

## ***Influência da inserção de vegetação na temperatura do ar de um loteamento de interesse social em Cuiabá/MT***

A utilização de vegetação como estratégia de melhoria do conforto térmico é uma solução barata e eficiente, porém poderia ser mais utilizada em cidades de clima tropical. Assim com o objetivo de analisar a influência da vegetação na temperatura do ar, modelou-se para um residencial de interesse social de Cuiabá, Mato Grosso, dois cenários, um modelo com que simula as condições atuais, denominado real, e uma simulação com a com inserção de vegetação, utilizando para isso o software ENVI-met. Foram modelados 3 horários, 08:00, 14:00 e 20:00 para o mês de setembro. A vegetação simulada foi incluída em frente as habitações e espaçadas 5 metros entre si, conforme plano diretor do município. O residencial de interesse social é constituído de 638 residências, e localizado em zona periférica de Cuiabá. As temperaturas máximas ocorreram as 14 horas, atingindo 33°C. Em todos os horários foram observadas mudanças positivas da inserção de vegetação, em que no horário das 14 horas foi possível observar diminuição de até 3°C de temperatura do ar, concluindo-se que a vegetação pode ser um fator determinante na diminuição das temperaturas do ar em áreas residenciais, gerando assim um maior conforto térmico para os moradores. Reforça-se a necessidade de que as autoridades municipais cumpram o plano diretor da cidade e insiram a vegetação de calçada.

**Palavras-chave:** Conforto térmico; Arborização; ENVI-met.

## ***Influence of the insertion of vegetation on the air temperature of an allotment of social interest in Cuiabá/MT***

The use of vegetation as a strategy to improve thermal comfort is a cheap and efficient solution, but it could be more used in cities with a tropical climate. Thus, with the objective of analyzing the influence of vegetation on air temperature, two scenarios were modeled for a residential of social interest in Cuiabá, Mato Grosso, a model that simulates current conditions, called real, and a simulation with the with insertion of vegetation, using the ENVI-met software. Three times were modeled, 08:00, 14:00 and 20:00 for the month of September. The simulated vegetation was included in front of the dwellings and spaced 5 meters apart, according to the municipal master plan. The residential of social interest consists of 638 residences, and located in the peripheral area of Cuiabá. The maximum temperatures occurred at 14 hours, reaching 33°C. At all times, positive changes were observed in the insertion of vegetation, in which at 14:00 it was possible to observe a decrease of up to 3°C in air temperature, concluding that the vegetation can be a determining factor in the reduction of air temperatures in residential areas, thus generating greater thermal comfort for residents. It reinforces the need for municipal authorities to comply with the city's master plan and insert sidewalk vegetation.

**Keywords:** Thermal Comfort; Afforestation; ENVI-met.

Topic: **Desenvolvimento, Sustentabilidade e Meio Ambiente**

Received: **15/12/2021**

Approved: **19/02/2022**

Reviewed anonymously in the process of blind peer.

**Jonathan Willian Zangeski Novais** 

Universidade de Cuiabá, Brasil

<http://lattes.cnpq.br/5665663207008673>

<http://orcid.org/0000-0002-6598-3138>

[jonathan.novais@kroton.com.br](mailto:jonathan.novais@kroton.com.br)

**Thárita Severo Ribeiro**

Universidade de Cuiabá, Brasil

<http://lattes.cnpq.br/9303027876181029>

[thalita.arq@gmail.com](mailto:thalita.arq@gmail.com)

**Roberta Daniela de Souza Lauxen da Silva** 

Universidade de Cuiabá, Brasil

<http://lattes.cnpq.br/6695057034861231>

<http://orcid.org/0000-0001-7268-2694>

[robertaengenhariaambiental@gmail.com](mailto:robertaengenhariaambiental@gmail.com)

**Pricila Juliana de Souza**

Universidade de Cuiabá, Brasil

<http://lattes.cnpq.br/1774304263302532>

[souza.pricila123@gmail.com](mailto:souza.pricila123@gmail.com)



DOI: 10.6008/CBPC2318-2881.2022.001.0005

### **Referencing this:**

NOVAIS, J. W. Z.; RIBEIRO, T. S.; SILVA, R. D. S. L.; SOUZA, P. J.

