

ANÁLISE DO MICROCLIMA E VEGETAÇÃO EM UM SETOR CENSITÁRIO DE ERECHIM

Eduarda Regina Agnolin

Universidade Federal de Santa Catarina

Pedro Murara

Universidade Federal da Fronteira Sul e Universidade Federal de Santa Catarina

RESUMO

A vegetação urbana pode trazer melhorias à qualidade de vida, saúde humana e à regulação microclimática, além de oferecer um aporte estético significativo. Este estudo analisou as mudanças e a variabilidade no microclima de um setor censitário em Erechim, Rio Grande do Sul, onde a vegetação exótica foi substituída por espécies nativas. Utilizando imagens de satélite do LandSat-8, capturadas em 28/01/2014 e 21/11/2023, foram aplicadas técnicas de processamento para extrair a Temperatura de Superfície (TST) e o Índice de Vegetação de Diferença Normalizada (NDVI). Os valores dos pixels em 35 pontos selecionados permitiram mapear as diferenças térmicas e a qualidade da vegetação no setor. O estudo concluiu que houve uma melhoria de 0,13 no NDVI médio e uma diferença de 0,5°C na TST entre 2014 e 2023. Esses resultados são atribuídos à substituição de árvores exóticas da espécie *Eucalyptus* sp. por espécies nativas da Mata Atlântica, que ainda estão em processo de desenvolvimento.

Palavras-chave: Clima urbano; clima e vegetação; geoprocessamento.

ABSTRACT

Urban vegetation can improve quality of life, human health, and microclimatic regulation, as well as provide significant aesthetic value. This study analyzed the changes and variability in the microclimate of a census sector in Erechim, Rio Grande do Sul, where exotic vegetation was replaced with native species. Using LandSat-8 satellite images captured on 01/28/2014 and 11/21/2023, processing techniques were applied to extract Surface Temperature (TST) and the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI). The pixel values at 35 selected points enabled mapping of thermal differences and vegetation quality in the sector. The study concluded that there was an improvement of 0.13 in the average NDVI and a reduction of 0.5°C in TST between 2014 and 2023. These results are attributed to the replacement of exotic *Eucalyptus* sp. trees with native species from the Atlantic Forest, which are still in the development process.

Key words: Urban climate; climate and vegetation; geoprocessing

INTRODUÇÃO

A vegetação urbana desempenha papel essencial na regulação do microclima, mitigando o calor urbano por meio de sombreamento, evapotranspiração e equilíbrio do balanço energético (Absalan *et al.*, 2024; Addas, 2023). Entretanto, o desenvolvimento humano marcado pelo avanço da urbanização, pela substituição de áreas verdes por superfícies impermeáveis, tem aumentado a retenção de calor e o estresse térmico nas cidades brasileiras, onde cerca de 124,1 milhões de pessoas vivem em ambientes urbanos (IBGE, 2022).

A presença de áreas verdes torna-se relevante diante da intensificação dos processos de urbanização, que frequentemente substituem espaços vegetados por superfícies construídas e impermeáveis, ampliando o calor antropogênico e os riscos climáticos. A progressiva retirada da cobertura vegetal, ocasiona uma mudança no ecossistema urbano, nas trocas de energia, matéria e perda da biodiversidade, acarretando alterações em nível de solo, vegetal e disponibilidade de água, restando somente os remanescentes de cobertura vegetal (DGOTDU, 2011).

Por outro lado, deve-se levar em consideração os benefícios de áreas verdes, abarcando as funções ecológicas e aspectos sociais, como espaços recreativos, psicológicos, estéticos e educativos, funcionando como áreas de lazer e interação social, que fazem com que haja a mitigação do isolamento urbano e configuram ambientes saudáveis para as pessoas ou para o ecossistema natural, promovem também o bem-estar, o lazer, atuando como espaços “antiestresse” para os moradores (Bonametti, 2020; Bargas; Matias, 2011).

Embora haja distinções conceituais relevantes entre “vegetação urbana” e “áreas verdes”, elas são frequentemente utilizadas como sinônimos (Bargas; Matias, 2011). Os termos relacionados à classificação da vegetação, como espaços livres (incluindo áreas verdes, parques urbanos, praças e arborização), devem ser tratados de maneira integrada, considerando suas características e funções específicas. Essa distinção é fundamental para o planejamento urbano, pois cada tipologia desempenha funções específicas no equilíbrio climático e na estrutura ecológica da cidade (Lima et al., 1994; Bargas; Matias, 2011).

As áreas verdes, por exemplo, abrangem praças, parques, jardins e canteiros, desempenhando não apenas funções estéticas, mas também ecológicas. Essas áreas podem ser categorizadas como privadas, potencialmente coletivas ou públicas, sendo fundamental sua hierarquização conforme seu uso e tipologia. A arborização urbana, geralmente composta por árvores nas calçadas, também tem importância, mas não é necessariamente considerada parte do Sistema de Áreas Verdes (Lima et al., 1994; Bargas; Matias 2011).

Sob a perspectiva dos estudos em Geoecologia urbana, destacam-se as relações complexas da arborização na territorialidade, bem como as mudanças no uso e ocupação do solo, retirada de cobertura vegetal, fluxos de energia e matéria, o geossistema e a retração ou maior proliferação de algumas espécies (DGOTDU, 2011).

A retirada e a mudança da cobertura vegetal ocorreram em diversas áreas do Brasil. Substituída por concreto, plantio e outros usos, algumas dessas áreas foram reflorestadas com árvores exóticas, a exemplo do eucalipto (*Eucalyptus sp.*). Em algumas áreas, não ocorreu o processo de plantio, encontrando-se com a presença de árvores nativas ou mesmo regeneração natural. A partir da sucessão vegetal e suas fases (pioneira, secundária inicial, secundária tardia até atingir seu clímax), são etapas que desenvolvem e ocorrem a ciclagem entre comunidades e habitats (Ferreira et al., 2019; Góes; Ferrati, 2023).

Os eucaliptais eram cultivados para “secar” brejos (porções úmidas) no começo do século XX e posteriormente quando encontrados nas áreas urbanas, eram considerados resquícios da pré-urbanização, como partes pertencentes a chácaras e áreas rurais. Mais adiante, identificou-se que não é indicado para plantio em área urbana pelo seu grande porte (Cardim, 2009).

