XXII Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica
XI Simpósio Brasileiro de Engenheiros Geotécnicos Jovens
24 a 28 de agosto de 2026 – Brasília/DF

DOI: 10.47094/COBRAMSEG2026.6/44

Geossintéticos para infraestrutura verde: Avaliação da capacidade de retenção e desempenho drenante de geotêxtil em telhados ecológicos

Thiago de Souza Louzada
Autor, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal/RN, Brasil, thiagoslouzada@gmail.com

Mateus Emanuel De Lima Freitas
Co-autor, Universidade Federal Rural do Semi-árido, Apodi/RN, Brasil, mateusmelf@gmail.com

Pedro Júlio Castro dos Santos
Co-autor, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal/RN, Brasil, pedro.julio0820@gmail.com

Francisco Felinto de Lima Neto
Co-autor, Universidade federal rural do Semi-árido, Natal/RN, Brasil, francisco.lima96@gmail.com

Fagner Alexandre Nunes de França
Co-autor, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal/RN, Brasil, fagner.franca@ufrn.br

RESUMO: Diante do cenário ambiental das grandes cidades e da intensa impermeabilização do solo, este trabalho propõe o uso de telhados verdes como alternativa viável para o controle do escoamento urbano, avaliando a eficiência dos geotêxteis na retenção de água pluvial e na redução do escoamento superficial. Por meio de modelos e simulações pluviométricas, avaliou-se a capacidade de retenção hídrica em duas configurações de telhados verdes, consitindo em um modelo plano e outro inclinado. Os resultados mostraram que a inclinação influencia diretamente na retenção de água, e que há diferenças significativas entre os tipos de módulos testados. O MVGT plano apresentou maior retenção que o MC, devido ao uso de geotextil na camada drenante. Nos módulos inclinados, o escoamento no MVGT iniciou mais tardiamente, enquanto nos planos ocorreu em tempos semelhantes. O MVGT, reteve 93,4 % da água na condição inclinada e 86,4 % na plana, sob chuvas de 44 mm/h e 42 mm/h, respectivamente. Mesmo com apenas 4 cm de substrato, os telhados verdes demonstraram alta capacidade de retenção e atraso no início do escoamento. Além disso, o MVGT apresentou menores vazões máximas, evidenciando maior eficiência drenante e potencial em sistemas urbanos sustentáveis.
PALAVRAS-CHAVE: Geotêxtil; Retenção hidrica; Drenagem urbana.

ABSTRACT: Given the environmental scenario of large cities and the intense soil impermeability, this work proposes the use of green roofs as a viable alternative for controlling urban runoff, evaluating the efficiency of geotextiles in retaining rainwater and reducing surface runoff. Through rainfall models and simulations, the water retention capacity of two green roof configurations was evaluated: a flat model and an inclined model. The results showed that the inclination directly influences water retention, and that there are significant differences between the types of modules tested. The flat MVGT (Green Roof Module) showed greater retention than the MC (Geotextile Module), due to the use of geotextile in the drainage layer. In the inclined modules, runoff in the MVGT started later, while in the flat modules it occurred at similar times. The MVGT retained 93.4% of the water in the inclined condition and 86.4% in the flat condition, under rainfall of 44 mm/h and 42 mm/h, respectively. Even with only 4 cm of substrate, the green roofs demonstrated high retention capacity and delayed runoff onset. Furthermore, the MVGT (Multiple Green Roof Technology) showed lower peak flows, demonstrating greater drainage efficiency and potential in sustainable urban systems.
KEYWORDS: Geotextile; Water retention; Urban drainage.

1 – INTRODUÇÃO

A rápida expansão das cidades tem agravado problemas socioambientais, como a piora da qualidade do ar e o aumento da temperatura superficial. Soluções sustentáveis, como os telhados verdes, surgem como

alternativas promissoras para mitigar esses impactos, contribuindo para o equilíbrio térmico e a melhoria da qualidade ambiental nas áreas urbanas (Qadourah, 2024). Esses sistemas se destacam como estratégias eficazes no enfrentamento das consequências das mudanças climáticas e da impermeabilização do solo.

