XXI ENTAC – Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído
14 a 16 de outubro de 2026 | Goiânia-Brasil
DOI: https://doi.org/10.46421/entac.v21i1.8276

Avaliação de propriedades térmicas e ópticas da grama Axonopus compressus

Evaluation of thermal and optical properties of *Axonopus compressus* grass

Nathalia Souza Coelho
UFSC| Florianópolis| Brasil | nathaliaearquitetura@gmail.com
Eduardo Debortoli Fiera
UFSC | Florianópolis| Brasil | eduardo.fiera@posgrad.ufsc.br
João Pedro Gemelli Reali
UFSC | Florianópolis| Brasil | joao.reali97@gmail.com
Rita Carolina Aimi
UFSC | Florianópolis| Brasil | ritaaimi179@posgrad.ufsc.br
Deivis Luis Marinoski
UFSC | Florianópolis| Brasil | deivis.marinoski@ufsc.br

Resumo

A urbanização contínua impulsiona a substituição de superfícies permeáveis por materiais impermeáveis, exacerbando o fenômeno da ilha de calor urbana. A infraestrutura verde, como a vegetação, é crucial na moderação do fluxo de calor, sendo sua refletância solar um fator fundamental. Em regiões subtropicais com alta incidência solar, a quantificação do albedo da vegetação é essencial para modelar o balanço de energia. Este artigo teve como objetivo medir a refletância solar e a emitância térmica da grama Axonopus Compressus em Florianópolis, SC, Brasil. A metodologia empregou ensaios padronizados de campo e laboratório para avaliar a emitância e refletância. Os resultados de emitância mostraram alterações significativas devido a sobreposição de folhas. A refletância solar medida em laboratório variou entre 0,305 e 0,346, com amostras de folhas secas apresentando valores mais elevados do que as folhas novas (recém colhidas). No ensaio de campo, a refletância solar apresentou um resultado médio de 0,217, sendo consistente com valores obtidos para superfícies gramadas em outros estudos.

Palavras-chave: Grama. Emitância Térmica. Refletância Solar. Albedo. Ilha de Calor Urbana.

Abstract

Continuous urbanization drives the replacement of permeable surfaces with impermeable materials, exacerbating the phenomenon of the Urban Heat Island. Green infrastructure, such as vegetation, is crucial in moderating heat flux, with its solar reflectance being a fundamental factor. In subtropical regions with high solar incidence, quantifying the albedo of vegetation is essential for modeling the energy balance. This article aimed to measure the solar reflectance and thermal emittance of Axonopus Compressus grass in Florianópolis, SC, Brazil. The methodology employed standardized field and laboratory tests to evaluate emittance and reflectance. The emittance results showed significant changes due to leaf overlap. The solar reflectance measured in the laboratory ranged between 0.305 and 0.346, with dry leaf samples exhibiting higher values than new (freshly harvested) leaves. In the field test, the solar reflectance showed an average result of 0.217, consistent with values obtained for grass surfaces in other studies.

Keywords: Grass. Thermal Emittance. Solar Reflectance. Albedo. Urban Heat Island.

Como citar:
COELHO, N. S., FIERA, E. D., REALI, J. P. G., AIMI, R. C., MARINOSKI, D. L. Avaliação de propriedades térmicas e ópticas da grama Axonopus compressus. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 21, 2026, Goiânia. **Anais**... Goiânia: ANTAC, 2026.

1. INTRODUÇÃO

A urbanização é uma tendência global em curso, com projeções indicando um aumento contínuo da população vivendo em cidades [1]. Este crescimento impulsiona a expansão e o adensamento urbano, resultando na remoção da vegetação existente e na subsequente substituição de superfícies permeáveis por materiais impermeáveis e construções [2] [3] [4]. Tais alterações causam impactos negativos significativos no clima urbano, no solo, na água e na biodiversidade. Especificamente, a alta concentração de superfícies escuras, como telhados e pavimentos, contribui para o aumento das temperaturas atmosféricas e superficiais, intensificando o fenômeno conhecido como ilha de calor urbana e exacerbando os efeitos de eventos climáticos extremos, como ondas de calor [5].

Em resposta a esses desafios ambientais, a implementação de infraestrutura verde tem sido amplamente reconhecida como uma solução baseada na natureza capaz de mitigar os impactos adversos da urbanização e das mudanças climáticas. A vegetação, em telhados verdes ou ao nível do solo, desempenha um papel crucial na moderação do fluxo de calor [6] [5] [7]. O desempenho térmico das superfícies vegetadas é alcançado através de múltiplos mecanismos, incluindo o sombreamento do dossel, o isolamento proporcionado pelo substrato e o resfriamento por evapotranspiração [8] [9].

