

## **INFLUÊNCIA DA PLUVIOMETRIA SOBRE A PERSISTÊNCIA DAS ESPÉCIES *Gazania rigens* E *Kalanchoe blossfeldiana* COMO COBERTURA VEGETAL DE UM TELHADO VERDE**

*Lucas Camargo da Silva Tassinari*<sup>1\*</sup> & *Raviel Eurico Basso*<sup>1</sup> & *Carla Fernanda Perius*<sup>2</sup> & *Daniela Thomas da Silva*<sup>3</sup> & *Cristiano Gabriel Persch*<sup>3</sup> & *Rutinéia Tassi*<sup>4</sup> & *Daniel Allasia*<sup>4</sup>

**Resumo** – Com o processo de urbanização, superfícies permeáveis passam por alteração do uso do solo, resultando maiores superfícies impermeabilizadas, com conseqüente diminuição da infiltração da água no solo e aumento do escoamento superficial. Algumas técnicas de engenharia são utilizadas para reduzir os impactos gerados pela mudança de uso do solo, restando o escoamento superficial o mais próximo possível da fonte onde são gerados, como trincheiras de infiltração, pavimentos permeáveis, telhados verdes (TV), entre outros. Quando utilizado em larga escala, TVs podem proporcionar o controle quantitativo do escoamento superficial. No entanto, para possibilitar sua aplicação, são necessárias políticas públicas que incentivem seu uso, e que haja domínio dos diversos aspectos desta tecnologia nas diferentes regiões do Brasil. Assim, este trabalho mostra uma análise conduzida no sentido de avaliar como as condições climáticas condicionam os aspectos fitossanitários da vegetação empregada em um TV na cidade de Santa Maria/RS, especificamente as espécies *Gazania rigens* e *Kalanchoe blossfeldiana*. Os resultados revelam que a espécie *Kalanchoe blossfeldiana* apresentou elevada persistência a períodos de baixa pluviosidade, enquanto a *Gazania rigens* mostrou-se bastante vulnerável às estiagens. Com isso, sugere-se o uso de *Kalanchoe blossfeldiana* como cobertura vegetal para TVs em regiões subtropicais úmidas com grande amplitude térmica.

**Palavras-chave** – Telhado verde, fitossanidade, controle de escoamento superficial.

## **INFLUENCE OF RAINFALL ON PERSISTENCE OF *Gazania rigens* AND *Kalanchoe blossfeldiana* SPECIES AS VEGETATION COVER OF A GREEN ROOF**

**Abstract** – Because of a constant urban expansion, natural areas are suffering with land use changes, resulting in larger impermeable surfaces with consequent reduction of water infiltration in soil and increase of runoff. Some engineering techniques, e.g. infiltration trenches, permeable pavements and green roofs (GR), are used to reduce impacts generated by land use changes, retaining runoff as close as possible to its source. If it is used in a large-scale, GR provide significant savings in drainage structures. However, to make possible the large-scale use of this technology, we need public policies that encourage its use, so, it is necessary the know-how of this technology in all Brazilian regions. Thus, this work presents an analysis to assess how climatic conditions determine plant health, survival level and development of plants (*Gazania rigens* and *Kalanchoe blossfeldiana*) used in GR in Santa Maria. Results show that *Kalanchoe blossfeldiana* presents high persistence to low rainfall periods, whereas *Gazania rigens* is weak to droughts. Therefore, we suggest the use of *Kalanchoe blossfeldiana* as the vegetation layer on GR in a subtropical climate with large temperature range.

**Keywords** – Green roof, plant health, runoff control.

<sup>1</sup> Acadêmico do curso de Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Maria: lucascst@hotmail.com; basso.raviel@gmail.com

<sup>2</sup> Acadêmica do curso de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal de Santa Maria: karla\_perius@hotmail.com

<sup>3</sup> Profissionais graduados: dthomasdasilva@gmail.com; cristianog.persch@bol.com.br

<sup>4</sup> Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – Universidade Federal de Santa Maria: rutineia@gmail.com; dga@ufsm.br

## INTRODUÇÃO

Com a urbanização em constante expansão, áreas naturais, compostas por vegetações diversas e solos permeáveis, sofrem com a alteração do uso do solo. Isso resulta em maiores superfícies impermeabilizadas, com conseqüente diminuição da infiltração da água no solo e aumento do escoamento superficial, impactando negativamente as estruturas de drenagem existentes e favorecendo o risco de inundações.

