

INFRAESTRUTURA VERDE URBANA NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO: PROJETO EXPERIMENTAL DE TELHADOS VERDES E PAVIMENTOS PERMEÁVEIS NO AGRESTE DE PERNAMBUCO

*Hagamenon Gomes dos Santos Filho¹ ; Tiago Santino da Silva Barros²; Anderson Luis Ribeiro
de Paiva³ & Artur Pavia Coutinho⁴*

RESUMO – A crescente urbanização e a consequente impermeabilização do solo intensificam os problemas de drenagem urbana, com impactos severos em regiões de clima semiárido, onde a irregularidade das precipitações amplifica os riscos de cheias repentinas e escassez hídrica. O presente trabalho descreve o projeto experimental em andamento desenvolvido no Centro Acadêmico do Agreste (CAA/UFPE), em Caruaru – PE, cujo objetivo é avaliar o desempenho hidrológico e térmico de telhados verdes e pavimentos permeáveis em clima BSh (Köppen). O experimento contempla sete módulos de 1,0 m × 2,0 m: três de telhado verde com espécies da Caatinga (*Bromelia laciniosa*, *Melocactus zehntneri* e *Agave attenuata*), três de pavimento permeável (bloco intertravado, pisograma vazado e concreto drenante) e um módulo controle convencional impermeável. O monitoramento contínuo por datalogger, em intervalos de 10 minutos, registrará precipitação, escoamento superficial e subsuperficial, umidade do substrato, temperatura e níveis nos reservatórios ao longo de seis meses. Os resultados esperados incluem a quantificação da retenção de escoamento, amortecimento de picos e atenuação térmica proporcionados por cada tipologia, subsidiando diretrizes para adoção de infraestrutura verde em cidades semiáridas e contribuindo para a comparação do gradiente climático litoral–agreste, a partir de estudo realizado em Recife – PE.

Palavras-Chave – Infraestrutura verde urbana. Telhado verde. Pavimento permeável. Semiárido. Drenagem urbana.

ABSTRACT– Increasing urbanization and consequent soil impermeabilization intensify urban drainage problems, with severe impacts in semiarid regions, where rainfall irregularity amplifies flash-flood and water-scarcity risks. This paper describes an ongoing experimental project at the Centro Acadêmico do Agreste (CAA/UFPE), Caruaru – PE, aimed at assessing the hydrological and thermal performance of green roofs and permeable pavements under BSh climate (Köppen). The experiment comprises seven 1.0 m × 2.0 m modules: three green roofs planted with Caatinga species (*Bromelia laciniosa*, *Melocactus zehntneri*, and *Agave attenuata*), three permeable pavements (interlocking concrete block, grid paver, and porous concrete), and one impermeable control module. Continuous datalogger monitoring at 10-minute intervals will record precipitation, surface and subsurface runoff, substrate moisture, temperature, and reservoir levels over six months. Expected results include the quantification of runoff retention, peak attenuation, and thermal buffering provided by each typology, supporting guidelines for green infrastructure adoption in semiarid cities and contributing to a coastal–hinterland climate gradient comparison with a reference study conducted in Recife – PE.

1) Discente do curso de Pós Graduação em Engenharia Civil e Ambiental (PPGECAM) da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE); Caruaru – Pernambuco, hagamenon.gomes@ufpe.br

2) Discente do curso de Pós Graduação em Engenharia Civil e Ambiental (PPGECAM) da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE); Caruaru – Pernambuco, tiago.santino@ufpe.br

3) Professor Doutor, DECIV/UFPE: Recife – Pernambuco, anderson.paiva@ufpe.br

4) Professor Doutor, UFPE: Recife – Pernambuco, arthur.coutinho@ufpe.br

Key-words – Urban green infrastructure. Green roof. Permeable pavement. Semiarid. Urban drainage

INTRODUÇÃO

A urbanização acelerada promoveu profundas transformações na dinâmica hidrológica das cidades brasileiras. A substituição de superfícies permeáveis por coberturas impermeáveis como pavimentos asfálticos, telhados convencionais e calçadas reduz drasticamente a infiltração e aumenta o volume e a velocidade do escoamento superficial, sobrecarregando os sistemas de drenagem e intensificando os riscos de inundações urbanas (Tucci, 2012).