Influência da inserção de vegetação na temperatura do ar de um loteamento de interesse social em Cuiabá/MT. **Nature and Conservation**, v.15, n.1, p.48-54, 2022. DOI:

<http://doi.org/10.6008/CBPC2318-2881.2022.001.0005>

## **INTRODUÇÃO**

O processo de urbanização das últimas décadas resultou em um crescimento urbano em proporção inversa à sua capacidade administrativa de planejar (MONTEIRO et al., 2003; OLIVEN, 2010). Alguns estudos advertem sobre os impactos negativos da expansão urbana desordenada, pois além de atuar como agente transformador da paisagem natural em um ambiente construído, impactam diretamente no aumento e armazenamento de calor sensível devido a substituição da cobertura natural do solo por superfícies impermeáveis e não evaporativas como asfalto, concreto e metal, criando condições climáticas particulares a estas áreas, entendidas como (micro)clima urbano (GAGO et al., 2013; MONTEIRO et al., 2003).

Isto posto, é de suma importância o reconhecimento das reais condições atmosféricas que compõem o (micro) clima local, além de sua interação com o ambiente construído, para a melhoria da qualidade ambiental dos espaços urbanos e do desempenho térmico e energético dos edifícios (MARTINS et al., 2013), principalmente em regiões de clima quente como é o caso da capital de Mato Grosso, Cuiabá. A capital, outrora conhecida nacionalmente como “cidade verde” devido sua grande arborização, observou durante anos em seu processo de expansão urbanista a supressão de parte da vegetação para dar lugar à cidade (SOUZA et al., 2020).

Neste contexto, visando saúde e bem-estar da população, faz-se necessária a busca de melhorias na elaboração de projetos de condomínios, repartições, empreendimentos comerciais, loteamentos e bairros desde a sua concepção tendo como enfoque principal a qualidade de vida (NOVAIS et al., 2020).

Diante deste cenário, é inessante a busca por um melhor entendimento das interações entre as tipologias urbanas e o microclima local por meio do desenvolvimento de modelos que encontrem suas bases em fatores meteorológicos ou em características genéricas da estrutura urbana (KARATASOU et al., 2006).

Atualmente já é possível o uso de software para a realização de simulações computacionais no intuito de prever a influência do microclima de uma região específica. Dentre os softwares mais utilizados para modelagem microclimática de áreas urbanas urbano destaca-se o ENVI-met, que se trata de um modelo tridimensional que simula o microclima urbano por meio das interações entre superfície-vegetação e atmosfera (NOVAIS et al., 2020).

Assim, modelou-se a temperatura do ar para dois cenários, um real e um com a adição de arborização, em um loteamento de interesse social na cidade de Cuiabá-MT, com o objetivo de verificar como essa inserção de vegetação pode influenciar na temperatura do ar, contribuindo para o conforto térmico dos moradores locais.

