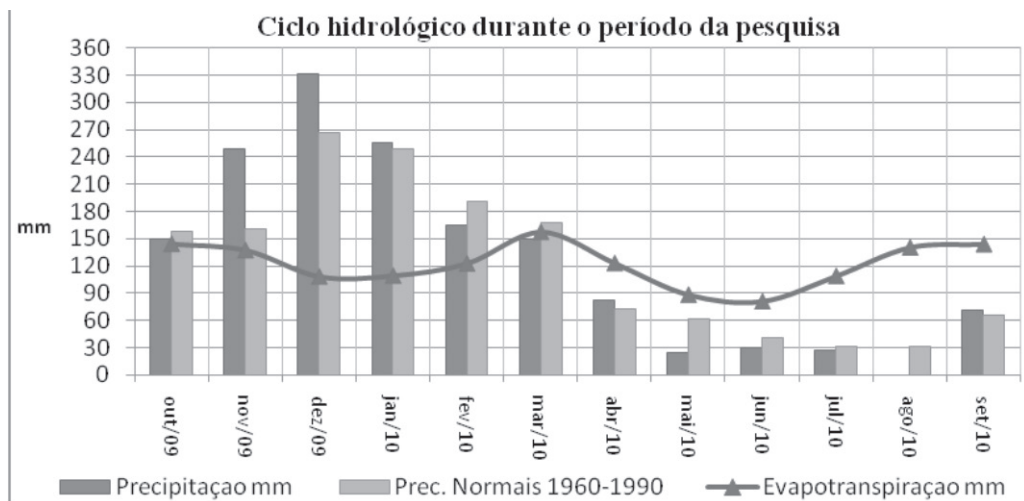


Figura 11. Caracterização hidrológica entre o período de realização do experimento de outubro de 2009 e setembro de 2010.

CONCLUSÕES

Os resultados indicam que o plantio das espécies selecionadas neste trabalho em solos de 0,05 m de profundidade não oferece resultados satisfatórios para a região em que foi aplicado o estudo. Também é observado que a espécie *Ophiopogon japonicus*, cultivada em solos de 0,10 m foi a que apresentou o melhor desempenho entre as

três espécies examinadas. Dentre as três espécies plantadas inicialmente, todas as cultivadas em solos de 0,10 m apresentaram resultados satisfatórios de cobertura do solo, crescimento vertical e sobrevivência, durante o período de disponibilidade hídrica natural, em que fica evidente que a primavera é indicada como o período mais favorável ao crescimento das espécies adotadas no trabalho, entre os tratamentos de 0,075 m e 0,10 m para as espécies *Ophiopogon japonicus* e *Paspalum notatum* respectivamente.

A sobrevivência da espécie *Arachis repens*, *Paspalum notatum* e *Ophiopogon japonicus*, foi visivelmente prejudicada entre os meses de fevereiro de 2009 (outono) e agosto de 2010 (inverno), em que não houve disponibilidade hídrica e elevados valores de radiação. As espécies *Arachis repens* e *Ophiopogon japonicus*, cultivadas em solos de 0,05 m, apresentaram maior sensibilidade entre a variação de profundidade.

O crescimento vertical foi satisfatório para todas as espécies analisadas, dispensando manutenção com poda regular no primeiro ano, em que a altura máxima registrada entre os tratamentos foi de 0,09 m para a espécie *Ophiopogon japonicus*.

AGRADECIMENTOS

À CAPES - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, pelo apoio financeiro à pesquisa.

REFERÊNCIAS

- ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. 1984. NBR 7181: **Solo-Análise Granulométrica: método de ensaio**. Rio de Janeiro: ABNT, 13p.
- ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. 1984. NBR 6508: **Grãos de solos que passam na peneira de 4,8 mm - Determinação da massa específica: método de ensaio**. Rio de Janeiro: ABNT, 8p.
- ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. 1995. NBR 6502: **Rochas e solos: terminologia**. Rio de Janeiro: ABNT, 18p.
- BANTING, D. et al. Report on the Environmental Benefits and Costs of Green Roof Technology for the City of Toronto. Disponível em: <<http://www.toronto.ca/greenroofs/findings.htm>>. Acesso em: 5 out. 2010.
- BONHAM, C. D. 1989. **Measurements for Terrestrial Vegetation**. 2. ed. New York: John Wiley & Sons, 337p.