No semiárido brasileiro, essa problemática assume contornos ainda mais complexos. A região, classificada predominantemente como BSh pelo sistema de Köppen, combina baixos índices pluviométricos anuais, geralmente inferiores a 800 mm, com alta variabilidade espaço-temporal das precipitações, elevada evapotranspiração potencial e ocorrência de eventos convectivos intensos e de curta duração (Marengo et al., 2011). Nesse contexto, a impermeabilização urbana amplifica tanto os eventos de cheias repentinas quanto os déficits hídricos inter-eventos, resultando em cidades vulneráveis em duas dimensões opostas: excesso e escassez de água.

As Soluções Baseadas na Natureza (SBN), entre as quais se destacam os telhados verdes e os pavimentos permeáveis, representam alternativas promissoras para o manejo sustentável das águas urbanas, alinhadas aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável ODS 6 (Água e Saneamento), ODS 11 (Cidades e Comunidades Sustentáveis) e ODS 13 (Ação Climática) (ONU, 2015). Essas tipologias de infraestrutura verde atuam na retenção, detenção e infiltração do escoamento pluvial, além de promoverem benefícios térmicos pela evapotranspiração e sombreamento (Fletcher et al., 2015). A eficácia dos pavimentos permeáveis na melhoria da qualidade e quantidade do escoamento superficial tem sido documentada em diferentes contextos climáticos (Becker; Pinheiro, 2019), assim como o potencial dos telhados verdes na atenuação de picos de deflúvio e na redução de temperaturas superficiais (Liberalesso et al., 2021). Contudo, a vasta maioria dos estudos experimentais sobre tais tecnologias foi conduzida em climas úmidos ou temperados, havendo lacuna significativa de investigações em ambientes semiáridos, onde a sazonalidade extrema, a vegetação xerófila e as características edáficas locais impõem condicionantes distintos ao desempenho dessas soluções.

O grupo de pesquisa em infraestrutura verde do CAA/UFPE tem desenvolvido investigações pioneiras sobre telhados verdes e pavimentos permeáveis no Agreste pernambucano, constituindo base de conhecimento relevante sobre o comportamento dessas tecnologias em clima semiárido. Os

estudos conduzidos no próprio campus abrangem o balanço hídrico em coberturas vegetadas (Santos, F. A., 2011), o desempenho térmico de telhados verdes de baixo custo (Santos, T. F., 2016; Rocha, 2020), o aproveitamento de águas pluviais por telhados (Farias, 2012) e a caracterização hidráulica de pavimentos permeáveis (Coutinho et al., 2020), conformando um acervo experimental diretamente aplicável às condições climáticas e edáficas do semiárido pernambucano. O presente projeto se insere nessa trajetória de pesquisa, trazendo como novidade o uso de espécies nativas da Caatinga como cobertura vegetal dos telhados verdes e a análise integrada de múltiplas tipologias de pavimento permeável, sob monitoramento contínuo de alta resolução temporal.

O trabalho tem como objetivo principal avaliar o desempenho hidrológico e térmico de três tipologias de telhado verde e três de pavimento permeável, em comparação com módulo convencional impermeável, em condições climáticas do semiárido pernambucano. Como objetivo complementar, os resultados subsidiarão a comparação do gradiente climático litoral–agreste, em paralelo a estudo de referência desenvolvido em Recife – PE (Duarte, 2025).

CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O experimento está instalado no Centro Acadêmico do Agreste da Universidade Federal de Pernambuco (CAA/UFPE), localizado no município de Caruaru – PE (08°17'S; 35°58'W; altitude aproximada de 554 m s.n.m.). Caruaru é o principal polo urbano do Agreste pernambucano, com população estimada de 405.408 habitantes (IBGE, 2022), e está inserida na zona climática BSh de Köppen, caracterizada por precipitação média anual em torno de 540 mm, concentrada predominantemente entre os meses de março e julho, e por elevadas temperaturas ao longo do ano, com médias que oscilam entre 22°C e 30°C (APAC, 2023).

O regime pluviométrico regional é marcado por alta irregularidade interanual e pela ocorrência frequente de eventos convectivos intensos e de curta duração, o que confere caráter episódico ao escoamento superficial. A evapotranspiração potencial supera os totais precipitados na maior parte do ano, determinando balanço hídrico deficitário e condicionando a vegetação natural, a Caatinga, ao desenvolvimento de adaptações xeromórficas específicas.