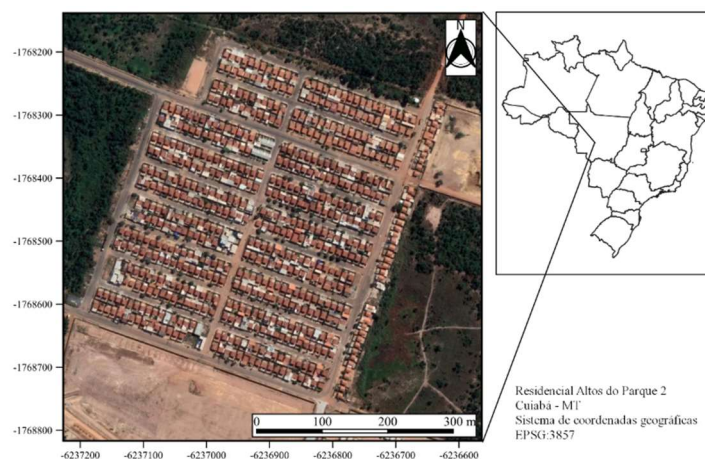
## **MATERIAIS E MÉTODOS**

### **Área de estudo**

Na região Centro-Oeste do Brasil localiza-se a capital do estado de Mato Grosso, Cuiabá. O município possui uma área de 3.224,68km<sup>2</sup>, sendo dividida em 254,57km<sup>2</sup> (7,89%) de área urbana e 2.970,11km<sup>2</sup> (92,1%) de área rural. Cuiabá é considerada umas das capitais mais quentes do país, e de acordo com a

classificação de Koppen, seu clima é do tipo Aw – tropical semiúmido, com características de altas temperaturas ao longo do ano e estações bem definidas, uma chuvosa com elevadas precipitações correspondentes as estações primavera-verão, e outra acentuadamente seca nas estações outono-inverno (ALVARES et al., 2013; SOUZA et al., 2008).

Na região Sul do município encontra-se inserida a área de estudo, sob as coordenadas geográficas 15°35'56" de latitude Sul e 56°06'01" de longitude Oeste, na qual compreende um conjunto habitacional de interesse Social, Residencial Altos do Parque II, com área de aproximadamente 16 ha, constituído por 638 unidades habitacionais e entregue no ano de 2014 pelo Programa Minha Casa Minha Vida (Figura 1).



**Figura 1:** Conjunto habitacional Altos do Parque II, Cuiabá – MT. Fonte: Adaptado de Google Earth (2019).

De acordo com a Lei de Uso e Ocupação do Solo de Cuiabá - Lei nº 389 de dezembro de 2015 (CUIABÁ, 2015), o conjunto está em uma zona não parcelada no interior da Macrozona Urbana, destinada a ampliação da ocupação urbana.

### Modelagem ENVI-met

Como parâmetros de entrada atmosférica e validação do modelo, foram utilizados os dados de temperatura do ar, umidade relativa do ar e velocidade do vento do município de Cuiabá, obtidas na plataforma BDMEP (Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa) do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2019), disponibilizadas para consulta pública e download. Para temperatura do ar e umidade relativa do ar foram utilizados os dados do início da rodagem do modelo, às 20 horas, e de velocidade do vento foi feita a média sazonal dos últimos 30 anos da cidade de Cuiabá-MT. Os dados de umidade específica a uma altura de 2500 m foram adquiridos por meio do banco de dados do Departamento de Ciências Atmosféricas da Universidade de Wyoming<sup>1</sup>

**Tabela 1:** Parâmetros de entrada do modelo ENVI-met.

Parâmetros de entrada dos modelos	
Data de início	01/09/2019
Temperatura do ar (°C)	33
Umidade relativa do ar (%)	56,5
Umidade específica a 2500 m (g/kg)	11,07
Velocidade do vento (m/s)	1,28