As plantações de eucaliptos servem também para a indústria papelreira, ou são introduzidos para responder aos processos de mitigação das mudanças climáticas. Outro aspecto importante é que, quando instalado em áreas urbanas, sua serapilheira não é decomposta pelo processo biológico realizado pelas espécies de decompositores microbianos, influenciando na impermeabilização dos solos (Ferreira *et al.*, 2019).

O estudo da expressão da cobertura vegetal é desenvolvido por meio da Fitogeografia, que é um ramo da Biogeografia que busca compreender a distribuição da vegetação sobre a superfície terrestre, abrangendo o todo ou específico em algumas espécies (Viadana, 2007; Murara, 2016).

Os estudos da fitogeografia, aplicam conceito de paisagem nas suas análises e caracterizam a dinâmica entre “elementos físicos, biológicos e antrópicos” que atuam mutuamente uns sobre os outros como um conjunto indissociável ou separadamente (Bertrand; Tricart, 1968 p. 12). Analisar a paisagem urbana, vista por meio da teoria de Bertand, é preciso compreender que a área urbana é um espaço artificializado, que possui um ecossistema próprio, como um híbrido entre construções (ação antrópica) e a esfera da vida (natureza).

Entende-se que o ecossistema urbano é uma comunidade que consiste em plantas, animais e humanos habitando o urbano, funcionando como um organismo, cada qual com suas funções (DGOTDU, 2011). As leis que regulam os organismos, resumem-se a interdependência, ordem dinâmica, equilíbrio autorregulado, maior diversidade resultando em maior estabilidade, fluxo constante de energia, matéria e reciclagem permanente (Lago; Pádua, 1984).

Sob a ótica da ecologia humana, o espaço urbano deve ser entendido como um ecossistema que se fomenta através das dinâmicas populacionais, abrangendo os aspectos físicos e sociais da vida urbana, contemplando os fluxos de entrada e saída do ecossistema, bem como sua dinâmica de funcionamento (Batitucci *et al.*, 2019) (Figura 1).

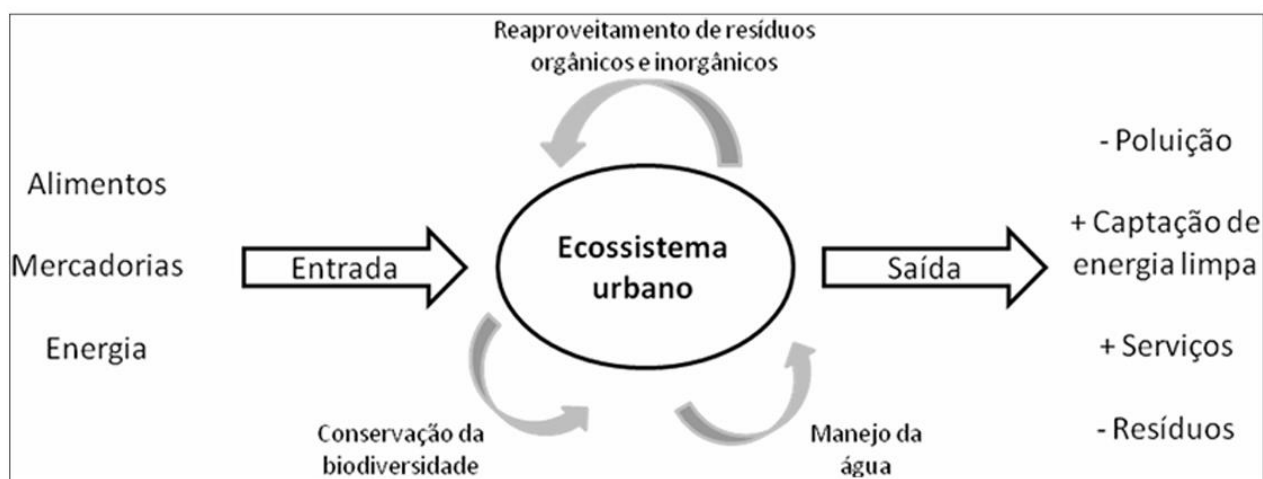


Figura 1 – Funcionamento de um ecossistema urbano. Fonte: Batitucci *et al.*, 2019.

Dessa maneira, considera-se que a atuação humana se relaciona predominantemente aos fluxos de saída de energia, desempenhando papel determinante nos impactos em microescala. Por outro lado, as condições atmosféricas nos ambientes urbanos, quando integradas aos componentes

físicos, bióticos e sociais, exercem influência direta sobre o condicionamento e a dinâmica da vida nesses espaços (Newman, 1999).

O clima e a vegetação têm sua relação evidenciada quando se identificam zonas climáticas e biomas. As variações climáticas são reguladas principalmente pela intensidade da radiação solar, a qual influencia diretamente a temperatura, a dinâmica atmosférica e a disponibilidade hídrica para o desenvolvimento vegetal (Pillar, 1995).

O microclima, associa-se a variações e proximidades da superfície, como qualidade folhar, solo, rochas. O mesoclima é resultado da topografia, da vegetação ou da ação antrópica, essas duas classificações são as que mais tem relação com a vegetação. Quando se trata do macroclima estuda-se como uma média a longo prazo que independe de outros fatores (Pillar, 1995).

Chang *et al.*, (2024) realizaram uma análise dos efeitos do clima, do desenvolvimento socioeconômico e tendências de verde em 294 cidades chinesas com base em imagens de satélite (2001-2018). Os autores concluíram que cidades maiores despontam no desenvolvimento da ecologização urbana e as demais têm um grande potencial na promoção do verde urbano.

Uma pesquisa realizada em Curitiba, buscou entender a influência da vegetação no clima urbano, por meio de mini abrigos em 44 pontos de monitoramento na malha urbana, foram encontradas diferenças térmicas de acima de 1°C, sendo que as regiões com áreas verdes, parques apresentaram temperaturas baixas, configurando as ilhas de frescor urbano (Leal, 2012).

Além disso, em Palmas houve uma investigação que visou entender se a vegetação teria influência sobre o clima urbano, sendo assim os resultados apontaram para variações de até 8°C, em diferentes pontos da cidade. Além disso, pode-se observar nas áreas verdes microclimas favoráveis ao conforto na área urbana (Paz, 2009).

Diante desse cenário, torna-se essencial investigar como a vegetação atua na modificação do microclima urbano, fornecendo subsídios para estratégias de planejamento que integrem conservação ambiental, qualidade de vida e mitigação dos efeitos das mudanças climáticas. Este estudo busca contribuir com essa discussão a partir da análise da relação entre vegetação e condições térmicas na cidade de Erechim, localizada no norte do Rio Grande do Sul (Figura 2).