A escolha de Caruaru como sede do experimento permite, adicionalmente, o estabelecimento de comparação sistemática com estudo conduzido em Recife – PE (Duarte, 2025), situado na zona costeira úmida, a aproximadamente 130 km a leste. Essa configuração possibilita a análise do gradiente climático litoral–agreste e de seus efeitos sobre o desempenho das tipologias de infraestrutura verde investigadas, contribuição inédita identificada na literatura nacional consultada.

MATERIAIS E MÉTODOS

Descrição dos módulos experimentais

O experimento é composto por sete módulos construídos em estrutura de concreto armado e alvenaria estrutural, cada um com área útil de 1,0 m × 2,0 m (2,0 m²), totalizando 14,0 m² de área monitorada. Os módulos são identificados conforme a tipologia de cobertura: três de telhado verde (TV1, TV2 e TV3), três de pavimento permeável (PP1, PP2 e PP3) e um módulo controle impermeável (MC).

Os módulos de telhado verde adotam inclinação de 2% e são compostos por camadas sobrepostas de: camada impermeabilizante, camada drenante com argila expandida, camada filtrante com geotêxtil não tecido, camada de substrato e vegetação. O substrato utilizado é solo local proveniente do próprio campus do CAA/UFPE, com adição de terra preparada constituída de terra, pó de coco e esterco bovino, sendo necessários 60 sacos de 25 kg para compor 30% do volume total do substrato, em conformidade com as proporções indicadas por Trazzi et al. (2012) e Artur et al. (2007). As espécies vegetais utilizadas são nativas da Caatinga, selecionadas pela reconhecida resistência à seca e pela facilidade de obtenção na região: TV1 recebe macambira (*Bromelia laciniosa*), TV2 recebe coroa-de-frade (*Melocactus zehntneri*) e TV3 recebe agave-atenuada (*Agave attenuata*).

Os módulos de pavimento permeável são constituídos pelas mesmas camadas de base dos telhados verdes camada impermeabilizante, camada drenante com argila expandida, camada filtrante com geotêxtil não tecido e camada de substrato, variando apenas no revestimento superficial conforme a tipologia: PP1 adota bloco intertravado de concreto (20 × 10 × 8 cm); PP2 utiliza pisograma vazado (25 × 12 × 7 cm); e PP3 é revestido com placas de concreto drenante (19 × 19 × 3 cm). O módulo controle (MC) é revestido com manta asfáltica impermeável, representando a cobertura de referência convencional.

Sistema de monitoramento

O monitoramento é realizado de forma contínua por meio de datalogger, com intervalo de registro de 10 minutos, durante período total de seis meses a considerar de junho a novembro de 2026, coincidente com a estação chuvosa e o início da estação seca regional. As variáveis monitoradas em cada módulo compreendem: precipitação incidente (pluviômetro de báscula), escoamento superficial (Qs), escoamento subsuperficial ou percolado (Qss), umidade do substrato temperatura superficial e do substrato, e nível d'água nos reservatórios coletores inferiores.

O sistema de aquisição de dados é composto por dois subsistemas integrados. O primeiro, baseado no coletor Campbell Scientific CR1000Xe (16 canais, 4 MB de memória interna, acesso remoto via interface Ethernet NL121), registra continuamente os sensores de umidade e temperatura instalados nos módulos. O segundo, composto por quatro dataloggers AMPEQ DL107, registra os sensores de nível nos reservatórios de captação de escoamento. A umidade volumétrica do substrato é monitorada por sensores Campbell Scientific CS616 (TDR, eletrodos de 30 cm), posicionados horizontalmente a 10 cm de profundidade no centro geométrico da camada de substrato de cada módulo. O desempenho térmico é monitorado por sensores Campbell Scientific modelo 109 (termistor NTC, faixa de -50°C a $+70^{\circ}\text{C}$), instalados na face inferior de cada módulo. Os volumes acumulados nos reservatórios de captação são registrados por sensores de nível AMPEQ EPA-PR-WA010M06MM, totalizando 14 unidades — duas por módulo, uma para escoamento superficial e uma para subsuperficial. A precipitação é registrada por estação meteorológica automática WS65 (Clima e Ambiente), instalada em local livre de obstáculos na área experimental, com dados complementados pela rede de monitoramento da APAC (2023). Os equipamentos foram adquiridos no âmbito do financiamento FACEPE APQ-2169-3.01/24.