<sup>1</sup> <http://weather.uwyo.edu/upperair/sounding.html>

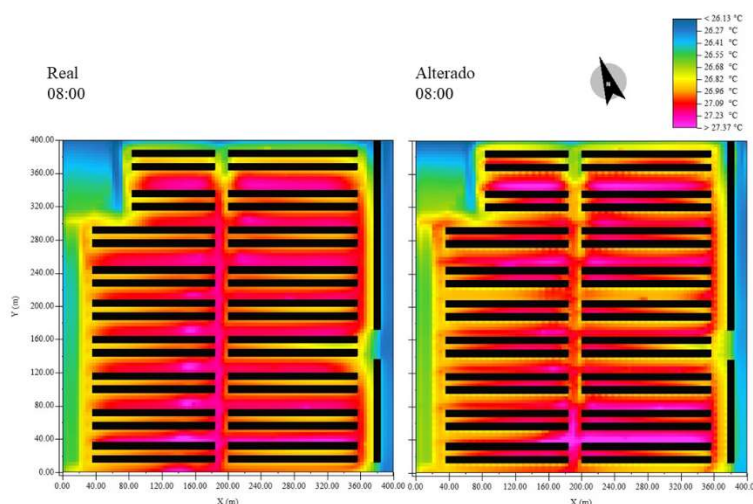
A área foi dividida em grids de 100 x 100 de base por 8 grids de altura. As simulações totalizaram 48 horas cada, porém sendo apresentados resultados das últimas 24 horas modeladas, de 3 horários, matutino às 08:00, vespertino às 14:00 e noturno às 20:00, sendo a data de início do modelo 01/09/2019. Isso se deve ao fato das primeiras 24 horas serem utilizadas como estabilização do modelo, conforme recomendações de Rosseti et al. (2014) e Joaquim et al. (2018).

Foram simulados dois cenários, o cenário real, com as mesmas características locais, e o cenário alterado, em que foram adicionadas árvores de 10 metros de altura na frente das casas, espaçadas em 5 metros entre si.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 08 horas

Nas simulações realizadas no horário das 8 horas, observou-se mudanças sutis entre os cenários, uma vez que o Sol nasceu a pouco tempo, não havendo tempo necessário para que ocorressem mudanças observáveis entre os cenários, apesar da incidência de áreas mais amarelas em frente as casas no cenário alterado ocorrerem mais frequentemente. As faixas de temperatura observadas ocorreram entre 26,16°C e 27,37°C.

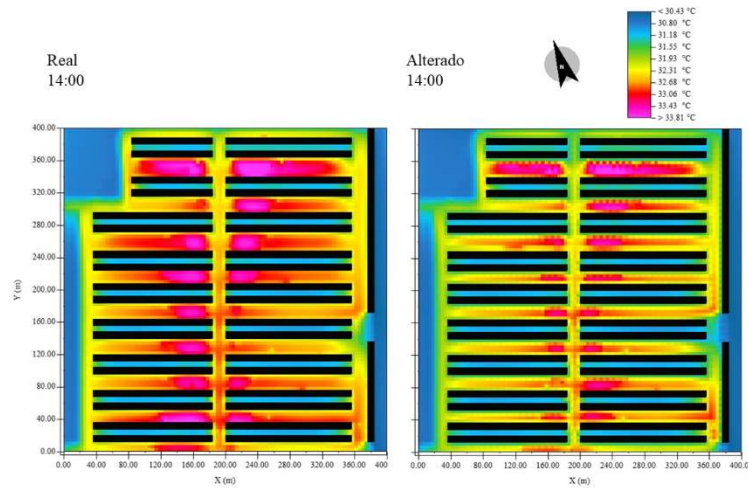


**Figura 2:** Modelo real e alterado para as 08 horas do Residencial Altos do Parque II, em Cuiabá – MT.

A temperatura do ar seguiu o padrão da radiação solar, ou seja, pela manhã são identificadas as menores temperaturas, as maiores são atingidas às 14:00 e vão diminuindo ao iniciar da noite (BLAIR, 1964).

### 14 horas

As faixas de temperatura para os cenários neste horário ficaram entre 30,43 °C e 33,83°C. Na comparação entre os cenários nota-se que no modelo alterado as zonas de coloração mais clara ocorrem mais frequentemente, sendo em algumas regiões diminuições de até 3 graus (zona magenta no cenário Real e zona azulada no cenário Alterado).



**Figura 3>** Modelo real e alterado para as 14 horas do Residencial Altos do Parque II, em Cuiabá – MT.

As maiores temperaturas ocorrem nas regiões pavimentadas, este efeito é explicado pelo baixo valor de albedo deste material, que resulta em grande absorção da energia térmica proveniente da radiação solar (MACIEL, 2011).