Algumas técnicas de engenharia são utilizadas para reduzir os impactos gerados pela mudança de uso do solo, por meio da retenção e/ou infiltração do escoamento superficial o mais próximo possível da fonte onde é gerado, através da introdução de obras que buscam mimetizar funções da paisagem natural, perdida com a urbanização (EPA, 2003). Internacionalmente essas práticas são conhecidas como *Low Impact Development* - traduzido para Desenvolvimento de Baixo Impacto (DBI), e uma das premissas para a sua aplicação é de que os volumes de escoamento superficial na situação posterior à urbanização devem ser mantidos a um nível muito próximo daqueles observados anteriormente à impermeabilização do solo. Essa medida visa manter as funções ecológicas e hidrossedimentológicas da bacia hidrográfica. Exemplos de técnicas de DBI comumente aplicadas para esses fins são as trincheiras de infiltração, pavimentos permeáveis, biorretenções, telhados verdes, entre outros.

Especificamente com relação aos telhados verdes, é sabido que a sua utilização promove a redução do escoamento superficial e o atraso no tempo de pico de vazão (Getter e Rowe, 2006), além de outros benefícios ambientais, como inibição das zonas de calor (Rosenzweig *et al.*, 2006), sequestro de poluentes (Yang *et al.*, 2008), aumento da biodiversidade e habitats perdidos em áreas urbanizadas (Kim, 2004). Além disso, o uso de telhados verdes permite melhorias quanto ao conforto acústico (Renterghem e Botteldooren, 2009) e térmico (Beyer, 2007), já que o substrato e a vegetação trabalham diminuindo a transmissão de calor e de ruído para o interior da edificação. Quando utilizado em larga escala, os telhados verdes proporcionam economias muito significativas nas obras de drenagem. Peck (2005 *apud* Zhang e Guo, 2013) estimou que se 6% de todas as construções de Toronto-ON, no Canadá, fossem cobertas por telhados verdes, o seu efeito no armazenamento de água da chuva seria equivalente ao obtido com um reservatório enterrado, orçado em cerca de sessenta milhões de dólares.

As funções exercidas pelo telhado verde são resultado da sua estrutura, que usualmente é composta por uma camada vegetal, uma camada de substrato (responsável por dar suporte à vegetação, promover a infiltração e armazenamento da água), uma camada drenante (para drenar o excesso de água) e uma camada impermeabilizante e resistente à penetração das raízes da vegetação (para proteger a estrutura do telhado) (Zhang e Guo, 2013). No entanto, para que os benefícios dos telhados verdes sejam visíveis, fatores como a estética, condições ambientais (incluindo macro e microclima), composição e profundidade do substrato, seleção das plantas, métodos de instalação e manutenção devem ser considerados.

Particularmente com relação à vegetação, foco deste estudo, as condições ambientais, com temperaturas extremas (quente e frio), níveis de irradiância, vento, quantidade e distribuição das chuvas ao longo do ano determinarão os requisitos para que as espécies sobrevivam em uma área específica, restringindo o uso de certas espécies ou ditando a necessidade de irrigação (Getter e Rowe, 2006). Da mesma forma, a formação de microclimas deve ser considerada, a exemplo daqueles criados devido ao sombreamento, inclinação, e orientação do telhado, que podem influenciar o tempo de exposição ao sol, modificando a umidade do substrato.

A fisionomia vegetal das espécies utilizadas no telhado verde contribui, igualmente, para a eficiência do mesmo na retenção das águas pluviais, uma vez que são responsáveis pelo processo de interceptação e evapotranspiração, promovem o sombreamento do substrato podendo diminuir a evaporação da água no solo e melhorar as condições de persistência das plantas sobre o telhado.