O RECORTE ESPACIAL

O município de Erechim (Figura 2), baseado na criação da Lei Federal 10.257/2001 - Estatuto das Cidades, criou em 2011, seu Plano Diretor de Arborização Urbana (PDAU, 2011), o qual apresentou 414 áreas verdes públicas que se dividem em 377 canteiros centrais, 36 praças e um parque, o Parque Natural Municipal Longines Malinowski.

O PDAU de Erechim aborda a implementação, manutenção da arborização em vias públicas e áreas verdes do perímetro urbano. O plano visa a conformidade com o cunho ecológico, estético, infraestrutura, logística e a manutenção da qualidade de vida (PDAU, 2011).

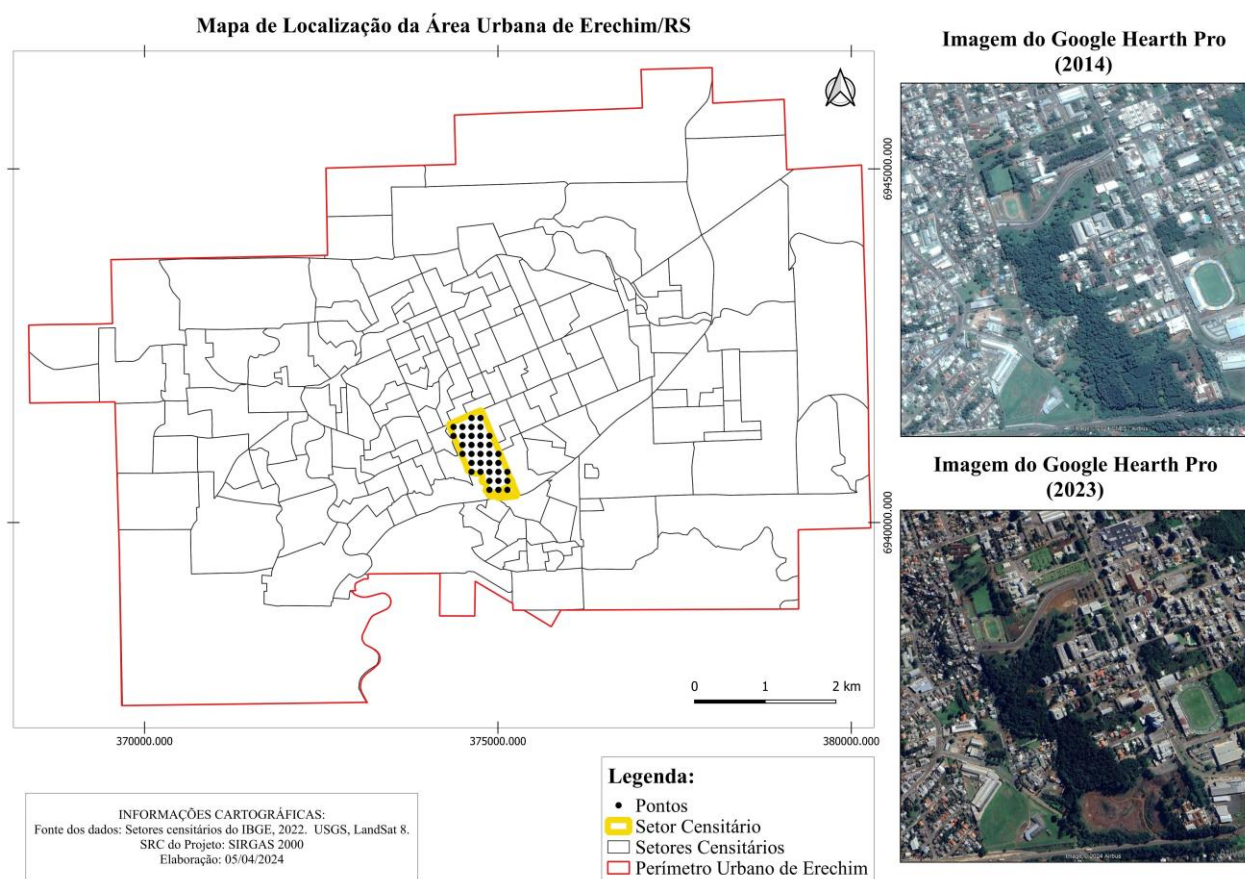


Figura 2 – Localização do município de Erechim, área urbana. Fonte: os autores, 2024.

Neste mesmo plano foi realizado um resgate histórico da arborização em Erechim, no qual foi feita a análise da paisagem urbana. Esse levantamento amostrou 53 famílias de espécies arbóreas, e as famílias com mais abundância são, *Oleaceae*, *Lauraceae* e *Myrtaceae*. Nos passeios e canteiros foi possível identificar 144 espécies arbóreas, dentre elas 71 espécies nativas (PDAU, 2011).

Diante disso, o plano também frisa que as espécies com maior densidade de indivíduos amostrados são plantas exóticas, pois houve a implantação da vegetação exótica na arborização urbana ao longo da história da cidade. Essa análise revelou processo histórico de importação de essências arbóreas, principalmente os eucaliptos *Eucalyptus dunnii* Maiden e *Eucalyptus grandis* W. Mill ex Maiden, que pertencem à família *Myrtaceae* e são originários da Austrália e da China (PDAU, 2011).

Eucalyptus sp. (Eucalipto), tem a sua distribuição natural no Leste da África. Impactos: Apresenta tendência a formar densos agrupamentos, impedindo o crescimento das espécies nativas. Também impede a sucessão natural das florestas. As flores têm alcaloides tóxicos, que podem causar envenenamento de beija-flores e abelhas. Observações: A dispersão de sementes pelo vento dificulta muito o controle da espécie. É invasora na Austrália (Ilha Christmas), nos Estados Unidos (Havaí), na Polinésia Francesa e em Fiji (Leão et al., 2011, p. 57).

Selecionamos um fragmento florestal que, no ano de 2014, era composto pela presença de espécie vegetal exótica, identificada como *Eucalyptus* (invasora originária da Austrália), com

árvores que ultrapassaram os 20m de altura. No ano de 2023, o fragmento foi submetido ao corte de algumas espécies exóticas e parte foi impermeabilizado (concreto e asfalto) porém, a maior parte da retirada da cobertura vegetal exótica foi substituída pela inserção de espécies nativas.