Um fator fundamental na forma como uma superfície vegetada influencia o balanço energético urbano é a sua reflectância solar, ou albedo [10]. O albedo representa a fração da radiação solar incidente que é refletida pela superfície. Superfícies urbanas com baixa refletância solar absorvem grande parte da energia solar, elevando as temperaturas da superfície e do ar adjacente [11] [12]. Em contraste, o uso de materiais de alta refletância ou vegetação, é vital para reduzir o consumo de energia em edifícios e promover cidades mais frias [13]. Em regiões com alta incidência de radiação solar, como as zonas tropicais e subtropicais, a quantificação mais precisa do albedo da vegetação é essencial para modelar melhor o comportamento térmico e o balanço de energia na superfície.

Com base neste contexto, o presente artigo tem como objetivo medir a refletância solar e a emitância térmica da grama na cidade de Florianópolis, Santa Catarina, utilizando uma metodologia padronizada de campo e laboratório.

MÉTODO

A metodologia adotada neste trabalho foi estruturada por meio da separação em ensaios de emitância e refletância. Os ensaios de refletância foram realizados tanto em ambiente laboratorial quanto em condições in loco. As análises foram conduzidas utilizando amostras da espécie de grama São Carlos (*Axonopus Compressus*). A escolha dessa espécie justifica-se por sua ampla representatividade no cenário nacional, sendo utilizada frequentemente em gramados residenciais e institucionais, parques públicos, margem de rodovias, entre outros [24] [25]. Além disso é caracterizada por folhas largas, coloração verde-escura e elevada capacidade de cobertura do solo. Os ensaios, tanto em campo quanto em laboratório, foram realizados com temperatura do ar ambiente em torno de 23°C e umidade média de 73%. As etapas da pesquisa são apresentadas a seguir, iniciando pela preparação das amostras.

DOI: https://doi.org/10.46421/entac.v21i1.8276

PREPARAÇÃO DAS AMOSTRAS

Para a realização das leituras em laboratório, foram elaboradas duas amostras para os ensaios, inicialmente com apenas uma camada de grama *Axonopus Compressus* (Grama São Carlos), seguindo a sequência demonstrada na Figura 1. As folhas foram colhidas minutos antes da realização dos ensaios, no mesmo local em que ocorreu o ensaio em campo, em seguida, foram fixadas em uma chapa com fita adesiva crepe marrom, cobrindo toda a sua superfície.

Figura 1: Sequência de montagem das amostras



Fonte: os autores.

Também foram realizadas medições utilizando duas camadas de grama (Figura 2), uma vez que, em seu comportamento natural, essas camadas se sobrepõem organicamente. Para manter as características originais, essa segunda camada foi colhida no momento do ensaio e a primeira remessa de folhas descartada devido a deterioração da matéria natural (perdendo umidade, murchando e mudando a tonalidade) que ocorreu rapidamente.

Figura 2: Amostras com duas camadas



a) Amostra de duas camadas usada para ensaio de emitância (folhas deixadas soltas, amostra mantida na horizontal durante o ensaio)

b) Amostra de duas camadas para ensaio de refletância (folhas coladas no substrato, amostra mantida na vertical durante o ensaio)

Fonte: os autores.

AVALIAÇÃO DA EMITÂNCIA

A emitância térmica das amostras de *grama* configuradas em camada única e camada dupla, foi determinada utilizando um Emissômetro Portátil de Termopilha Diferencia (Figura 3), conforme os procedimentos estabelecidos na norma ASTM C1371− 15 (2022) – Standard Test Method for Determination of Emittance of Materials Near Room Temperature Using Portable Emissometers [14].