Tradicionalmente, espécies das famílias pertencentes ao grupo das suculentas, como *Sedum* (sedum-rubro), *Sempervivum* (sempre-viva) e *Delosperma* (sem nome popular no Brasil) são apontadas como boas escolhas de vegetação para a cobertura de telhados verdes, em função da sua capacidade de resistir a condições de seca prolongadas e outras condições ambientais adversas (Snodgrass, 2005). As espécies pertencentes ao grupo das suculentas caracterizam-se por possuírem a raiz, talo e folhas mais espessos, o que garante um maior armazenamento de água. Essas adaptações permitem que plantas deste grupo mantenham reservas de água para períodos prolongados de estiagem, sobrevivendo em ambientes com baixos volumes de chuva. No entanto, verifica-se que a indicação de uma espécie não pode ser generalizada para diferentes condições climáticas. Por exemplo, em um estudo realizado nas cidades de Goldsboro e Kinston - Carolina do Norte, Estados Unidos, Moran *et al.* (2003) identificaram que as espécies *delosperma nubigenum*, *sedum album murale*, *sedum sexangulare*, *sedum reflexum* e *sedum album* apresentaram bom crescimento em telhados verdes. Este mesmo estudo demonstrou que *sedum album chloroticum*, *sedum grisebachii* e *delosperma cooperi* não se desenvolvem corretamente no clima local.

Dada a sua extensão territorial, a variedade de climas do Brasil é considerável, e deve ser apreciada para a identificação de espécies a serem utilizadas em telhados verdes. Com isso, depara-se com uma dificuldade para a disseminação generalizada desta tecnologia, visto que a maioria dos relatos da sua eficiência e das peculiaridades do seu uso é proveniente de países localizados no hemisfério norte.

No sentido de avançar com este conhecimento, e contribuir para um melhor entendimento dos processos que ocorrem nos telhados verdes, este trabalho avaliou como as condições climáticas, em especial chuva e temperatura, influenciaram aspectos fitossanitários, taxas de sobrevivência e o desenvolvimento das espécies *Gazania rigens* e *Kalanchoe blossfeldiana* como cobertura vegetal de um telhado verde, sob as condições climáticas de Santa Maria-RS.

## METODOLOGIA

O telhado verde, objeto desse estudo, está instalado na área pertencente ao Centro de Tecnologia (CT) do Campus da Universidade Federal de Santa Maria – RS (29°44'16" Sul; 53°35'32" Oeste). O clima da região, de acordo com a classificação de Köppen, enquadra-se como temperado chuvoso e quente, do tipo *Cfa*. Apresenta uma temperatura média anual de 18,8°C, e chuvas normalmente bem distribuídas durante todos os meses do ano, contabilizando uma média anual de 1700 mm, sendo os meses de inverno os de maior precipitação.

O protótipo de telhado verde possui aproximadamente 6m<sup>2</sup>, e é formado por 24 módulos, com dimensões 7x70x35cm (altura x largura x profundidade) (Figura 1(a)). Os módulos são construídos com EVA (Etileno Acetato de Vinila) reciclado moído e com aglomerante constituído de cimento e cinzas, possuindo no seu interior uma divisão de 8 compartimentos quadrados onde o substrato orgânico é colocado e as mudas enraizadas. Abaixo do módulo existe uma “bandeja” plástica, de forma retangular, que tem a função de reter uma parcela da água da chuva.

Para vegetar os módulos foram escolhidas as espécies *Gazania rigens* e *Kalanchoe blossfeldiana*, vulgarmente conhecidas como Gazânia e Calanchôe, respectivamente. As duas espécies são indicadas para telhados verdes, em razão das raízes pouco profundas e capacidade de

resistir a períodos de estiagem, além de serem facilmente obtidas na região. Foram destinados 12 módulos para cada espécie, sendo plantadas de 2 a 3 mudas por compartimento, totalizando 279 exemplares de Kalanchôe e 293 de Gazânias (Figura 1(b)). Os módulos foram dispostos sobre o telhado de forma a agrupar em dois setores diferenciados as espécies: um lado de calanchôe e outro lado com gazânia.

O monitoramento das espécies foi realizado periodicamente, onde foram avaliadas fitossanidade, nível de sobrevivência e desenvolvimento das plantas sob as condições climáticas de Santa Maria. Os dados pluviométricos e de temperaturas foram obtidos a partir de um pluviógrafo do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), localizado a aproximadamente 1,5km do experimento. Com base no modelo de balanço hídrico, já calibrado e validado para este experimento (Persch *et al.*, 2012), obteve-se o coeficiente de escoamento.