A troca de espécies exóticas por plantas nativas contribui para a conservação da biodiversidade e proliferação de insetos e animais nativos em seus habitats, além da capacidade de captura de carbono, o que contribui para a resiliência ambiental. Neste contexto, este estudo buscou compreender as mudanças e variabilidades no microclima de um setor censitário, no qual houve a remoção de um fragmento florestal exótico na área urbana de Erechim.

Este estudo pode subsidiar políticas públicas, para o planejamento urbano sustentável, e até mesmo auxiliar na conformidade do cumprimento de metas ambientais globais, como os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), dentro das (ODS 11 e 13), voltadas as cidades sustentáveis e ações climáticas para Erechim (ONU, 2024).

MATERIAIS E MÉTODOS

Carta de temperatura de superfície (TST)

A TST desempenha um papel essencial na análise climática e ambiental, permitindo o monitoramento e a visualização do fenômeno das ilhas de calor urbanas de superfície. No contexto do planejamento urbano, essas informações são valiosas para promover o desenvolvimento sustentável, melhorar a saúde pública, implementar estratégias de controle de vetores e contribuem também para o aumento do conforto térmico e do bem-estar da população (Ahmad *et al.*, 2024).

Para a análise utilizou-se das imagens do satélite *LandSat-8*, do Serviço Geológico Americano (*United States Geological Survey* – USGS), com resolução espacial de 30 metros. Selecionouse para esta investigação imagens dos dias 28/01/2014 e 21/11/2023 por não possuírem cobertura de nuvens.

As imagens foram tratadas no software Qgis 3.4, foi trabalhado com a banda 10 (infravermelho termal), que abarca o sensor TIRS (*Thermal Infrared Sensor*), recortou-se a área de estudo. Foi necessário realizar a transformação dos dados da banda 10, convertendo os níveis digitais da imagem para dados de reflectância, conforme exposto na Equação 1.

$$E\lambda = K\rho * Zc\alpha + H\rho$$

(Equação 1)

Na Equação 1, os dados de reflectância espectral correspondem ao sensor de abertura, enquanto K representa o fator multiplicativo de redimensionamento da banda 10 (0,00033420), Z refere-se aos valores de nível digital da banda, ou seja, é a entrada da própria banda no cálculo e, por fim, H corresponde ao fator de redimensionamento aditivo específico da banda 10 (0,100000). Desta forma, com os dados de reflectância obtidos, na próxima etapa efetuou-se a realização da

conversão desses dados para a temperatura da superfície em Kelvin, conforme apresentado na Equação 2.

$$T = \frac{E_2}{\ln \left(\frac{E_1}{B} + 1 \right)}$$

(Equação 2)

Na Equação 2, a variável T representa a temperatura da superfície em Kelvin (K), E2 corresponde à constante de calibração do sensor (1321,08), E1 refere-se a outra constante de calibração (774,89), e, I indica a radiância espectral dos dados. Já na Equação 3, apresenta-se o procedimento adotado para a conversão da temperatura da superfície, de Kelvin para graus Celsius.

$$T (^{\circ}\text{C}) = T (\text{K}) - 273,15$$

(Equação 3)

Na Equação 3, a variável T (°C) representa a temperatura da superfície em graus Celsius, “T(K)” expressa a temperatura da superfície em graus Kelvin, e, “273,15” é a constante utilizada para a realização da conversão dos dados.

Índice de Vegetação por Diferença Normalizada – NDVI

O NDVI é utilizado para a avaliação da saúde e densidade da vegetação de uma determinada área. Nas imagens geradas é possível acompanhar as modificações da cobertura vegetal, essa ferramenta é amplamente utilizada na gestão de recursos naturais, qualidade folhar para a agricultura e conservação. No entanto, para o planejamento a consonância entre vegetação e temperatura é fundamental para mitigar as ilhas de calor urbanas (Ahmad *et al.*, 2024).

Utilizou-se para a análise o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (*Normalized Difference Vegetation Index – NDVI*) nos dias 28/01/2014 e 21/11/2023, para identificação da densidade, assim como quantidade e condição da área. Foram utilizadas as bandas 4 e 5 do *Landsat 8* do *site United States Geological Survey* no *QGIS*, as quais correspondem às faixas do vermelho (*VIS – Visible*) e infravermelho próximo (*NIR – Near Infra-Red*), o índice gerado varia entre -1 e 1, pois quanto maior o valor do índice, maior a presença de vegetação e pode ser calculado conforme a equação 4 abaixo (Tucker, 1979).

$$\text{NDVI} = (\text{NIR} - \text{VIS}) / (\text{NIR} + \text{VIS})$$

(Equação 4)

Matriz de pontos

Para esta pesquisa utilizou-se da base do IBGE da malha de setores censitários em 2019. Criou-se uma matriz de pontos de 127x127 metros, isso gerou 35 pontos aleatórios no setor censitário analisado. Desses 35 pontos foi extraído o valor do pixel, das TST e dos NDVI, podendo gerar gráficos no Excel e comparar as datas.

Análise de fiabilidade e correlação dos dados

A correlação entre duas ou mais variáveis como temperatura da superfície (LST) e índice de vegetação (NDVI), são importantes pois nos permitem identificar padrões e identificar se uma variável impacta ou não a outra, essas correlações são base para saber se determinadas ações de mitigação estão sendo eficazes nas áreas urbanizadas (Ahmad *et al.*, 2024).

Nesta etapa da pesquisa, foi realizada a análise de fiabilidade dos dados no Jamovi, com intuito de avaliar a consistência, estabilidade e confiança de um conjunto de dados, e efetuou-se a correlação de Pearson, com a finalidade de verificar correlações entre TST e NDVI.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 3, permite uma primeira comparação visual entre a TST (Figura 3a) e o NDVI (Figura 3b), para o ano de 2014 (anterior à retirada da cobertura vegetal exótica). Identificamos que as menores TST ocorrem na porção metade sul do setor censitário (Figura 3a), nos pontos 30, 31, 33 e 34, cujos registros de 26°C a 30°C estão associados a maior presença de áreas verdes com NDVI de 0,45 a 0,65 (Figura 3b). Esses achados corroboram os resultados de Murara *et al.*, (2022), que evidenciaram, por meio de perfis térmicos urbanos em Erechim, uma correlação inversa significativa entre NDVI e temperatura de superfície.

No ano de 2023, meses após a inserção de espécies nativas, verificamos que há uma tendência de aumento do NDVI (Figura 4b). As TST já apresentam registros de 30°C a 32°C nos mesmos pontos, 30, 31, 33 e 34 (Figura 4a). É preciso lembrar que a vegetação nativa não apresenta ainda a mesma estrutura e composição da então vegetação nativa. Durante o período do estudo, as mudas plantadas não ultrapassam a média de alturas de 1m, porém, já apresentam relevância no NDVI e na TST.