A ausência de período de estabelecimento vegetativo prévio ao monitoramento é uma escolha metodológica deliberada, justificada pela curta duração e imprevisibilidade dos eventos convectivos característicos do semiárido. Impor um período de estabelecimento de vários meses implicaria a perda de eventos pluviométricos significativos, inviabilizando a obtenção de séries temporais representativas dentro do período de pesquisa disponível. As espécies selecionadas, por serem xerófitas adaptadas à Caatinga, apresentam estabelecimento mais rápido e maior tolerância ao estresse hídrico, minimizando os riscos associados a essa decisão.

Balanço hídrico

O balanço hídrico é aplicado a todos os módulos experimentais: telhados verdes (TV1, TV2 e TV3), pavimentos permeáveis (PP1, PP2 e PP3) e módulo controle (MC), sendo expresso pela equação:

$$P = Q_s + Q_{ss} + \Delta S + ET$$

em que P representa a precipitação total incidente (mm), Q_s o escoamento superficial (mm), Q_{ss} o escoamento subsuperficial ou percolado coletado no reservatório inferior (mm), ΔS a variação do armazenamento de água no substrato (mm) e ET a evapotranspiração (mm), estimada por diferença.

Para os módulos de telhado verde, todos os termos da equação são considerados ativos, sendo a ET estimada como variável residual após a quantificação direta das demais componentes. Para os módulos de pavimento permeável e o módulo controle, a componente ET é assumida como desprezível em razão da ausência de cobertura vegetal e da baixa retenção hídrica superficial, de modo que o balanço se reduz a $P = Q_s + Q_{ss} + \Delta S$. A comparação das componentes do balanço hídrico entre as sete tipologias constitui um dos principais eixos analíticos do experimento, permitindo quantificar as diferenças de comportamento hidrológico entre sistemas vegetados, permeáveis e impermeáveis sob o mesmo regime pluviométrico.

Análise estatística

Os dados brutos registrados em intervalos de 10 minutos serão agregados por evento de precipitação, a partir do qual serão calculadas as métricas hidrológicas e térmicas de interesse: volume total de escoamento superficial e subsuperficial, coeficiente de escoamento, pico de deflúvio, tempo de retardo e temperatura superficial média. Essas métricas constituirão as unidades de análise para os procedimentos estatísticos, seguindo abordagem consistente com estudos de desempenho hidrológico de infraestruturas verdes conduzidos pelo grupo de pesquisa (Cabral et al., 2025; Silva et al., 2026).

A normalidade das distribuições será avaliada pelo teste de Shapiro-Wilk. Confirmada a normalidade, será aplicada Análise de Variância (ANOVA) seguida do teste post-hoc de Tukey para comparação das médias entre os sete módulos; em caso de não normalidade, será utilizado o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis. O nível de significância adotado em todos os testes é $\alpha = 0,05$. Todos os procedimentos serão executados com auxílio de software estatístico, sendo o volume de dados manejável uma vez que a análise recai sobre os valores agregados por evento e não sobre a série temporal bruta.

Ensaio de infiltração Beerkan

A condutividade hidráulica saturada (K_s) das camadas superficiais de cada módulo será determinada pelo método Beerkan, utilizando anel simples de 15 cm de diâmetro. O método tem sido aplicado com resultados consistentes em superfícies com pavimentos permeáveis (Coutinho et al., 2020), sendo o K_s o parâmetro de maior influência na capacidade de infiltração do sistema. O ensaio será realizado em três pontos por módulo, previamente ao início do monitoramento contínuo, fornecendo os parâmetros hidrodinâmicos de entrada para a caracterização inicial de cada tipologia. O processamento dos dados será realizado com o software BEST (versão Scilab) para obtenção da curva de infiltração e estimativa do K_s . A repetição do ensaio ao final do período de campo permitirá avaliar eventuais alterações na condutividade hidráulica por colmatção — processo de especial

relevância no semiárido, onde partículas finas transportadas pelo vento podem obstruir progressivamente os poros das camadas ao longo do monitoramento.

RESULTADOS ESPERADOS E DISCUSSÃO

Com base na literatura sobre telhados verdes e pavimentos permeáveis em climas semiáridos e subúmidos (Coutinho et al., 2020; Cabral et al., 2025; Fletcher et al., 2015), espera-se que todas as tipologias de infraestrutura verde apresentem desempenho hidrológico superior ao módulo controle impermeável, com redução significativa do volume de escoamento superficial, amortecimento dos picos de deflúvio e aumento do tempo de retardo.