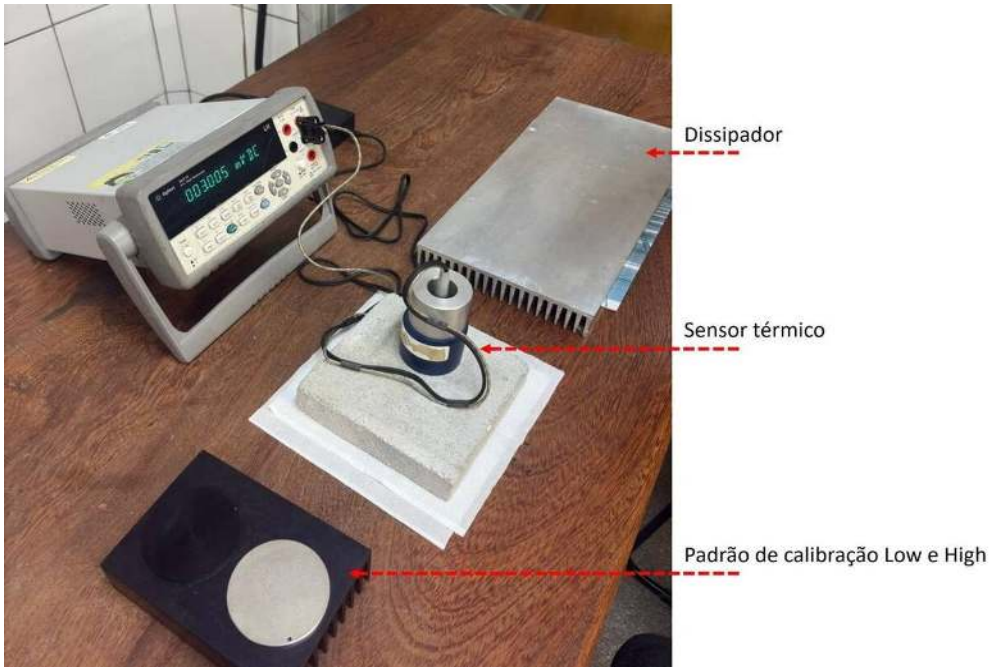
Antes do início das medições, o emissômetro foi aquecido, estabilizado e calibrado de acordo com o protocolo recomendado pelo fabricante. A calibração foi realizada utilizando os padrões de baixa emitância (Low) e alta emitância (High) do equipamento. Foram efetuadas seis leituras para cada padrão, cujos valores médios obtidos foram 0,773 mV (Low) e 3,036 mV (High), correspondente a fatores de calibração adotados de ε_low = 0,06 e ε_high = 0,88, respectivamente.

Após a calibração, cada amostra (grama de camada única e camada dupla) foi posicionada individualmente sobre uma superfície metálica (dissipador). As amostras permaneceram expostas ao sensor por um período mínimo de 90 segundos, garantindo estabilização térmica.

Para cada amostra, foram realizadas cinco medições independentes, totalizando dez medições no estudo. Os pontos de leitura foram distribuídos em diferentes regiões de cada amostra, incluindo o centro, áreas laterais e regiões intermediárias, com o objetivo de capturar variações no posicionamento e assegurar representatividade da emitância na superfície da grama.

As leituras estabilizadas fornecidas pelo emissômetro foram registradas e posteriormente utilizadas para análise dos valores médios de emitância de cada condição (1 camada e 2 camadas).

Figura 3: Emissômetro Portátil de Termopilha Diferencial



Fonte: os autores.

AVALIAÇÃO DA REFLETÂNCIA EM LABORATÓRIO

O ensaio de refletância solar em laboratório seguiu os procedimentos descritos na norma ASTM E903-20 “Standard Test Method for Solar Absorption, Reflectance, and Transmittance of Materials Using Integrating Spheres” [15] utilizando o Espectrofotômetro Lambda 1050 (PerkinElmer) (Figura 4) com esfera integradora de 150 mm.

Figura 4: Espectofotômetro PerkinElmer – Lambda 1050



Fonte: SMART, 2025. [21]

Para o experimento foram utilizadas três amostras da grama São Carlos, sendo a primeira com uma camada de grama após, aproximadamente, três horas de sua coleta, a segunda com uma camada de grama recém colhida e a última com duas camadas de grama recém colhidas. Para cada um dos casos analisados, as amostras foram medidas duas vezes na faixa espectral de 300 a 2500 nm, em intervalo de 5 nm.

Os resultados de refletância espectral medidos pelo espectrofotômetro foram processados e calculada a refletância solar de cada medição com auxílio de planilhas digitais.