- BRENEISSEN, S. 2004. Green roofs: How nature returns to the city. **Acta Horticulture**, **643**:289-293.
- CABUGOS, L. 2008. **An evaluation of five native plant species for use in Green Roofs and storm water management in Hawaii**. Dissertação (Mestrado em Botânica) – Universidade do Havaí, Manoa, Havaí, 75p.
- CUNHA, A. P. S. R. 2004. **Experimento hidrológico para aproveitamento de águas de chuva usando coberturas verdes leves (CVL)**. Disponível em: <http://athenas.prod.eesc.usp.br/file.php/202/operacoes_passadas_materiais/Cisterna/EXPERIMENTO_HIDROLOGICO_PARA_APROVEITAMENTO_DE_AGUA_DE_CHUVA.pdf>. Acesso em: 5 out. 2010.
- CURRIE, B.; BASS, B. 2008. Estimates of air pollution mitigation with green plants and green roofs using the UFORE model. **Urban Ecosystems**, **11**(4):409-422.
- DUNNETT, N; KINGSBURY, N. 2008. **Planting Green Roofs and Living Walls**. Portland: Timber Press, 327p.
- DURHMAN, A. K.; ROWE, D. B.; RUGH, C. L. 2007. Effect of Substrate Depth on Initial Growth, Coverage, and Survival of 25 Succulent Green Roof Plant Taxa. **Horticulture Science**, **42**(3):588-595.
- EMILSSON, T. 2005. **Extensive Vegetated Roofs in Sweden: Establishment, Development and Environmental Quality**. Tese (Doutorado em Horticultura) - Swedish University of Agricultural Sciences, Sweden, 34p.
- GARNETT, T. 1997. Digging for change: The potential of urban food production. **Urban Nature Magazine**, **3**(2):62-65.
- GETTER, K. L.; ROWE, D. B.; ANDRESEN, J. A. 2007. Quantifying the effect of slope on extensive green roof stormwater retention. **Ecological Engineering**, **31**:225-231.
- KARCHER, D. E.; RICHARDSON, M. D. 2003. Quantifying Turfgrass Color Using Digital Image Analysis. **Crop Science**, **43**:943–951.
- KARCHER, D. E.; RICHARDSON, M. D. 2005. Batch Analysis of Digital Images to Evaluate Turfgrass Characteristics. **Crop Science**, **45**:1536-1539.
- LAAR, M. et al. 2001. Estudo de aplicação de plantas em telhados vivos extensivos em cidades de clima tropical. In: ANAIS DO VI ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO – ENCAC, 2001, São Pedro, São Paulo. CD-ROM.
- LAAR, M.; GRIMME, F. W. 2006. Thermal comfort and reduced flood risk through green roofs in the Tropics. In: ANAIS THE 23° CONFERENCE ON PASSIVE AND LOW ENERGY ARCHITECTURE - PLEA, 2006, v. 2, Genebra, Suíça. p. 577-580.

- MARINHO, F. A. M. 1994. Medição de sucção com o método de papel-filtro. In: X CONGRESSO BRASILEIRO DE MECÂNICA DOS SOLOS E ENGENHARIA DE FUNDAÇÕES, Foz do Iguaçu, PR. v. 2, p. 515-522.
- MONTERUSSO, M. A. 2004. Runoff water quantity and quality from green roof system. **Acta Horticulture**, **639**:369-376.
- MONTERUSSO, M. A.; ROWE, D. B.; RUGH, C. L. 2005. Establishment and persistence of *Sedum* spp. and native taxa for green roof applications. **Horticulture Science**, **40**(2):391-396.
- NETO, A. P. et al. 2005. Análise quali-quantitativo do escoamento superficial gerado pela água de chuva através da cobertura verde leve. In: VI ENCONTRO NACIONAL DE ÁGUAS URBANAS, 2005, Belo Horizonte, MG. v. 1, p. 31-34.
- RICHARDSON, M. D.; KARCHER, D. E.; PURCELL, L. C. 2001. Quantifying Turfgrass Cover Using Digital Image Analysis. **Crop Science**, **41**:1884-1888.
- SNODGRASS, E.; SNODGRASS, L. 2006. **Green roof plants**: a resource and planting guide. Portland: Timber Pres Inc, 220p.
- TEEMUSK, A.; MANDER, Ü. 2010. Temperature regime of planted roofs compared with conventional roofing systems. **Ecological Engineering**, **36**:91-95.
- THEODOSIOU, T. G. 2003. Summer period analysis of the performance of a planted roof as a passive cooling technique. **Energy and Buildings**, **35**(9):909-917.
- VECCHIA, F.; CASTEÑEDA, G.; QUIROA, J. A. 2006. Aplicación de cubiertas verdes em climas tropicales. Ensayo experimental comparativo com techumbres convencionales. **Tecnología y Construcción**, **22**(2):9-13.
- WONG, N. H. et al. 2003. Investigation of thermal benefits of rooftop garden in the tropical environment. **Building and Environment**, **38**:261-270.