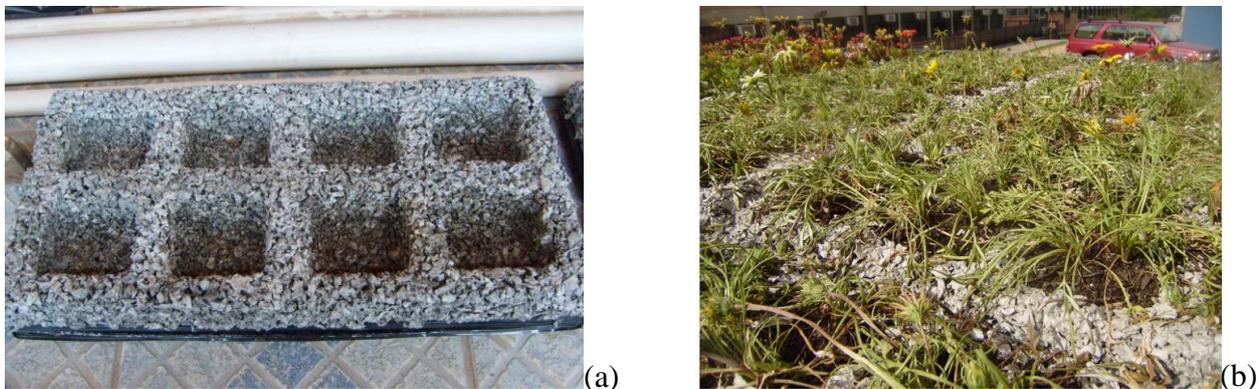


Figura 1. Módulo de telhado verde empregado no telhado verde (a) e telhado com a vegetação estabelecida (b)

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise da fitossanidade das espécies foi realizada em 5 datas: 13/10, 26/10, 11/11, 23/11 e 02/12 (todas em 2010), que marcaram 4 períodos. A primeira data consiste no dia em que os módulos do telhado verde foram implantados sobre o telhado, e o solo estava na condição de capacidade de campo, com os excessos devidamente drenados. Nestas avaliações observaram-se o desenvolvimento (altura, aparência e sanidade) e a sobrevivência de cada espécie. A Tabela 1 mostra o resultado das avaliações. Para ilustrar o aspecto das mudas, a Figura 2 (a) e (b) mostram as espécies Calanchôe e Gazânia, respectivamente, na data da primeira avaliação e a Figura (a) e (b) as mostram na última avaliação.

Conforme se pode observar na Tabela 1, em apenas dois meses as condições climáticas levaram à morte praticamente todas as gazânias, sendo que apenas 25,3% das mudas sobreviveram. A principal hipótese para isso é o fato de que, até a terceira avaliação, quando o nível de sobrevivência dessa espécie estabilizou, constatou-se baixo índice de pluviosidade e temperaturas médias elevadas, como pode ser observado na Figura 4. Observa-se também que houve um volume de chuva razoável entre as avaliações 2 e 3 (gerando um acumulado de 40,6mm de chuva), contudo, em função das altas temperaturas e da pouca chuva entre as avaliações 1 e 2 (acumulado de 23mm), as melhores condições climáticas observadas entre as avaliações 2 e 3 não foram suficientes para garantir a persistência das gazânias, pois estas já estavam em com a sanidade comprometida em razão do acentuado déficit hídrico.

Durante o quarto e quinto monitoramento, ficou evidente o efeito de borda proporcionado pela proximidade das espécies, sendo que somente as mudas de gazânia vizinhas às de calanchôe sobreviveram. Em razão desse resultado, verificou-se que a taxa de sobrevivência da gazânia poderia ser maior se a mesma estivesse combinada com as mudas de calanchôe.