AVALIAÇÃO DA REFLETÂNCIA EM CAMPO

A metodologia adotada para a medição da refletância da grama seguiu os procedimentos estabelecidos pela norma ASTM E1918 [12], que descreve o método de campo para determinação da refletância de superfícies horizontais por meio de piranômetros. O experimento foi conduzido em Florianópolis no dia 23 de outubro de 2025, no campus da Universidade Federal de Santa Catarina, em um espaço gramado localizado próxima ao bloco B da Engenharia Mecânica. As condições meteorológicas registradas para o período apresentavam clima parcialmente nublado, temperatura variando entre 18°C e 24°C, umidade relativa do ar de 73% e ventos de aproximadamente 23 km/h. As medições foram iniciadas às 10h55min e finalizadas, aproximadamente, às 12h00min, em conformidade com a recomendação da norma de realizar leituras entre 9h e 15h, período no qual o ângulo solar relativo à normal tende a ser adequado para o procedimento.

Figura 5: Avaliação da refletância por piranômetro



Fonte: os autores

O local foi escolhido devido à proximidade e fácil acesso a pontos de energia elétrica no local. Adicionalmente, as condições meteorológicas prévias indicavam uma sequência de dias nublados e com precipitação intermitente, com uma previsão desfavorável para a realização em dias posteriores. Desse modo, optou-se pela execução do ensaio mesmo em um dia em que o céu se apresentava com alguma nebulosidade.

Para o experimento foram utilizados dois piranômetros calibrados, instalados a 50 cm acima da superfície da grama. O primeiro instrumento foi orientado para cima, registrando a irradiância solar incidente, ao passo que o segundo foi orientado para baixo, medindo a irradiância refletida pela superfície vegetal.

Os dados brutos adquiridos pelos sensores foram registrados em milivolts (mV) e posteriormente convertidos para irradiância (W/m²) a partir das constantes de calibração de cada piranômetro. O piranômetro orientado para cima possuía constante igual a $11{,}31 \times 10^{-6}$ V·m²/W, enquanto o piranômetro orientado para baixo apresentava constante de $8{,}74 \times 10^{-6}$ V·m²/W. Assim, cada valor de tensão medido foi convertido para irradiância solar por meio da Equação 1.

$$E=V/C \quad (1)$$

Onde *E* é a irradiância, em W/m²;

V a tensão medida, em mV;

C a constante do piranômetro utilizado, em V.m²/W.

As medições foram realizadas a cada 2 minutos, respeitando o limite de tempo recomendado pela norma para evitar variações atmosféricas significativas entre

leituras do mesmo par. Como o dia apresentava nebulosidade parcial, procedeu-se à avaliação de estabilidade das leituras, descartando-se pares que apresentaram oscilações bruscas atribuídas à passagem de nuvens, conforme prática indicada no anexo da ASTM E1918 [12].

O piranômetro foi posicionado em três locais distintos dentro da área selecionada, de modo a contemplar variações da superfície do gramado. Na primeira posição foram obtidos 6 pares de leitura, na segunda 7 pares e na terceira 9 pares, totalizando três conjuntos independentes de medições. Para cada par registrou-se a irradiância incidente e refletida, a partir das quais foi calculada a reflectância por meio da razão entre os valores de irradiância refletida e incidente, conforme a Equação 2.

$R = Eref/Einc \quad (2)$

Onde R é a refletância, adimensional;

Eref é a irradiância refletida, em W/m^2;

Einc é a irradiância incidente, em W/m^2.

RESULTADOS

Os resultados das medições de emitância térmica, refletância em laboratório e em campo estão apresentados a seguir.

EMITÂNCIA TÉRMICA

Para obtenção dos resultados apresentados na Tabela 1, realizou-se dois ensaios, um para camada única de grama e o segundo para a camada dupla, com cinco leituras para cada caso apresentado.
Na condição de camada única, a média de emitância encontrada é de 0,764 e o desvio padrão de 0,029. Assim, o desvio padrão baixo retrata uma condição mais homogênea da superfície. O mesmo não acontece na análise da camada dupla, na qual a média de emitância baixa para 0,588 e o desvio padrão se eleva para 0,084, o que indica uma superfície mais irregular, com texturas mais evidentes, o que altera a interação da amostra com o equipamento térmico.

Ao comparar as duas condições, evidencia que a amostra de camada única apresentou maior estabilidade e valores mais elevados, enquanto a camada dupla apresentou mais irregularidade, com diferença maior entre os valores de leitura, mostrando que essa sobreposição influencia diretamente nas propriedades da vegetação. Os resultados indicam, de forma geral, uma emitância térmica mais baixa do que a maioria dos materiais de construção convencionais, que ficam na faixa de 0,85 – 0,95 [22].