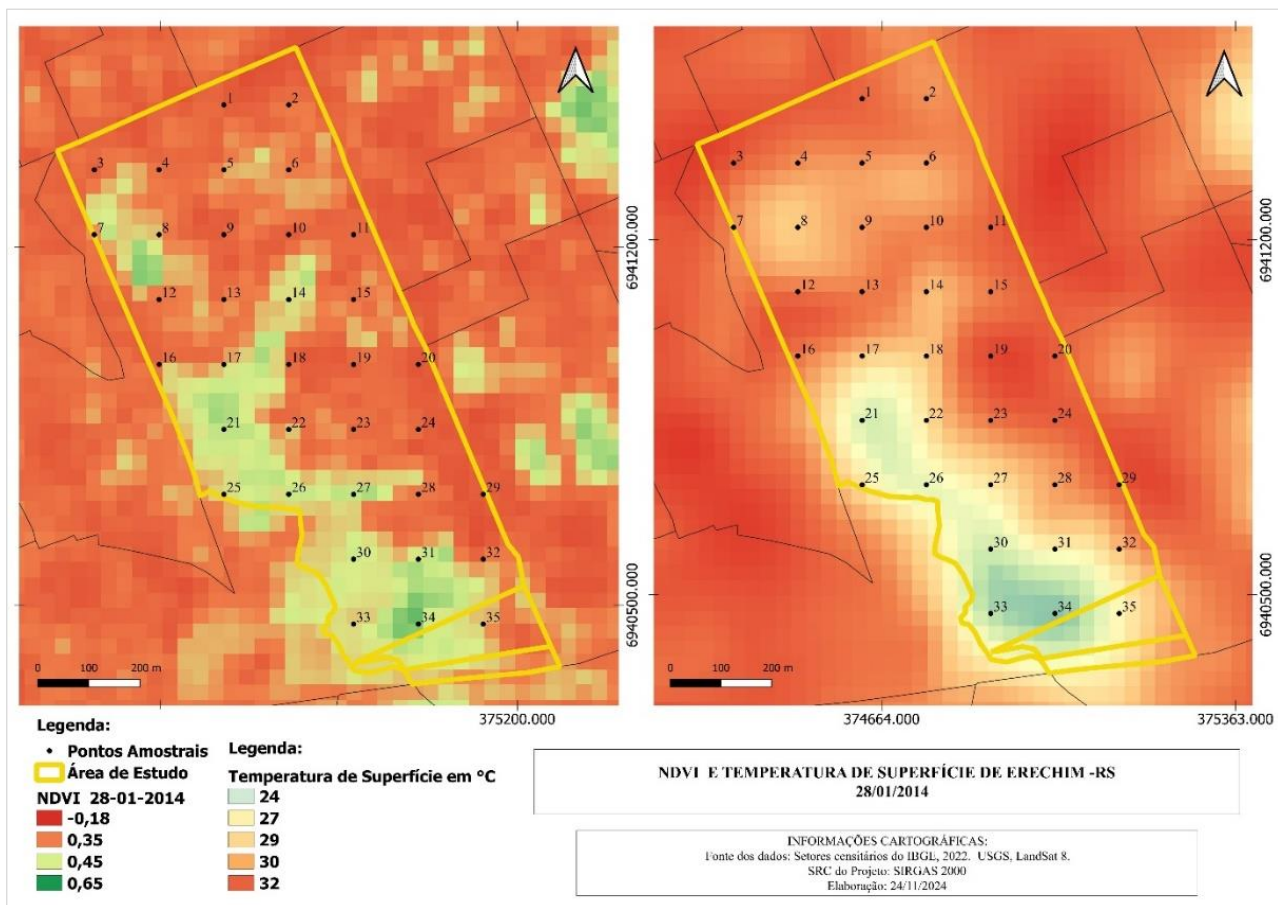


Figura 3 – Mapa de temperatura da superfície (a) e mapa do Índice de Vegetação de Diferença Normalizada (b), setor censitário de Erechim, 28 de janeiro de 2014. Fonte: os autores, 2024.

A figura 5 exibe a comparação dos valores de TST para os dois períodos de análise. Fica evidente uma separação entre os pontos mais ao norte do setor, aproximadamente do ponto 1 ao ponto 19 e, um segundo comportamento a partir do ponto 20 até o ponto 35.

Observa-se uma tendência à redução da temperatura no ano de 2014, muito embora, como já esclarecido, há uma diferença estrutural na composição entre a vegetação exótica (maior porte) em relação a vegetação nativa atual (menor porte) que se encontra em processo de desenvolvimento.

Com relação ao NDVI (Figura 6), as linhas de tendência apontam para um aumento no ano de 2014 dos primeiros pontos em direção ao ponto 35. Já a linha de tendência do ano de 2023, apresenta uma certa homogeneidade com pequena tendência de diminuição nos pontos finais (29 a 35).

Esse resultado por um lado mostra que em 2014 havia uma diferença do NDVI interna no setor em análise, que a partir da mudança da cobertura vegetal, modificou-se para um padrão homogêneo na distribuição do índice.