Figura 2. Calanchôe e Gazânia em 13/10/2010

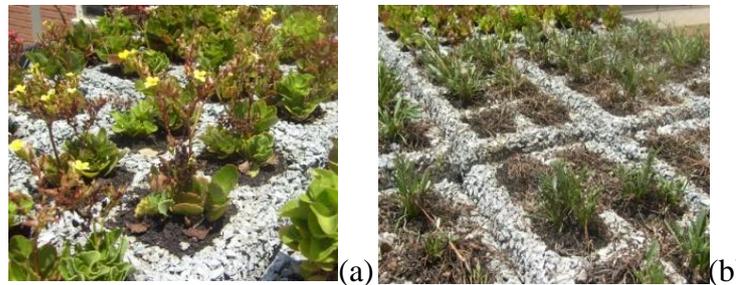


Figura 3. Calanchôe e Gazânia em 02/12/2010

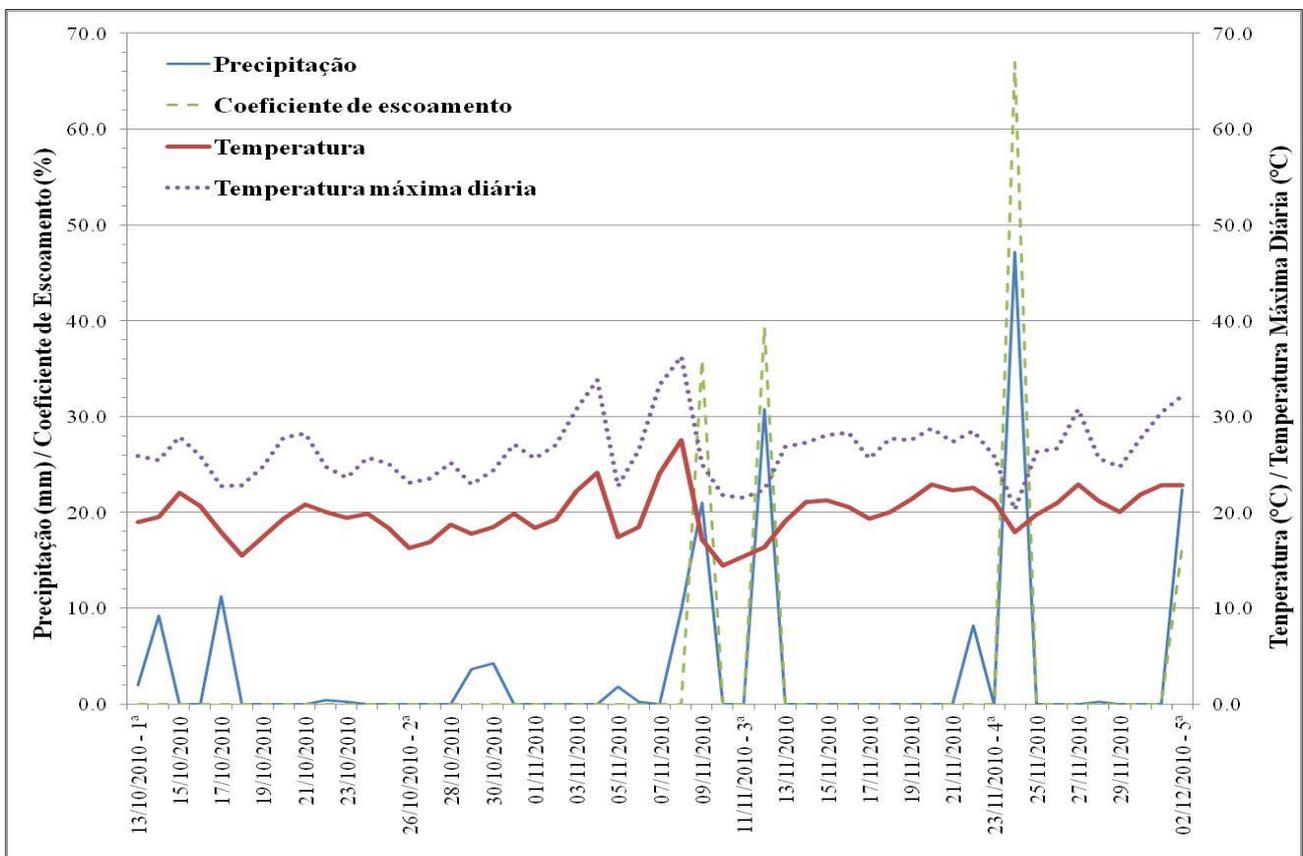


Figura 4. Temperatura e precipitação conforme dados INMET

Na Figura 4, observa-se que foi gerado escoamento superficial em apenas 4 dos 16 eventos ocorridos durante o experimento. De um total de 172,4mm precipitados nesse período, apenas 29,3mm foram convertidos em escoamento superficial, resultando num coeficiente de escoamento médio de 39,6%. Comprovou-se com isso a eficácia dessa tecnologia quanto ao controle quantitativo da água para condições climáticas similares àquelas observadas nesse experimento.