Tabela 1: Resultados ensaios de emitância térmica

Ensaio	*Leitura*	*Emitância térmica*	*Emitância térmica Média*	*Desvio Padrão*
Camada Única	1	0,771	0,764	0,029
	2	0,712		
	3	0,781		
	4	0,732		
	5	0,735		
Camada Dupla	1	0,539	0,588	0,084
	2	0,555		
	3	0,723		
	4	0,609		
	5	0,512		

Fonte: os autores.

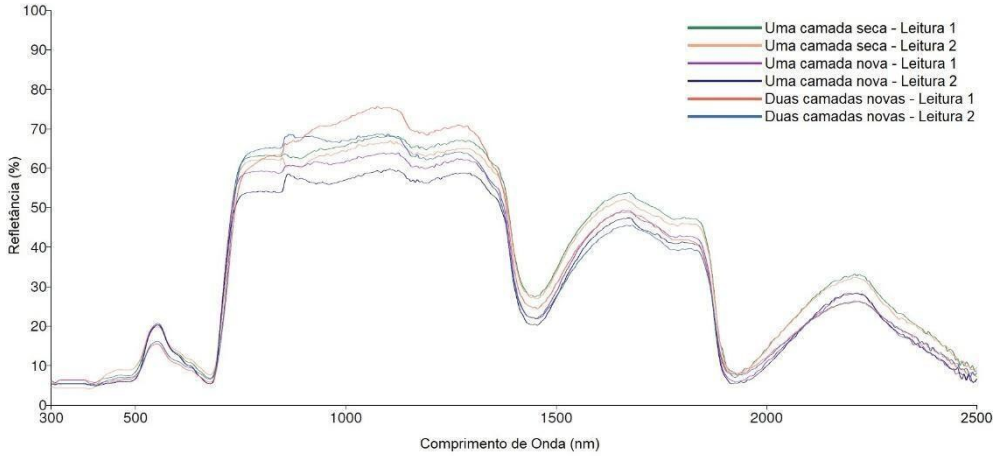
REFLETÂNCIA EM LABORATÓRIO

O Gráfico 1 apresenta os resultados obtidos nos ensaios de refletância realizados no espectrofotômetro e a Tabela 2, por sua vez, apresenta os valores médios e o desvio padrão. De forma geral, as amostras apresentaram resultados semelhantes entre si, variando entre 0,300 e 0,400, com desvio padrão entre elas de aproximadamente 0,015, o que sugere uma baixa dispersão nos dados e se apresenta dentro da incerteza de 0,020, indicada em norma [15].

A análise dos valores de refletância obtidos para as amostras de grama recém-colhida revela um aumento considerável na refletância média. Essa característica se alinha aos resultados encontrados por [16] os quais demonstram que o empilhamento de folhas provoca um aumento na refletância ensaiada, em especial nas zonas de radiação infravermelha. Entretanto, a refletância média das amostras secas superou os valores encontrados nas amostras novas. Este comportamento pode ser explicado pela perda de água no interior da planta ao longo do tempo após a colheita. Considerando que a presença de água interna atenua a refletância na zona de radiação infravermelha [16], este fenômeno é visível no gráfico obtido, que apresenta as curvas das amostras secas ligeiramente superiores às demais na região do infravermelho próximo (NIR), notadamente entre 1500 e 2500 nm. Ainda, de acordo com [17], a condição fisiológica da planta, seja em estado de estresse ou em melhores níveis de saúde, influencia diretamente seu comportamento, tanto de forma visual quanto nas respostas no infravermelho. Esse padrão reforça a adequação das curvas obtidas no estudo, uma

vez que foi possível distinguir a vegetação envelhecida (ainda que por poucas horas) daquela colhida imediatamente.

Gráfico 1: Refletância espectral das amostras



Fonte: Autores

Tabela 2: Resultados ensaios de refletância solar em laboratório

Ensaio	*Leitura*	*Refletância solar*	*Refletância solar Média*	*Desvio Padrão*
Uma camada Seca	*L1*	0,346	0,344	0,004
	L2	0,341		
Uma camada Nova	*L1*	0,324	0,315	0,013
	L2	0,305		
Duas camadas Novas	*L1*	0,342	0,338	0,005
	L2	0,334		