Novais et al. (2016), em estudo realizado na mesma cidade, encontraram temperaturas máximas de superfície para o asfalto de um estacionamento de até  $63\text{ }^\circ\text{C}$ , explicando que essa alta absorção de calor ocorre pelo seu alto calor específico, aproximadamente  $0,223\text{ cal/g }^\circ\text{C}$ , levando um maior tempo para liberá-lo. O autor reitera ainda que a substituição de parte desse pavimento por superfícies de cores mais claras, ou áreas gramadas, que possuam calor específico menor, podem contribuir para melhoria do conforto térmico do local.

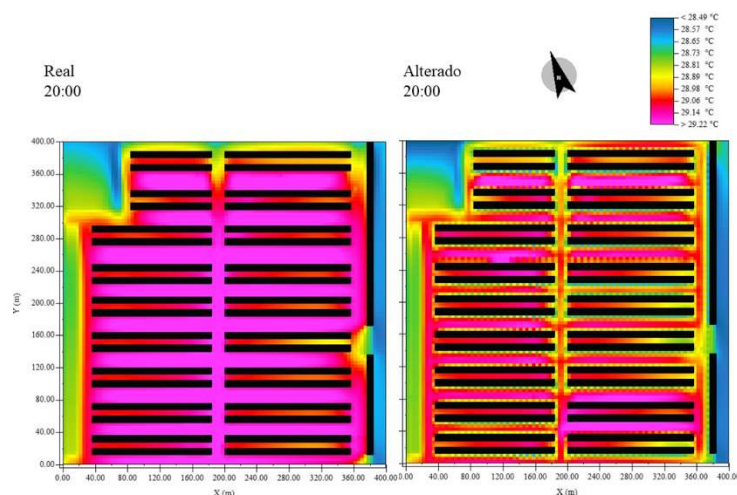
A diferença entre as regiões pavimentadas e da área entre as casas, pode estar relacionado a composição do solo não pavimentado, a distância entre os fundos de casa residência e ao ângulo de incidência dos raios solares. Isto faz com que os processos de transferências de energia sejam retardados tanto no que se refere ao calor sensível, capaz de modificar diretamente a temperatura do ar, quanto no que se refere ao calor latente, capaz de modificar de forma direta a umidade relativa do ar, segundo (ANDRADE, 2005).

É possível identificar, por meio dos mapas térmicos, que as temperaturas são mais baixas próximas aos locais onde tem predominância da área verde. Nesse caso, segundo Romero (2000), a vegetação em relação à radiação atua como um filtro das radiações absorvidas, pelo solo e pelas superfícies construídas, refrescando os ambientes próximos, uma vez que a folhagem das árvores atua como anteparos protetores das superfícies que se localizam imediatamente abaixo e nas proximidades.

## 20 horas

As faixas de temperatura do ar para este horário ficaram entre  $28,49^\circ$  e  $29,22^\circ$ . Nota-se uma distribuição homogênea da temperatura do ar no cenário real, em que praticamente toda a imagem está na mesma tonalidade, com temperatura por volta dos  $29,2^\circ\text{C}$ . Isso não ocorre no cenário alterado, indicando que inclusive no período noturno a vegetação pode contribuir no controle termal. Esse efeito é corroborado

por Oke et al. (1999), realizaram medições do balanço de energia na cidade do México na estação seca, em uma área construída. Constata-se nos resultados um ambiente dominado pelo calor sensível e, em particular, que armazena grandes quantidades de calor no espaço construído durante o dia, liberando-o a noite, fazendo assim que a temperatura diminua.



**Figura 4:** Modelo real e alterado para as 20 horas do Residencial Altos do Parque II, em Cuiabá – MT.

Um incremento ainda maior do que foi modelado, aumentando a quantidade de mudas arbóreas ou zonas gramadas, podem diminuir ainda mais a temperatura do ar, pois estas interceptam, refletem, absorvem e transmitem a radiação solar, sendo fundamental para garantir conforto térmico em climas tropicais úmidos (GUERRA et al., 2012).