Ao reduzir a sobrecarga dos sistemas de drenagem pluvial, os telhados verdes auxiliam no controle das águas urbanas, minimizando problemas como inundações e enchentes. Além disso, promovem benefícios ecológicos e sociais, como a absorção de poluentes e o aumento da umidade relativa do ar. Devido às suas propriedades multifuncionais, materiais geossintéticos passaram a ser amplamente utilizados na construção de telhados verdes. Atuando como camadas de separação, proteção e drenagem, esses materiais otimizam o desempenho hidráulico das coberturas, reduzindo o escoamento superficial e a carga estrutural, o que melhora a eficiência do sistema (Oliveira et al., 2015).

Os geotêxteis, além de eficazes na estabilização de taludes, também apresentam grande potencial em telhados verdes. Sua permeabilidade e resistência os tornam adequados para drenagem e retenção de água (Adauar et al., 2023). Com base nisso, este estudo tem como objetivo quantificar o desempenho drenante de materiais geossintéticos em telhados verdes, avaliando sua eficiência na retenção de água pluvial e na redução do escoamento superficial.

2 – METODOLOGIA

2.1 – LOCAL DE PESQUISA

O trabalho foi desenvolvido a partir de simulações de chuvas, utilizando protótipos instalados na Universidade Federal do rio Grande do Norte (UFRN), Natal-RN (Figura 1).

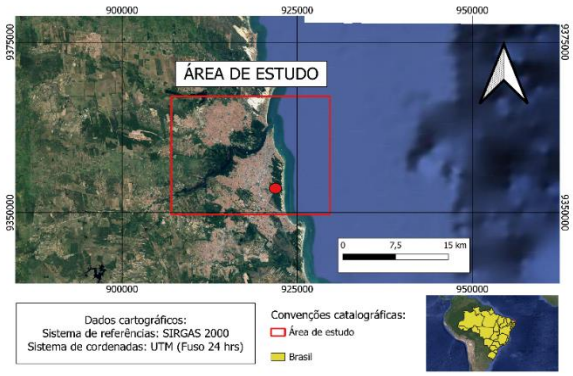


Figura 1. Área do estudo
Fonte:Autor, 2025

Acerca das condições climáticas da região onde o estudo foi realizado, a temperatura média é relativamente alta e uniforme. A média anual atinge 24,4 °C, com uma baixa amplitude térmica de 8,4°C, e oscilações situadas entre 21,8°C e 30,2°C. A umidade relativa do ar também apresenta homogeneidade e estabilidade, registrando uma média anual de 79,9%. Apesar da uniformidade térmica e de umidade, a cidade é caracterizada pela alta heterogeneidade de seu regime pluviométrico. O volume de chuvas na região apresenta baixo volume pluviométrico. O período chuvoso se concentra entre os meses de fevereiro e agosto, quando as precipitações médias registradas superam 110 mm. Em contraste, nos meses mais secos, que compreendem outubro a dezembro, a média pluviométrica reduz-se para cerca de 40mm (Rocha e Studart, 2014).

2.2 – MÓDULOS

Foram projetados dois módulos com estruturas de madeira de pinus (proveniente de reflorestamento). A base, medindo aproximadamente 110 cm × 130 cm, foi fixada sobre quatro pés de 1 m de altura e delimitada por beirais de 8 cm, simulando uma laje. Essa base foi composta por tábuas de 25,4 mm justapostas e projetada

de forma móvel em suas extremidades por meio de dobradiças, permitindo sua utilização tanto em posição plana quanto inclinada (Figura 2).

Essa configuração possibilitou o estudo do comportamento em telhados planos e íngremes. Cada módulo foi desenvolvido para representar diferentes condições de telhados, com variações principalmente na camada drenante. Para a montagem, elaborou-se um módulo de controle (MC), que serviu como base estrutural para os demais, composto apenas por uma camada de impermeabilização. Para isso, utilizou-se uma geomembrana EPDM (Etileno-Propileno-Dieno-Monômero, um tipo de membrana sintética com alta resistência a intempéries, raios UV, calor e produtos químicos) de 1,1 mm de espessura, reforçada com fibras de poliéster e densidade de 1,2 g/cm³. O material apresenta alta flexibilidade, permitindo dobras para o revestimento dos beirais. A drenagem foi realizada por meio de uma válvula de lavatório adaptada, instalada no canto inferior da base. A fixação da membrana ocorreu com ripas de 2 cm × 2 cm, parafusadas externamente ao longo do perímetro do beiral, simulando as características de um telhado convencional. Esse módulo foi submetido aos mesmos ensaios de simulação de chuvas que os demais, servindo como referência para comparação entre o volume escoado e as médias pluviométricas registradas na região.