Fonte: Autores

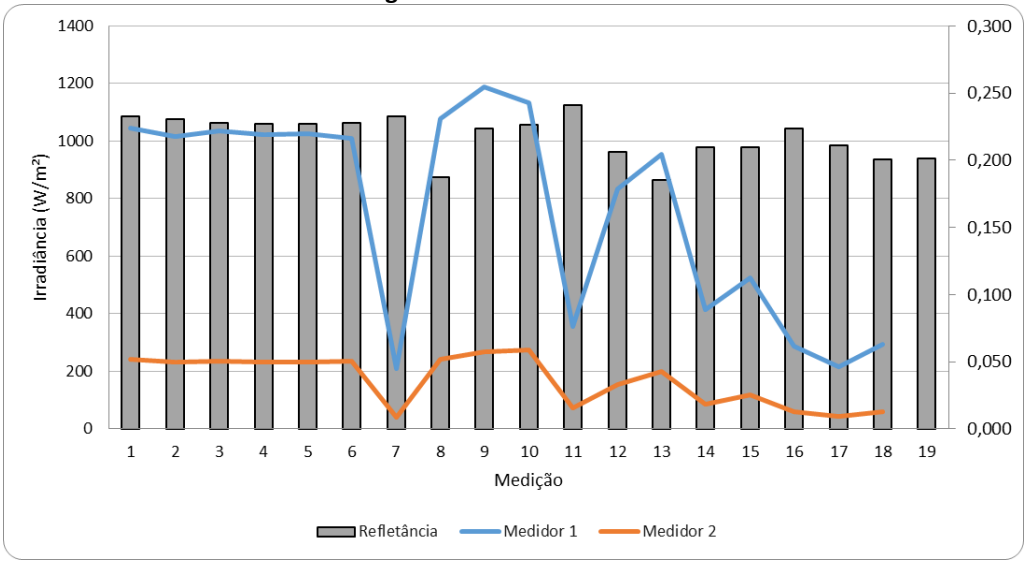
De forma geral, todas as curvas de refletância geradas apresentaram comportamentos semelhantes entre si e validam os resultados obtidos ao convergirem com os resultados obtidos nas pesquisas de [16], [18] e [19]. Além disso, todas as curvas exibiram um pico na luz visível nos comprimentos de ondas referentes à cor verde, tipicamente entre 500 e 550 nm, conforme esperado.

REFLETÂNCIA SOLAR EM CAMPO

As medições realizadas nas três posições sobre a superfície de grama resultaram inicialmente em 22 pares de leituras de irradiância incidente e refletida. Dentre as 22 medições, foram identificadas três que divergiram significativamente do conjunto (espúrios), apresentando quedas abruptas de irradiância incidente ou reflexos

incompatíveis com o padrão observado. Essas discrepâncias são atribuíveis à passagem momentânea de nuvens ou erros no registro das medições. Esses três registros foram descartados, de forma a evitar distorções na estimativa final da refletância, restando 19 leituras conforme mostra o Gráfico 2.

Gráfico 2: Valores da irradiância registrados e refletância solar calculada



Fonte: Autores

Nestas medições consideradas consistentes, a irradiância incidente variou aproximadamente entre 210 e 1180 W/m², enquanto a irradiância refletida oscilou entre 40 e 270 W/m², conforme o eixo principal do Gráfico 2. A alta variabilidade entre os valores de irradiância medidos se deu pelas condições meteorológicas observadas durante o experimento, com alteração de nebulosidade. Conforme indicado no eixo secundário do Gráfico 2, a refletância resultante manteve-se estável, com valores entre 0,190 e 0,240, média aproximada de 0,217 e desvio padrão de 0,016.

De modo geral, os resultados demonstram que, mesmo sob condições com alteração de nebulosidade, o método aplicado produziu estimativas consistentes de refletância solar, com baixa dispersão e coerentes com valores relatados em medições de campo para superfícies gramadas [19] [23].

CONCLUSÃO

Ao analisar os resultados obtidos nas medições de emitância e refletância da grama *Axonopus Compressus* caracterizou-se o comportamento térmico e óptico da vegetação. Na emitância, observou-se que a camada única apresentou valores maiores mas com baixo desvio padrão, com média de 0,764, já nas leituras da camada dupla os resultados foram diferentes, com valores mais baixo, média de 0,588 e o desvio padrão maior, evidenciando que a sobreposição de folhas altera a superfície e interfere no sensor térmico.