Não sendo raro o alcance dos 40°C, o que contribui com a sensação de desconforto térmico tanto em ambientes externos quanto em ambientes internos (SILVA et al., 2019).

## CONCLUSÕES

A partir dos resultados gerados pelos modelos conclui-se que a vegetação pode ser um fator determinante na diminuição das temperaturas do ar em áreas residenciais, gerando assim um maior conforto térmico para os moradores. É necessário ainda que novos modelos sejam feitos, incrementando as possíveis alterações que podem ser feitas para melhorar ainda mais o residencial, como a troca de pavimentos, incremento de áreas verdes com inclusão de gramados. Reforça-se a necessidade de que as autoridades municipais cumpram o plano diretor da cidade e insiram a vegetação de calçada.

## REFERÊNCIAS

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G.. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v.22, n.6, p.711–728, 2013.

ANDRADE, H.. O clima urbano-natureza, escalas de análise e aplicabilidade. *Finisterra*, v.40, n.80, 2005.

BLAIR, T. A.. *Meteorologia*. Rio de Janeiro: Ao Livro Técnico, 1964.

CUIABÁ. **Lei Complementar Nº 389**. Disciplina o uso e

ocupação do solo no Município de Cuiabá. Cuiabá: DOM, 2015.

GAGO, E. J.; ROLDAN, J.; PACHECO-TORRES, R.; ORDÓÑEZ, J.. The city and urban heat islands: A review of strategies to mitigate adverse effects, Renewable and Sustainable. *Energy Reviews*, Elsevier, v.25, p.749-758, 2013

GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B.. Degradação ambiental. In: GUERRA, A. J. T. H.; ZHOU, L.; MYNENI, R. B.. Surface urban heat island across 419 global big cities. *Environmental Science & Technology*, v.46, p.696-703, 2012.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. **Banco de dados meteorológicos para ensino e pesquisa.** Estações Convencionais. INMET, 2019.

JOAQUIM, T. D. O.; NOVAIS, J. W. Z.; ANDRADE, L. P.; ROSSETI, K. D. A. C.; VILANI, M. T.; PEREIRA, S. P.. Thermo-hygrometric modeling using ENVI-met® software to an urban park in Cuiabá–Brazil. **Ciência e Natura**, v.40, n.37, 2018.

KARATASOU, S.; SANTAMOURIS, M.; GEROS, V.. Modeling and predicting building's energy use with artificial neural networks: Methods and results. **Energy and Buildings**, v.38, n.8, p.949-958, 2006.

MACIEL, C. R.. **Análise da relação entre características do ambiente urbano e comportamento de variáveis microclimáticas:** estudo de caso em Cuiabá-MT. Dissertação (Mestrado em Física Ambiental) - Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2011.

MARTINS, T. A. L.; ADOLPHE, L.; KRAUSE, C. M. L. B.. Análise de sensibilidade sobre o impacto da geometria urbana no conforto térmico exterior em clima tropical. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO. **Anais**. Brasília: UNB, 2013.

MONTEIRO, C. A. F.; MENDONÇA, F.. **Clima urbano.** São Paulo: Contexto, 2003.

NOVAIS, J. W. Z.; JOAQUIM, T. D. O.; DE OLIVEIRA KUNZ, F.; ZUFFO, M.; PELEGRIN, F. M.; NOGUEIRA, M. C. D. J. A.; LEAL, L. A.. Condições Térmicas e Dependência Espacial da Temperatura de Diferentes Superfícies pelo Método da Krigagem em Cuiabá-MT, Brasil. **Ensaios e Ciência: Ciências Biológicas, Agrárias e da Saúde**, v.20, n.3, p.131-136, 2016.

NOVAIS, J. W. Z.; DALMASO, S. F.; SOUZA, R. D.; BRITO, N. S. S.. Simulação por ENVI-met das Condições Higrótérmicas da

Universidade de Cuiabá, Campus Barão. **Revista de Ensino, Educação e Ciências Humanas**, v.21, n.2, p.200-205, 2020.