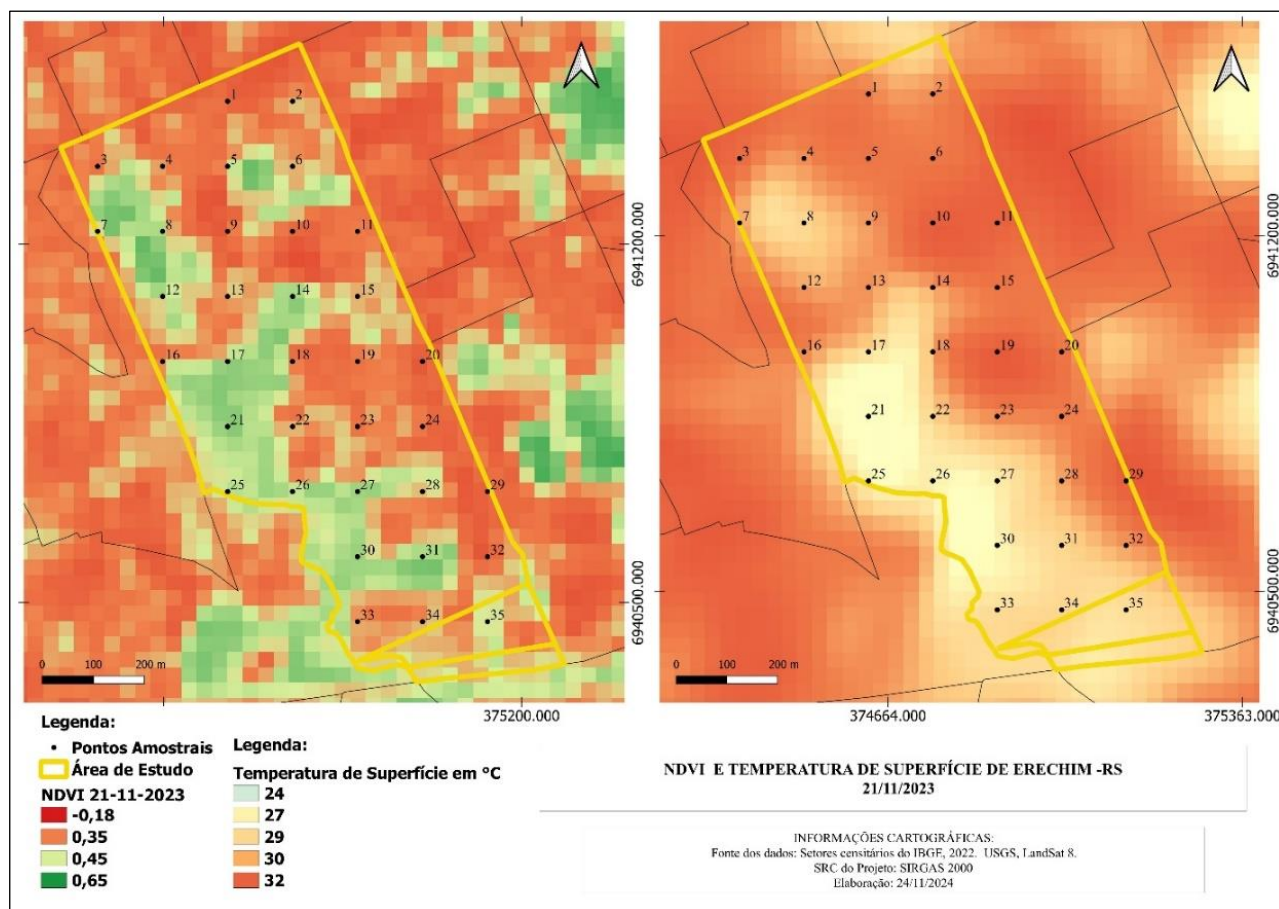


Figura 4 – Mapa de temperatura da superfície (a) e mapa do Índice de Vegetação de Diferença Normalizada (b), setor censitário de Erechim, 21 de novembro de 2023. Fonte: os autores, 2024.

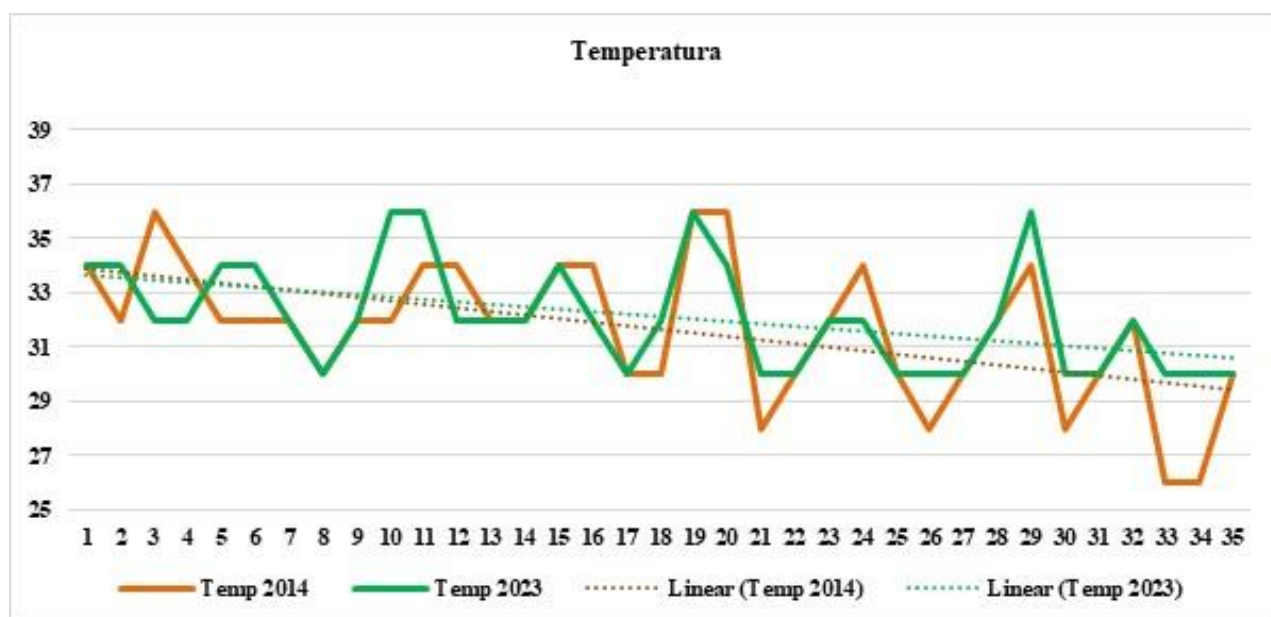


Figura 5 – Gráfico da TST nos pontos, setor censitário de Erechim. Fonte: os autores, 2024.