Para os telhados verdes, projeta-se que TV1 (macambira) e TV3 (agave) apresentem maiores índices de retenção hídrica em eventos de baixa a moderada intensidade, em razão da maior capacidade de armazenamento de água nas estruturas foliares suculentas dessas espécies. Em eventos de alta precipitação, a capacidade de campo do substrato tende a ser rapidamente atingida, aproximando o comportamento dos telhados verdes ao do módulo controle. A comparação entre as três espécies permitirá identificar aquela com maior aptidão para aplicação em coberturas verdes no semiárido pernambucano.

Para os pavimentos permeáveis, espera-se que PP3 (placa de concreto drenante) apresente as maiores taxas de percolação em condições iniciais de substrato seco, enquanto PP1 (bloco intertravado) e PP2 (pisograma) terão seu desempenho condicionado pela qualidade das juntas e pela colmatação ao longo do período de monitoramento (Becker; Pinheiro, 2019). A comparação entre as três tipologias contribuirá para orientar decisões de projeto em contextos de urbanização semiárida.

Do ponto de vista térmico, os módulos de telhado verde deverão apresentar temperaturas superficiais significativamente inferiores às do módulo controle, especialmente nos períodos de maior insolação, em virtude do efeito combinado da evapotranspiração e do isolamento térmico do substrato (Liberalesso et al., 2021; Santos, 2016; Rocha, 2020). Esse resultado é de particular relevância em cidades como Caruaru, onde o aquecimento urbano representa desconforto e risco à saúde da população.

A comparação sistemática com os resultados obtidos por Duarte (2025) em Recife permitirá caracterizar o gradiente litoral-agreste, investigando como a redução da pluviosidade e o aumento da aridez influenciam a eficiência relativa de cada tipologia. Espera-se que a menor umidade disponível no semiárido favoreça o desempenho relativo das tipologias com maior capacidade de armazenamento — especialmente os telhados verdes com espécies suculentas em detrimento das tipologias com menor capacidade de retenção capilar.

CONCLUSÕES

O presente trabalho apresentou o projeto experimental de infraestrutura verde em desenvolvimento no CAA/UFPE, em Caruaru – PE, voltado à avaliação do desempenho hidrológico e térmico de telhados verdes com espécies nativas da Caatinga e de pavimentos permeáveis em clima semiárido (BSH de Köppen).

A originalidade da pesquisa reside em três contribuições principais: (i) o emprego de espécies xerófitas da Caatinga como vegetação de telhados verdes, explorando a biodiversidade regional; (ii) o monitoramento contínuo de alta resolução temporal em ambiente semiárido, contexto subexplorado na literatura nacional e internacional; e (iii) a inserção dos resultados em um gradiente climático litoral-agreste, possibilitando análise comparativa inédita com o litoral pernambucano.

O experimento encontra-se em fase de implantação, com início do período de monitoramento previsto para o início da estação chuvosa de 2026. Os resultados gerados deverão fornecer subsídios técnicos para a adoção de políticas de infraestrutura verde em municípios semiáridos, contribuindo para o avanço das Soluções Baseadas na Natureza em contextos climáticos adversos e para o cumprimento dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável ODS 6 (Água e Saneamento), ODS 11 (Cidades e Comunidades Sustentáveis) e ODS 13 (Ação Climática) (ONU, 2015).

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental (PPGECAM) da Universidade Federal de Pernambuco – Centro Acadêmico do Agreste (CAA/UFPE) pelo apoio institucional ao desenvolvimento da pesquisa.

Os autores agradecem também à Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (FACEPE), processo APQ-2169-3.01/24, pelo financiamento dos equipamentos utilizados no experimento.

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA PERNAMBUCANA DE ÁGUAS E CLIMA (2023). *Atlas climatológico do estado de Pernambuco: normais climatológicas 1991–2020*. Recife: APAC.
- ARTUR, A. G.; CRUZ, M. C. P.; FERREIRA, M. E.; BARRETTO, V. C. M.; YAGI, R. (2007). "Esterco bovino e calagem para formação de mudas de guanandi". *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 42, n. 6, pp. 843–850.
- BECKER, N.; PINHEIRO, I. G. (2019). "Potencialidade dos pavimentos permeáveis na melhoria da qualidade da água do escoamento superficial: uma revisão". *Urbe*, v. 11.
- CABRAL, G. L.; ALMEIDA, D. N. O.; LINS LEONARDO, H. R. A.; BORBA, J. H. P. A.; ANDRADE, M. V. S. F.; OLIVEIRA, L. M. M.; PAIVA, A. L. R.; SANTOS, S. M. (2025).