Figura 2. Base para estudos dos telhados verdes e modulo de controle
Fonte: Autor, 2025

Após algumas adaptações, foi elaborada uma implementação geossintética no telhado verde: o Módulo Vegetado Geotêxtil (MVGT). A área total do módulo foi calculada em 1,43 m², resultando em cargas distribuídas de 84,8 kg/m³. O MVGT (Figura 3) foi composto por uma camada de impermeabilização com geomembrana EPDM, sobre a qual foi aplicado um geotêxtil não tecido de poliéster como camada drenante. Acima do geotêxtil, foi adicionada uma camada de substrato de 4 cm e, em seguida, a vegetação.

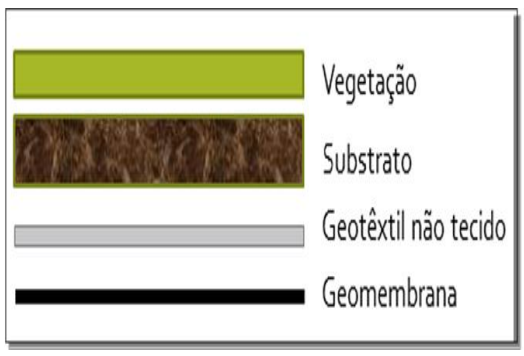


Figura 3. Composição do módulo MVGT
Fonte: Autor, 2025

Na camada de drenagem, foi inserida uma faixa de areia grossa com 4 cm de espessura e 5 cm de largura para melhorar o escoamento (Figura 4). O material utilizado, MacDrain® 1L, é leve, de pequena espessura (12 mm) e possui alta capacidade de drenagem, característica atribuída ao seu elevado índice de vazios. Na parte inferior, próximo ao ponto de drenagem, utilizou-se uma camada drenante na parte inferior, de areia grossa,

com espessura de 4 cm (da mesma espessura do substrato) e 5 cm de largura, com o intuito de melhorar a drenagem, já que o módulo não possuía caimento nos dois sentidos.



Figura 4. Construção e modulos MVGT
Fonte: Autor, 2025

2.3 – SUBSTRATO E VEGETAÇÃO

O substrato utilizado nos módulos vegetados foi um solo granular avermelhado, com granulometria conjunta exposta na Figura 5, de natureza predominantemente arenosa e com cerca de 14% de finos (argila e silte). Sua permeabilidade, determinada conforme a NBR 13292/2021, foi de 9,4 × 10^{-3} cm/s, valor típico de solos arenosos. A vegetação empregada foi a Zoysia japônica (Grama Esmeralda), selecionada por sua fácil adaptação, baixo custo e resistência ao clima local. Segundo a NBR 7181/2016, o ensaio granulométrico classificou o substrato como areia argilosa/siltosa (SM), de acordo com o Sistema Unificado de Classificação de Solos (SUCS).