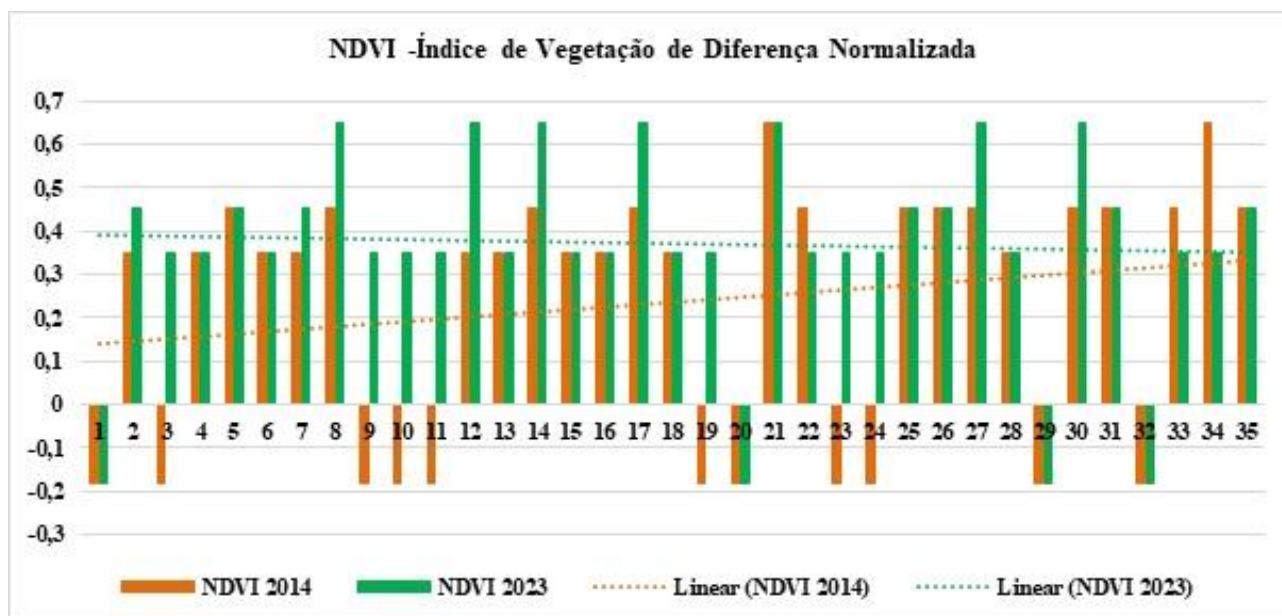


Figura 6 – Gráfico do NDVI nos pontos, setor censitário de Erechim. Fonte: os autores, 2024.

A diminuição nos pontos finais (29 a 35) para o ano de 2023 em relação a 2014, confirma essa mudança e alteração na cobertura vegetal que reflete no NDVI. Desta forma, atualmente já é possível notar menores contrastes no índice em comparação com o ano de 2014.

A estatística de fiabilidade revelou uma média anual generalizada para área total do setor censitário. Desta forma, o NDVI médio de 2014 foi de aproximadamente 0,23, enquanto o NDVI de 2023 foi de aproximadamente 0,36, houve uma melhora de 0,13 em relação ao ano de 2014. A temperatura média se destaca pela diferença de 0,5°C de 2014 para 2023, porém, são datas distintas pois em 2014 abordou-se janeiro e 2023 em novembro.

A correlação de Pearson foi positiva com relação às variáveis do mesmo tipo NDVI com NDVI em 0,65, para a TST com TST resultou 0,71, haja visto que, os resultados positivos ocorrem quando os valores elevados de uma variável correspondem a valores altos da outra variável.

Para as variáveis diferentes TST 2014 e NDVI 2014, constatou-se uma relação de -0,69. Para o NDVI 2023 e TST 2014 foi de -0,42, seguido pelo NDVI 2014 e TST 2023 -0,66 e para TST 2023 e NDVI 2023 de -0,49 (Figura 7).

Todas foram consideradas correlações médias e inversamente proporcionais, ou seja, o aumento do NDVI representa diminuição dos valores de TST. Resultados com valores de correlações de 0,28 foram identificados por Almeida *et al.*, (2015) para a cidade de Maceió (AL).

Portanto, este estudo confirma o fato de que áreas urbanizadas apresentam maior temperatura de superfície (dado a ausência de áreas verdes) e áreas vegetais apresentam uma menor temperatura de superfície. Logo, a vegetação atua como importante reguladora da TST. Assim, a alteração e substituição da cobertura vegetal resulta em um desequilíbrio no balanço de radiação, afetando a qualidade de vida e a temperatura de superfície no que tange ao equilíbrio térmico (da Cruz, 2019; Murara *et al.*, 2022).

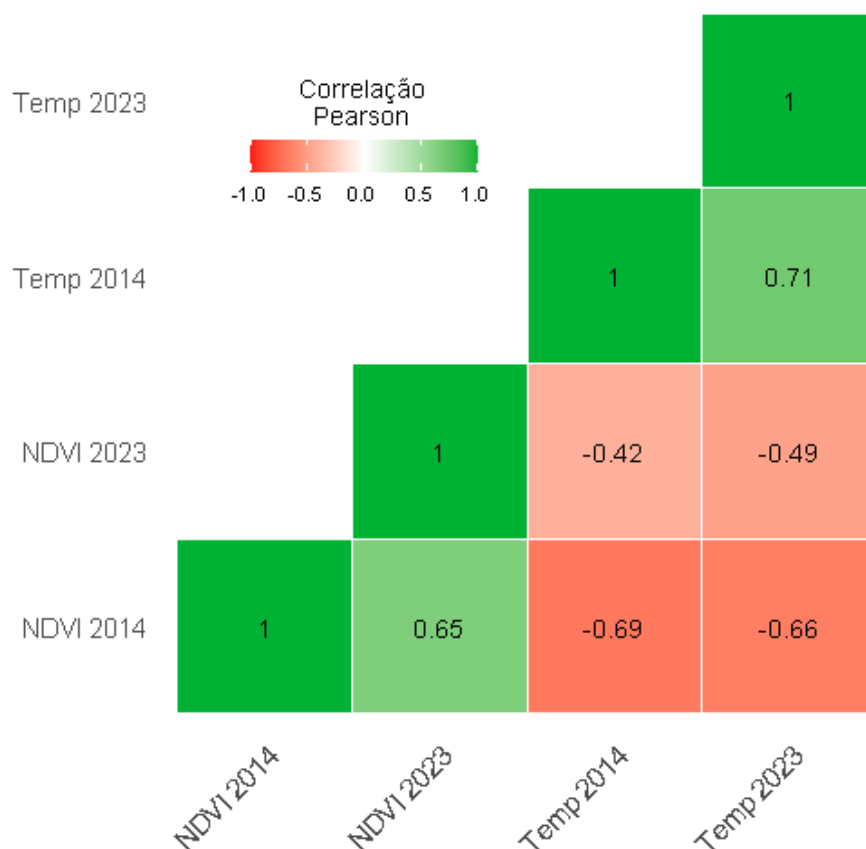


Figura 7 – Correlação entre TST e NDVI, setor censitário de Erechim. Fonte: os autores, 2024.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A área urbana estudada, apresenta a interferência antrópica, que causa a remoção de cobertura vegetal e a alteração nos fluxos energéticos, no habitat urbano, fazendo com que os ecossistemas se tornem artificializados (Figueiró, 2015).