No ensaio de refletância espectral em laboratório, as amostras apresentaram comportamentos semelhantes entre si e com pouca variação, mantendo entre 0,30 a

0,35 aproximadamente. Observou-se também que as amostras secas apresentaram refletância superior às amostras frescas, devido a perda de água interna. No ensaio de refletância em campo, os resultados foram mais baixos que os observados em laboratório, com variação entre 0,190 a 0,240 e também com baixo desvio padrão. As variações observadas entre os valores de refletância solar obtidos em laboratório (≈0,30) e em campo (≈0,20) podem ser atribuídas às diferenças nas condições de medição, nas características das amostras e dos equipamentos utilizados, bem como às condições ambientais de ensaio. Em laboratório, a iluminação controlada, a geometria fixa de medição e a ausência de auto-sombreamento do dossel tendem a superestimar a refletância. Em contraste, as medições em campo incorporam o formato real da vegetação, o auto-sombreamento entre folhas, a influência do solo subjacente e as condições atmosféricas, além do provável efeito da umidade da vegetação, resultando em valores de refletância efetiva inferiores.

É importante ressaltar que, embora os resultados demonstrem convergência com outras pesquisas, [15], [16], [17], [18] e [20], bem como aos valores encontrados em softwares de modelos de simulação urbana, como EnergyPlus [26], os valores obtidos referem-se especificamente à espécie de planta analisada e às condições locais em que ela está inserida. Desta forma, é sugerido a realização de demais pesquisas semelhantes que abordem outras espécies de gramíneas, diferentes regiões climáticas e condições de entorno.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio através dos recursos financeiros concedidos.

DECLARAÇÃO

Durante a preparação deste artigo, os autores Nathalia Souza Coelho, Eduardo Debortoli Fiera, João Pedro Gemelli Reali, Rita Carolina Aimi e Deivis Luis Marinoski utilizaram ferramentas de IA generativa para revisão e melhoria de coesão do texto. Após a utilização das ferramentas, os autores revisaram e editaram o conteúdo conforme necessário e assumem total responsabilidade pelo conteúdo do artigo publicado

REFERÊNCIAS

[1] ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). **World Urbanization Prospects**: The 2018 Revision. Nova Iorque, 2019.

[2] DALLIMER, M.; TANG, Z.; BIBBY, P. R.; BRINDLEY, P.; GASTON, K. J.; DAVIES, Z. G. **Temporal changes in greenspace in a highly urbanized region**. Biology Letters, v. 7, p. 763-766, 2011.

[3] HAALAND, C.; VAN DER BOSCH, C. K. **Challenges and strategies for urban greenspace planning in cities undergoing densification: A review**. Urban Forestry and Urban Greening, v. 14 (4), p. 760-771, 2015.

[4] GRIMM, N. B.; FAETH, S. H.; GOLUBIEWSKI, N. E.; REDMAN, C. L.; WU, J.; BAI, X.; BRIGGS, J. M. **Global change and the ecology of cities**. Science, v. 319, p. 756-760, 2008.

[5] SAADATIAN, O.; SOPIAN, K.; SALLEH, E.; LIM, C. H.; RIFFAT, S.; SAADATIAN, E.; TOUDESHKI, A.; SULAIMAN, M. Y. **A review of energy aspects of green roofs**. Renewable and Sustainable Energy Reviews, v. 23, p. 155-168, 2013.

[6] CASTLETON, H.F.; STOVIN, V.; BECK, S.B.M.; DAVISON, J.B. **Green roofs: building energy savings and the potential for retrofit**. Energy and Buildings, v. 42, p. 1582-1591, 2010.

[7] OBERNDORFER, E; LUNDHOLM, J. T.; BASS, B.; COFFMAN, R.; DOSHI, H.; DUNNETT, N.; GRAFFIN, S.; KOHLER, M.; LIU, K. K. Y.; ROWE, D. B. **Green roofs as urban ecosystems: ecological structures, functions and services**. BioScience, v. 57 (10), p. 823-833, 2007.

[8] GETTER, K. L.; ROWE, D. B.; ANDRESEN, J. A.; WICHMAN, I. S. **Seasonal heat flux properties of an extensive green roof in a midwestern U.S. climate**. Energy and Buildings, v. 43, p. 3548-3557, 2011.

[9] WONG, N. H.; CHEN, Y.; ONG, C. L.; SIA, A. **Investigation of thermal benefits of rooftop garden in the tropical environment**. Building and Environment, v. 38, p. 261-270, 2003.

[10] SAILOR, D.J. **A green roof model for building energy simulation programs**. Energy and Buildings, v. 40, p. 1466-1478, 2008.