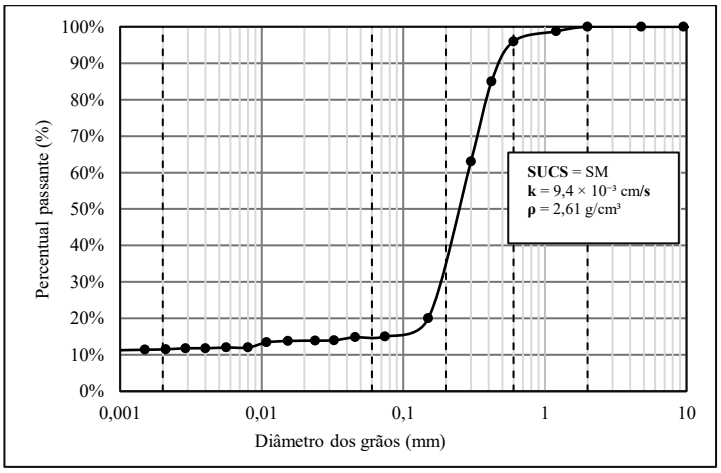


Figura 5. Curva granulométrica
Fonte: Autor, 2025

3.4 – SIMULAÇÃO DE CHUVAS

Nas simulações foram registrados, em intervalos de um minuto, os valores correspondentes à quantidade de água escoada desde o início até o término do escoamento, bem como os valores de precipitação obtidos em cinco pluviômetros distribuídos sobre o módulo 1. A partir das medições realizadas, determinou-se a precipitação média (Equação 1.1) e a intensidade da chuva (Equação 1.2). Multiplicando-se o valor médio,

expresso em milímetros, pela área do módulo, em metros quadrados, obteve-se o volume total precipitado (Equação 1.3), em litros, sobre o módulo. Por fim, ao subtrair do volume total precipitado o volume de água escoado, determinou-se o volume retido (Equação 1.4) pela cobertura verde.

$$Média = \frac{(Pluv.1 + Pluv.2 + Pluv.3 + Pluv.4 + Pluv.5)}{5} \quad (1.1)$$

$$Intensidade = \frac{Média}{2} \quad (1.2)$$

$$V_{Total} = Média \times 1{,}43 \quad (1.3)$$

$$V_{Retido} = V_{Total} - V_{Escoado} \quad (1.4)$$

Para garantir a consistência dos dados e a efetividade da pesquisa sobre a viabilidade e o desempenho dos telhados verdes, o estudo utilizou protótipos com variações na estrutura vegetal, no tipo de substrato, nas camadas funcionais e na inclinação. Foram realizadas simulações de chuva para reproduzir os padrões pluviométricos locais. Além disso, a área de instalação foi devidamente limpa, a fim de eliminar interferências externas e minimizar possíveis erros na coleta de dados. Para simular eventos de precipitação, foi desenvolvido um simulador de chuvas (Figura 6) composto por um reservatório de 200 litros, uma bomba centrífuga de 0,5 CV e microaspersores modelo MA-50, calibrado para garantir uma distribuição uniforme sobre os módulos de ensaio.

A calibração foi verificada por meio de testes comparativos entre o volume escoado e as medições de cinco pluviômetros instalados no módulo de controle, com diferenças inferiores a 1 mm/h entre os métodos. As simulações foram realizadas com durações de 20, em módulos planos e inclinados. A intensidade da chuva foi monitorada pelos pluviômetros, e o volume total precipitado foi comparado ao volume escoado, permitindo determinar a capacidade de retenção de água. O desempenho do sistema de drenagem foi avaliado pela ocorrência de transbordamentos e pela eficiência de condução da água para o reservatório de coleta, enquanto a adaptação da vegetação foi acompanhada visualmente para verificar sinais de estresse hídrico.

Além da análise do comportamento hidráulico imediato, o estudo também investigou a capacidade de retenção dos telhados verdes em períodos de estiagem. Para isso, o substrato foi previamente saturado por irrigação controlada e, em seguida, amostras foram coletadas em diferentes pontos do telhado verde nos dias 1, 2, 3, 5, 7 e 10 após a irrigação. As amostras foram secas em estufa para determinação do teor de umidade, possibilitando estimar o comportamento do sistema durante períodos secos, mesmo sob interferência de chuvas ocasionais. Essa metodologia inovadora permitiu avaliar o desempenho dos telhados verdes em condições reais e variáveis, oferecendo subsídios para o aprimoramento do manejo hídrico em coberturas vegetadas.