"Desempenho hidrológico de telhados verdes: técnicas compensatórias para a drenagem urbana em Recife-PE", in *Anais do XXVI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*, Porto Alegre, 2025. ABRHydro. ISSN 2318-0358.

COUTINHO, A. P.; MELO, T. dos A. T.; ALCÂNTARA, L. R. P.; RABELO, A. E. C. de G. da C.; SANTOS NETO, S. M.; ANTONINO, A. C. D. (2020). "Caracterização hidráulica das camadas de um pavimento permeável". *Águas Subterrâneas*, v. 34, n. 2, pp. 191–203. DOI: 10.14295/ras.v34i2.29575.

DUARTE, A. V. (2025). *Processos hidrológicos em telhados verdes e pavimentos permeáveis para o manejo de águas urbanas*. Dissertação (Mestrado em Tecnologias Energéticas e Nucleares) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2025.

FARIAS, M. M. M. W. E. C. (2012). *Aproveitamento de águas de chuva por telhados: aspectos quantitativos e qualitativos*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) – Universidade Federal de Pernambuco, Caruaru, 2012.

FLETCHER, T. D.; SHUSTER, W.; HUNT, W. F.; ASHLEY, R.; BUTLER, D.; ARTHUR, S.; TROWSDALE, S.; BARRAUD, S.; SEMADENI-DAVIES, A.; BERTRAND-KRAJEWSKI, J.-L.; MIKKELSEN, P. S.; RIVARD, G.; UHL, M.; DAGENAIS, D.; VIKLANDER, M. (2015). "SUDS, LID, BMPs, WSUD and more – The evolution and application of terminology surrounding urban drainage". *Urban Water Journal*, v. 12, n. 7, pp. 525–542.

IBGE (2022). *Caruaru*. Rio de Janeiro: IBGE. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pe/caruaru/panorama>. Acesso em: 29 abr. 2026.

LIBERALESSO, T. et al. (2021). "Green infrastructure and urban heat island: a systematic review". *Sustainable Cities and Society*, v. 68. DOI: 10.1016/j.scs.2021.102772.

MARENGO, J. A.; NOBRE, C. A.; TOMASELLA, J.; OYAMA, M. D.; SAMPAIO, G.; CAMARGO, H.; ALVES, L. M. (2011). "The drought of Amazonia in 2005". *Journal of Climate*, v. 21, n. 3, pp. 495–516.

ONU – ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (2015). *Transformando nosso mundo: a Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável*. Nova York: ONU. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/91863-agenda-2030-para-o-desenvolvimento-sustent%C3%A1vel>. Acesso em: 29 abr. 2026.

ROCHA, P. R. (2020). *Desempenho térmico de telhado verde ecológico de baixo custo em clima semiárido*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) – Centro Acadêmico do Agreste, Universidade Federal de Pernambuco, Caruaru, 2020.

SANTOS, F. A. (2011). *Balanço hídrico em teto com cobertura vegetal no semiárido pernambucano*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) – Centro Acadêmico do Agreste, Universidade Federal de Pernambuco, Caruaru, 2011.

SANTOS, T. F. (2016). *Desempenho térmico de telhados verdes no agreste pernambucano*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) – Centro Acadêmico do Agreste, Universidade Federal de Pernambuco, Caruaru, 2016.

SILVA, M. C. R. S.; DA SILVA, M. H. A.; DA SILVA RODRIGUES, I.; DA SILVA, G. L.; PAIVA, A. L. R. (2026). "Infraestruturas verdes na mitigação de enchentes: revisão sistemática e análise bibliométrica". *Revista Semiárido De Visu*, v. 14, n. 1, p. e202604. DOI: 10.31416/rsdv.v14i1.893.

TRAZZI, P. A.; CALDEIRA, M. V. W.; COLOMBI, R.; PERONI, L.; GODINHO, T. O. (2012). "Estercos de origem animal em substratos para a produção de mudas florestais: atributos físicos e químicos". *Scientia Forestalis*, Piracicaba, v. 40, n. 96, pp. 455–462.

TUCCI, C. E. M. Gestão da drenagem urbana. Brasília: CEPAL/IPEA, 2012. (Textos para Discussão CEPAL-IPEA, 48).