Tabela 1. Monitoramento fitossanitário das espécies quanto ao desenvolvimento e sobrevivência

Monitoramento	Prec. Acumulada no Período (mm)	Espécies	Calanchoê	Gazânia	Geral
<b>1ª Avaliação:</b> 13/10/2010		<b>Desenvolvimento</b>	- Altura entre 13cm - Floridas - Ótima sanidade	- Altura entre 10cm - Floridas - Pouco murchas - Boa sanidade	- Floração das gazânias após instalação dos módulos.
		<b>Sobrevivência</b>	- 100%	- 100%	
<b>2ª Avaliação:</b> 26/10/2010	23	<b>Desenvolvimento</b>	- Altura 14 cm - Floridas - Boa sanidade - Boa resistência	- Altura 8,5 cm - Murchas e queimadas - Baixa sanidade	- Gazânias com baixa resistência devido à pouca pluviosidade observada.
		<b>Sobrevivência</b>	- 100% - Sem mortes	- 83% - 243 mudas vivas	
<b>3ª Avaliação:</b> 11/11/2010	40,6	<b>Desenvolvimento</b>	- Altura 15 cm - Floridas - Ótima resistência	- Altura 7 cm - Grande parte seca e queimada - Baixa sanidade	- Percebeu-se a ótima potencialidade das calanchoês.
		<b>Sobrevivência</b>	- 100% - Sem mortes	- 27,3 % - 80 mudas vivas	
<b>4ª Avaliação:</b> 23/11/2010	39	<b>Desenvolvimento</b>	- Altura 16 cm - Floridas - Ótima resistência	- Altura 6 cm - Grande parte seca e queimada - Baixa sanidade	Aumento da resistência das gazânias, com a diminuição do nível de morte.
		<b>Sobrevivência</b>	- 100% - Sem mortes	- 25,6% - 75 mudas vivas	
<b>5ª Avaliação:</b> 02/12/2010	69,8	<b>Desenvolvimento</b>	- Altura 16 cm - Floridas - Ótima resistência	- Altura 7 cm - Sem floração - Média sanidade	Resistência das mudas de gazânia próximas às mudas de calanchoê.
		<b>Sobrevivência</b>	- 100% - Sem mortes	- 25,3% - 74 mudas vivas	

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho apresentou os resultados de um estudo conduzido para avaliar a influência das condições climáticas de Santa Maria quanto aos aspectos fitossanitários, o nível de sobrevivência e o desenvolvimento de duas espécies vegetais utilizadas como cobertura de um telhado verde. Para isso, a cobertura verde de um telhado experimental foi dividida entre as duas áreas, onde foram plantadas as espécies *Gazania rigens* e *Kalanchoe blossfeldiana*.

Notou-se que, quando em condições de déficit hídrico, as plantas apresentaram redução do número de folhas, menor alongação destas, entre outros sintomas de escassez hídrica, havendo perda de eficiência no controle quantitativo de água da chuva do telhado verde. Esta perda de eficiência está diretamente ligada à diminuição da área foliar da planta, fechamento dos estômatos para reduzir a evapotranspiração e aceleração do processo de senescência (Santos e Carlesso, 1998), causando o aumento do escoamento. Ainda, como é reduzida a sombra das plantas sobre o substrato, há maior evaporação direta, diminuindo ainda mais a disponibilidade hídrica para as plantas, dificultando a sua sobrevivência.

Com relação às duas espécies analisadas, a gazânia mostrou-se menos apta às condições climáticas experimentadas durante o período de monitoramento, sendo que em um período de exposição inferior a 2 meses, menos de ¼ das mudas sobreviveram, Segundo López (2006), a gazânia é uma espécie que aprecia regiões de clima mais ameno e possui necessidades moderadas de chuva, justificando os resultados obtidos nesse experimento. As mudas de calanchôe também tiveram sua fisiologia afetada, pois foi verificada a abscisão de folhas, contudo, em menor proporção.

Devido à alta taxa de mortalidade da espécie gazânia relatada neste estudo, optou-se por plantar novas espécies em substituição às mudas mortas. Assim, no dia 03/12/2010 foram plantadas 25 mudas de *Plectranthus barbatus* (Boldo-brasileiro) e 34 mudas de *Chlorophytum comosum* (Clorofito). Devido ao fato do Clorofito também não apresentar uma boa adaptação, com mortalidade de 100%, foram plantados aspargos ornamentais (*Asparagus densiflorus Sprengeri*) e Echeveria (*Echeveria elegans*). Vale salientar que a última espécie é uma espécie suculenta que também teve mais de 90% de taxa de mortalidade e o aspargo ornamental teve 100% de mortalidade. Ainda, foram experimentadas plantas do gênero *Sedum* e *Rhipsalis*. Novamente, a planta suculenta (*Sedum*) não sobreviveu, permanecendo somente as plantas do gênero das *Rhipsalis* que, juntamente com as calanchôes e o boldo-brasileiro, persistem até a data de elaboração do presente material.