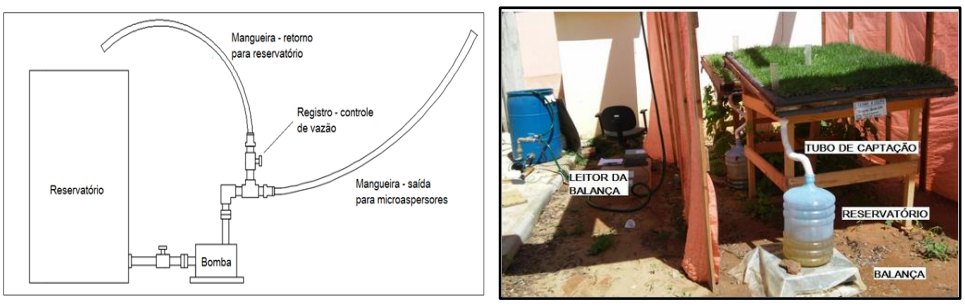


Figura 6. Sistema final de captação e medição do volume escoado
Fonte: Autor, 2025

4 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 – CAPACIDADE DE RETENÇÃO DE ÁGUA

Neste item são apresentados os resultados obtidos nas simulações referentes à capacidade de retenção de água, realizadas durante 20 minutos para os módulos vegetados e não vegetados. Observa-se que, nos módulos com vegetação, há um atraso no início do escoamento, o que indica uma maior capacidade de retenção

hídrica. A Tabela 1 apresenta os resultados das simulações de 20 minutos para os módulos MC e MVGT, considerando inclinações de 2% (superfícies planas) e 20% (superfícies inclinadas).

Tabela 1. Valores de precipitação e escoamento para simulações de 20 minutos

Valores de precipitação e escoamento	MC (Plano)	MVGT (Plano)	MC (Inclinado)	MVGT (Inclinado)
Média (mm)	21,20	21,80	20,00	17,80
Intensidade da precipitação (mm/h)	63,60	65,40	60,00	53,40
Volume total (L)	30,32	31,17	28,60	25,45
Volume escoado (L)	27,66	2,06	26,66	3,44
Volume retido (L)	2,66	29,11	1,94	22,01
Porcentagem retida (%)	8,80	93,40	6,80	86,50

Fonte: Autor, 2025

Ao observar os dados, verifica-se uma variação nos valores médios de precipitação entre os módulos planos, com registros de 21,8 mm/h no MVGT e 21,2 mm/h no MC. Nos módulos inclinados, foram observadas precipitações de 20 mm/h no MC e 17,8 mm/h no MVGT. Essas diferenças podem ter sido ocasionadas pela ação dos ventos no local de estudo. Quanto ao volume escoado, nota-se uma diferença significativa entre os módulos planos, com valores de 27,66 L no MC e apenas 2,06 L no MVGT, evidenciando o alto potencial de retenção de água proporcionado pela camada sintética do módulo vegetado. Nos módulos inclinados, essa diferença também foi acentuada, com uma pequena variação em relação aos dados anteriores, com volumes de 26, 66 L no MC e 3,44 L no MVGT. Esses resultados demonstram que a inclinação exerce influência direta na capacidade de retenção hídrica das coberturas verdes, conforme ilustrado na Figura 7.

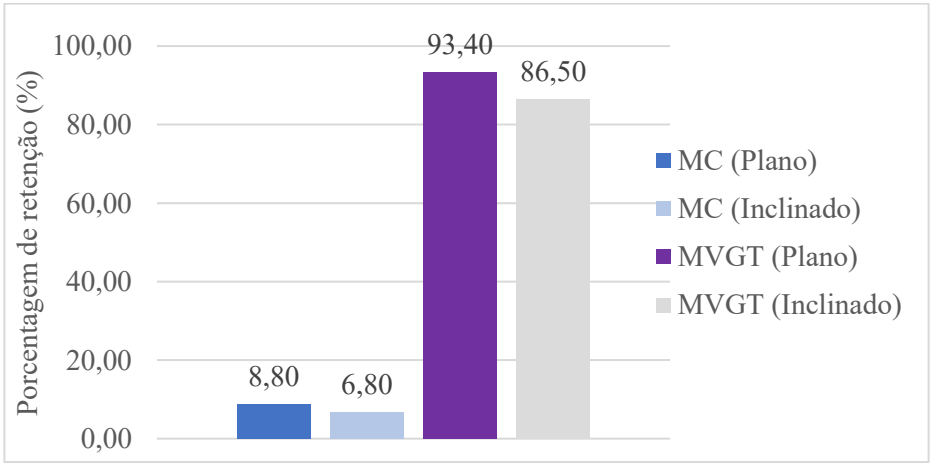


Figura 7. Retenção de água em simulações de 20 minutos para modulos planos e inclinados
Fonte: Autor, 2025