OLIVEN, R. G.. **Urbanização e mudança social no Brasil.** Rio de Janeiro: Centro Edelstein, 2010.

OKE, T. R.; SPRONKEN-SMITH, R. A.; JÁUREGUI, E.; GRIMMOND, C. S.. The energy balance of central Mexico City during the dry season. **Atmospheric Environment**, Oxford, v.33, p.3919-3930, 1999.

ROMERO, M. A. B.. **Princípios bioclimáticos para o desenho urbano.** 2 ed. Copy Market, 2000.

ROSSETI, K. D. A. C.; NOGUEIRA, M. C. D.; CALLEJAS, I.; DURANTE, L.; KUHNEN, I.; NOGUEIRA, J.. Efeitos de telhados vegetados no conforto térmico de pedestres, simulação pelo software ENVI-MET. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO. **Anais**. Maceió, 2014.

SILVA, R. D. S. L.; SOUZA, M. D.; NOVAIS, J. W. Z.. Avaliação do conforto térmico no interior de um veículo automotor pertencente à frota de transporte público coletivo no município de Cuiabá-MT. In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 10. **Anais**. Cuiabá: UNIC, 2019.

SOUZA, H. M. L.; NUNES, J. R. S.. Avaliação dos parâmetros físico-químicos e bacteriológicos do córrego da Figueira pertencente à microbacia do Queima-pé de Tangará da Serra/MT. **Engenharia Ambiental: Pesquisa e tecnologia**, Espírito Santo do Pinhal, v.5, n.2, p.110-124, 2008.

SOUZA, R. D.; NOVAIS, J. W. Z.; PIERANGELI, M. A. P.; LANSSANOVA, M. D.; FERNANDES, T.; HOKI, V. S. P.; SOUZA, P. J.. Urban microclimate in vegetated and non-vegetated areas in rainy and sunny conditions. **Raega-O Espaço Geográfico em Análise**, v.47, n.1, p.136-149, 2020.

Os autores detêm os direitos autorais de sua obra publicada. A CBPC – Companhia Brasileira de Produção Científica (CNPJ: 11.221.422/0001-03) detêm os direitos materiais dos trabalhos publicados (obras, artigos etc.). Os direitos referem-se à publicação do trabalho em qualquer parte do mundo, incluindo os direitos às renovações, expansões e disseminações da contribuição, bem como outros direitos subsidiários. Todos os trabalhos publicados eletronicamente poderão posteriormente ser publicados em coletâneas impressas ou digitais sob coordenação da Companhia Brasileira de Produção Científica e seus parceiros autorizados. Os (as) autores (as) preservam os direitos autorais, mas não têm permissão para a publicação da contribuição em outro meio, impresso ou digital, em português ou em tradução.

Todas as obras (artigos) publicadas serão tokenizadas, ou seja, terão um NFT equivalente armazenado e comercializado livremente na rede OpenSea ([https://opensea.io/HUB\\_CBPC](https://opensea.io/HUB_CBPC)), onde a CBPC irá operacionalizar a transferência dos direitos materiais das publicações para os próprios autores ou quaisquer interessados em adquiri-los e fazer o uso que lhe for de interesse.



Os direitos comerciais deste artigo podem ser adquiridos pelos autores ou quaisquer interessados através da aquisição, para posterior comercialização ou guarda, do NFT (Non-Fungible Token) equivalente através do seguinte link na OpenSea (Ethereum).

*The commercial rights of this article can be acquired by the authors or any interested parties through the acquisition, for later commercialization or storage, of the equivalent NFT (Non-Fungible Token) through the following link on OpenSea (Ethereum).*



<https://opensea.io/assets/ethereum/0x495f947276749ce646f68ac8c248420045cb7b5e/44951876800440915849902480545070078646674086961356520679561157776915522650113/>