É interessante observar que as espécies do gênero *Sedum*, que são indicadas para países europeus e da América do Norte (Snodgrass, 2005; Moran *et al.*, 2003), não sobreviveram ao clima de Santa Maria nesse estudo preliminar. Isso confirma a necessidade de estudos como o aqui apresentado, visando embasar a adaptação de uma tecnologia importada.

O experimento também demonstrou boa eficiência do telhado verde quanto ao controle de escoamento superficial. Neste experimento, houve escoamento superficial em apenas 25% dos eventos monitorados.

## AGRADECIMENTOS

Os recursos utilizados para a construção do experimento foram assegurados pela FAPERGS por meio do processo 10/0394-5 – ARD 01/2010. Desta forma expressamos nossos agradecimentos

a esta agência de fomento. Os autores também agradecem ao CNPq e à FIPE pela concessão de bolsas de iniciação científica, que possibilitaram o desenvolvimento deste estudo.

## REFERÊNCIAS

- BEYER, P. O. (2007) *Relatório técnico: Medição do desempenho térmico de Ecotelhas*. Laboratório de Vapor e Refrigeração. Departamento de Engenharia Mecânica. Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- GETTER, K. L.; ROWE, D. B. (2006) The role of extensive green roofs in sustainable development. *HortScience* 41(5), pp. 1276-1285.
- KIM, K. (2004) The application of the biosphere reserve concept to urban areas: the case of green rooftops for habitat network in Seoul. In *Anais do NEW YORK ACADEMY OF SCIENCES*, 1023, New York. New York, pp. 187-214.
- MORAN, A.; HUNT, B.; JENNINGS, G. (2003). A North Carolina field study to evaluate greenroof runoff quantity, runoff quality, and plant growth. In *Anais do World Water & Environmental Resources Congress 2003*, Philadelphia, Pennsylvania, Jun. 2003, pp. 1-10.
- LÓPEZ, F. C. (2006) *Classificación de espécies de jardín según sus necesidades hídricas para La Región de Murcia*. IMIDA, Murcia, Espanha. pp. 23.
- PERSCH, C. G.; TASSI, R.; ALLASIA, D. G. (2012) *Avaliação da eficiência de um telhado verde no controle quantitativo do escoamento pluvial*. In *Anais do IX Encontro Nacional de Águas Urbanas 2012*, Belo Horizonte.
- RENTERGHEM, V. T.; BOTTELDOOREN, D. (2009) Reducing the acoustical façade load from road traffic with green roofs. *Building and Environment*, v. 44, Mai. 2009, n. 5, pp. 1081-1087.
- ROSENZWEIG, C.; GAFFIN, S.; PARSHALL, L. (2006) *Green roofs in the New York metropolitan region: Research Report*. Columbia University Center for Climate Systems Research and NASA Goddard Institute for Space Studies, pp. 60.
- SANTOS, R. F.; CARLESSO, R. (1998) Déficit hídrico e os processos morfológico e fisiológico das plantas. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, Paraíba, v. 2, n. 3, pp. 287-294.
- SNODGRASS, E. (2005) 100 Extensive green roofs: Lessons learned. In *Proc. of 3rd. North American Green Roof Conference: Greening rooftops for sustainable communities*, Washington, DC. 4–6 May 2005. The Cardinal Group, Toronto.
- U.S. Environmental Protection Agency (EPA). (2003) *Protecting water quality from urban runoff*. EPA publication 841-F-03-003. Washington D.C.
- YANG, J.; YU, Q.; GONG, P. (2008) Quantifying air pollution removal by green roofs in Chicago. *Atmospheric Environment*, v. 42, Ed. Elsevier, p. 7266-7273.
- ZANG, S.; GUO, Y. (2013). Analytical probabilistic model for evaluating the hydrologic performance of green roofs. *Journal of Hydrologic Engineering*. v. 18, n. 1. Jan. 2013, pp. 19-28.