A porcentagem de água retida nos módulos foi contrastante. Nos módulos planos, o MC registrou retenção de 2,66 L em relação ao total precipitado (30,32 L), representando 8,8 % do volume total. Já o MVGT registrou 29,11 L, representando 93,4% da precipitação total (31,17 L). Nos casos inclinados, o MC reteve apenas 1,94 L dos 28,6 L totais, apresentando 6,8 % de retenção. O MGVT inclinado apresentou retenção de 22,01 L dos 25,45 L totais, mostrando eficiência de 86,5 %. Isso comprova a influência da inclinação na capacidade de retenção da cobertura verde. Verifica-se que, para o módulo controle (MC), o escoamento inicia-se entre 1 e 2 minutos, mantendo vazões entre 1,2 e 1,6 L/min (MC plano) e 1,2 e 1,5 L/min (MC inclinado), cessando logo após o término da precipitação.No módulo vegetado, observa-se um comportamento distinto. Além do atraso no início do escoamento, há também uma persistência do fluxo após o fim da chuva, com vazões gradualmente decrescentes até o esgotamento. No MVGT inclinado, o início do escoamento ocorreu em aproximadamente 13 minutos, enquanto no caso plano, o escoamento iniciou-se em torno de 14 minutos.O modulo MVGT apresentou vazões máximas em torno de 0,14 L/min para a condição plana e 0,16 L/min para

a condição inclinada. Na Figura 8, é apresentado os dados dos hidrogramas correspondentes aos módulos planos e inclinados. Nessa figura, é possível observar a variação da vazão de escoamento ao longo do tempo.

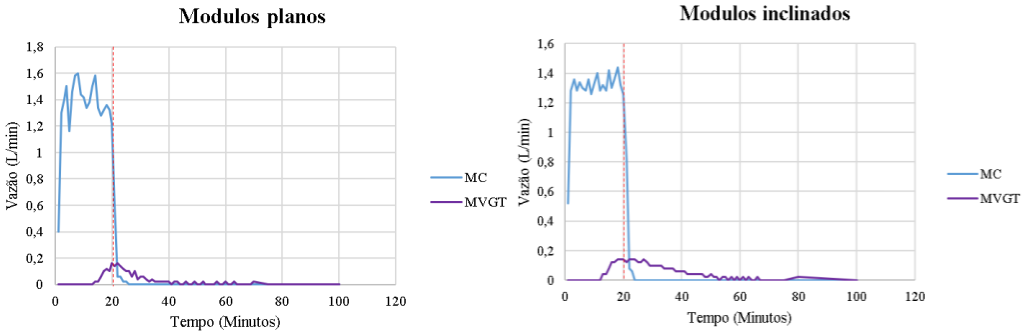


Figura 8. Hidrograma para simulações de 20 minutos para modulos planos e inclinados
Fonte: Autor, 2025

4.2 – DESEMPENHO DO SISTEMA DE DRENAGEM

O módulo MVGT demonstrou desempenho insatisfatório em termos de drenagem. Durante as simulações, sob intensidades de precipitação variando entre 44 e 65 mm/h, observou-se o transbordamento de água pela borda inferior do módulo, na região do beiral. Esse fenômeno, ilustrado na Figuras 9, ocorreu de forma recorrente em todas as simulações, manifestando-se entre 13 e 14 minutos após o início da chuva simulada.



Figura 9. Vista externa do transbordamento e acumulo interno do MGVT
Fonte: Autor, 2025

Configurações que não incluem camada de drenagem foram descritas por Minke (2004) e pela Conservation Technology (2008). No presente estudo, o transbordamento observado pode estar associado às dimensões reduzidas e/ou ao material empregado na camada drenante. Com supracitado, no módulo MVGT, utilizou-se uma faixa de areia grossa com 4 cm de altura e 5 cm de largura, separada do substrato por uma camada de geotêxtil, conforme ilustrado na Figura 10.