[11] ROSENFELD, A. H.; AKBARI, H.; BRETZ, S.; FISHMAN, B. L.; KURN, D. M; SAILOR, D.; TAHA, H. **Mitigation of urban heat islands: materials, utility programs, updates**. Energy and Buildings, v. 22, p. 255-265, 1995.

[12] ASTM Standart E1918-06. **Standard test method for measuring solar reflectance of horizontal and low-sloped surfaces in the field**. ASTM International, West Conshohocken, PA, 2015.

[13] TAHA, H.; SAILOR, D.; AKBARI, H. **High-albedo materials for reducing building cooling energy use**. Energy and Environment Division, Lawrence Berkeley Laboratory, University of California. Berkeley, CA, 1992.

[14] AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS (ASTM). **Standard Test Method for Determination of Emittance of Materials Near Room Temperature Using Portable Emissometers**. ASTM C1371 - 15 (Reapproved 2022). West Conshohocken: ASTM International, 2022. 5 p.

[15] ASTM Standart E0903-20. **Standard Test Method for Solar Absorptance, Reflectance, and Transmittance of Materials Using Integrating Spheres**. ASTM International, West Conshohocken, PA, 2020.

[16] NEUWIRTHOVÁ, Eva; LHOTÁKOVÁ, Zuzana; ALBRECHTOVÁ, Jana. **The Effect of Leaf Stacking on Leaf Reflectance and Vegetation Indices Measured by Contact Probe during the Season.** Sensors, [S.L.], v. 17, n. 6, p. 1202-1225, maio 2017. MDPI AG. http://dx.doi.org/10.3390/s17061202.

[17] Piro, P.; Porti, M.; Veltri, S.; Lupo, E.; Moroni, M. **Hyperspectral Monitoring of Green Roof Vegetation Health State in Sub-Mediterranean Climate: Preliminary Results.** Sensors, v. 17, n. 4, p. 662, 2017. https://doi.org/10.3390/s17040662.

[18] KE, Xinran *et al*. **Altitudinal adjustment of leaf spectral reflectance in broad-leaved species on the Qinghai-Tibetan Plateau**. Agricultural And Forest Meteorology, [S.L.], v. 358, p. 110237, nov. 2024. Elsevier BV. http://dx.doi.org/10.1016/j.agrformet.2024.110237.

[19] PFITZNER, Kirrilly *et al*. **Multi-temporal spectral reflectance of tropical savanna understorey species and implications for hyperspectral remote sensing**. International

Journal Of Applied Earth Observation And Geoinformation, [S.L.], v. 112, p. 102870, ago. 2022. Elsevier BV. http://dx.doi.org/10.1016/j.jag.2022.102870.

[20] PERI, Georgia *et al.* **Vegetation and soil – related parameters for computing solar radiation exchanges within green roofs: Are the available values adequate for an easy modeling of their thermal behavior?** Energy and Buildings, v. 129, p. 535-548, 2016. https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2016.08.018.

[21] SMART. **LAMBDA 1050** - Smart Science. Disponível em: <https://www.smartscience.com.br/produtos/espectroscopia-molecular/espectrofotometro-de-absorcao-no-uv-vis-nir/item/lambda-1050>.

[22] LAMBERTS, Roberto; DUTRA, Luciano; PEREIRA, Fernando O. R.. **Eficiência Energética na Arquitetura**. 3. ed. Florianópolis: Eletrobras/Procel, 2014.

[23] MARION, Bill. Measured and satellite-derived albedo data for estimating bifacial photovoltaic system performance. **Solar Energy**, [S. l.], v. 215, p. 321-327, 2021. DOI: 10.1016/j.solener.2020.12.050.

[24] WANG, X.L. et al. **Genetic Variation of Asexual Reproduction Characteristics of Axonopus compressus (Sw.) P. Beauv**. 6Th Is On The Taxonomy Of Cultivated Plants, Haikou, p. 1-16, jan. 2014.

[25] CASTILHO, Regina Maria Monteiro de et al. The turfgrass in landscape and landscaping. **Ornamental Horticulture**, [S.L.], v. 26, n. 3, p. 499-515, set. 2020. FapUNIFESP (SciELO). http://dx.doi.org/10.1590/2447-536x.v26i3.2237.

[26] U.S. Department of Energy, **EnergyPlus™ Version 26.1.0 Documentation:** Input Output Reference, Washington, D.C., 2026.