Figura 10. Faixa drenante em areia grossa envolta por geotêxtil do MGVT e faixa de MVGA
Fonte: Autor, 2025

Algumas modificações podem tornar o sistema mais eficiente, tais como: substituir o material utilizado na faixa drenante por um com maior capacidade de escoamento, como brita ou argila expandida; aumentar a

largura da faixa drenante; empregar um geotubo envolto por material granular; ou ampliar o diâmetro da válvula de drenagem.

5 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso de telhados verdes é uma prática sustentável e essencial para mitigar problemas ambientais nas grandes cidades e promover o bem-estar da população, especialmente quando integrados a outras técnicas de construção sustentável. A metodologia do trabalho atual, que testou duas estruturas de maciços utilizando geotêxtil e simulações de chuva, provou ser eficaz. O módulo de controle apresentou escoamento imediato e intenso, ao contrário do módulo vegetado, que retardaram o início do escoamento e mantiveram vazões decrescentes após a chuva. Isso indica a grande influencia dos geosinteticos na drenagem dágua da chuva, representando uma possibilidade promissora e viável para telhados verdes. Os resultados comprovam que a inclinação influencia diretamente a capacidade de retenção da cobertura verde. Observou-se também diferença entre os tipos de módulos. O MVGT plano uma maior parcela da água em relação ao MC. Nos módulos planos e inclinados, o escoamento do MVGT iniciou de foma mais demorada em relação ao MC.

No entanto, o MVGT apresentou menores vazões máximas em comparação ao MC, indicando menor capacidade drenante deste último. Com a validação das estruturas e do simulador, o estudo demonstrou que inúmeros ensaios podem ser realizados para aprofundar o conhecimento sobre o desempenho desses sistemas em variadas condições. Especificamente, sugere-se que um trabalho futuro se concentre em encontrar uma configuração de telhado verde que seja resistente a fatores como a germinação de sal e a estiagem prolongada, típicos de cidades como Natal. Para atingir esse objetivo, três alternativas devem ser avaliadas: testar espécies de vegetação resilientes (como suculentas), ajustar a altura e a composição do substrato para maximizar a retenção de água sem comprometer a drenagem ou a oxigenação das raízes, e buscar sistemas construtivos que facilitem o acúmulo de água, como geocompósitos e sistemas hidromulares.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAUAR, M. A.; CUTORA, D. L.; BOLIMA, S. J.; CHUA, K. J.; ISIDRO, I. A.; RAMOS, J. V. (2023). Strength performance of nonwoven coir geotextiles as an alternative material for slope stabilization. *Applied Sciences*, [S. l.], v. 13, n. 13, 2023. Disponível em: https://www.mdpi.com/2076-3417/13/13/7590. Acesso em: 07 nov. 2025.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 6459:2016 — Determinação do limite de liquidez.* Rio de Janeiro, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 7180:2016 — Determinação do limite de plasticidade.* Rio de Janeiro, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 7181:2018 — Análise granulométrica.* Rio de Janeiro, 2018.

Minke, G. (2004). *Tectos verdes: Planificação, Ejecución, Consejos Prácticos.* Editorial Fin de Siglo. Tradução do alemão: Arq. Denize Eglitz Lagotta, Montevideo, Uruguay, p. 86.

Oliveira, C. M. M.; Pereira, F. X. (2015) Drenagem de jardim suspenso de centro empresarial. In: *8º Congresso Brasileiro de Geotecnia Ambiental*. Brasília – DF. *Anais…*

Qadourah, Jenan Abu. *Energy efficiency evaluation of green roofs as a passive strategy in the mediterranean climate. Results in Engineering*, [S. l.], p. 102519, 2024. Disponivel em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2590123024007746? Acesso em 07/11/2025.

Rocha, S. R.; Studart, T. M. C. (2014). Caracterização das chuvas na cidade de Natal com a aplicação da técnica estatística dos quantis (1986 a 2013). In: *12º Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste*. *Anais…*