A temperatura de superfície e o NDVI em 2014, apresentam temperaturas mais frias, na porção metade sul do setor censitário com aproximadamente 26°C a 30°C associadas à vegetação. Corroborando que a vegetação no setor censitário desempenha um papel importante, demonstrando que em uma área pequena, há diferenças na temperatura de superfície e no índice de vegetação normalizada.

No ano de 2023, há uma tendência de aumento do NDVI e as TST, registram entre 30°C a 32°C, pois houve o reflorestamento da área com árvores nativas. Neste caso, considera-se necessário o planejamento da regeneração vegetal e o tempo de estabelecimento de árvores do mesmo porte das que foram retiradas.

O geoprocessamento e a análise estatística dos dados, nos proporciona análises mais eficientes, como a espacialização de determinado fenômeno, e a percepção da correlação entre vegetação e temperatura, destacando o equilíbrio térmico energético da área.

Essa retirada de vegetação exótica, traz impacto sobre várias escalas, como temporal, espacial ou vegetacional. As mudanças nos índices de vegetação e temperatura impactam diretamente os moradores da área, quando se trata de qualidade de vida e conforto térmico. Além disso, o Geoprocessamento aliado ao planejamento e ao monitoramento dessas áreas a longo prazo podem auxiliar no que tange ao progresso da regeneração e a prevenção impactos de equilíbrio ambiental.

Não se pode deixar de citar a importância da vegetação para os serviços ecossistêmicos e os seus benefícios, a resiliência climática que uma área verde pode trazer para um espaço urbanizado, além da integração da comunidade no processo de cuidado com os projetos de reflorestamento e regeneração.

Ademais, este é um estudo inicial que carece de aprofundamento em pesquisas futuras, abarcando o microclima e a vegetação, com uma gama maior no que tange ao tempo.

Submetido em 29 de maio de 2025.

Aceito para publicação em 3 de setembro de 2025.

Referências

- ABSALAN, F.; HATAM, F.; BLOKKER, M.; BESNER, M. C.; PRÉVOST, M.; BICHAÏ, F. Impact of heat islands vs. city greening: Real-time monitoring and modeling of drinking water temperature in the city of Montreal in Canada. **Water Research**, 256, 121490 (2024). DOI: <<https://doi.org/10.1016/j.watres.2024.121490>>
- ADDAS, A. The importance of urban green spaces in the development of smart cities. **Frontiers in Environmental Science**, v. 11, p. 1206372, 2023. DOI: <<https://doi.org/10.3389/fenvs.2023.1206372>>
- ALMEIDA, A. D.; GUIMARÃES J. S. A. M.; ANDRADE, E. D. L.; FERREIRA NETO, J. V. Relação entre o Índice de Vegetação e a Temperatura de Superfície na estimativa e identificação das ilhas de calor na cidade de Maceió-AL. **Anais XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto-SBSR, João Pessoa-PB, Brasil**, 25, 2047-2054. 2015.
- AHMAD, B.; BAREEQ NAJAR, M.; AHMAD, S. Analysis of LST, NDVI, and UHI patterns for urban climate using Landsat-9 satellite data in Delhi. **Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics**, Volume 265, 2024. DOI: <<https://doi.org/10.1016/j.jastp.2024.106359>>
- BARGOS, D. C.; MATIAS, L. F. Áreas verdes urbanas: um estudo de revisão e proposta conceitual. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, v. 6, n. 3, p. 172-188, 2011. DOI: <<https://doi.org/10.5380/revsbau.v6i3.66481>>
- BATITUCCI, T. D. O.; CORTINES, E.; ALMEIDA, F. S.; ALMEIDA, Â. A. D. A agricultura em ecossistemas urbanos: um passo para a sustentabilidade das cidades. **Ambiente & Sociedade**, v. 22, 2019. DOI: <<https://doi.org/10.1590/1809-4422asoc0277r3vu19L4AO>>
- BERTRAND, G.; TRICART, J. Paysage et géographie physique globale. Esquisse méthodologique. **Revue géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest**, v. 39, n. 3, p. 249-272, 1968.
- BONAMETTI, J. H. Arborização urbana. **Revista Terra & Cultura: Cadernos de Ensino e Pesquisa**, v. 19, n. 36, p. 51-55, 2020.
- CARDIM, R. **A história do eucalipto na cidade de São Paulo**, 2009. Disponível em: <https://arvoresdesaopaulo.wordpress.com/2009/06/23/a-historia-do-eucalipto-na-cidade-de-sao-paulo/>. Acesso em 19 maio de 2024.
- CHANG, Y.; VAN STRIEN, M. J.; ZOHNER, C. M.; GHAZOUL, J.; KLEINSCHROTH, F. Effects of climate, socioeconomic development, and greening governance on enhanced greenness under urban densification. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 206, p. 107624, 2024. DOI: <<https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2024.107624>>
- DA CRUZ, G. C. F. **A correlação entre vegetação e temperatura de superfície terrestre em Ponta Grossa-PR**. 8º Simpósio de Gestão Ambiental e Biodiversidade, 2019. Disponível em: <https://www.itr.ufrj.br/sigabi/wp-content/uploads/8_si-gabi/A%20CORRELA%C3%87%C3%83O%20ENTRE%20VEGETA%C3%87%C3%83O%20E%20TEMPERATURA%20DE%20SUPERFICIE%20TERRESTRE%20EM%20PONTA%20GROSSA-PR.pdf>, acesso em 03/09/2025.

DGOTDU, A. Ocupação dispersa no quadro dos PROT e dos PDM. Lisboa: **Direcção Geral do Ordenamento do Território e Desenvolvimento Urbano**, 2011.

ERECHIM (cidade). **Plano Diretor de Arborização Urbana do Município de Erechim**, RS, 2011. Disponível em: <<https://www.pmerechim.rs.gov.br/uploads/paginas/19b1809e977a87a98ec84490309c173e.pdf>>. Acesso em: 03/09/2025.

FERREIRA, V.; BOYERO, L.; CALVO, C.; CORREA, F.; FIGUEROA, R.; GONÇALVES, J. F.; TEIXEIRA-DE-MELLO, F. A global assessment of the effects of eucalyptus plantations on stream ecosystem functioning. **Ecosystems**, V. 22, 2019. DOI: <<https://doi.org/10.1007/s10021-018-0292-7>>

FIGUEIRÓ, A. **Biogeografia: dinâmicas e transformações da natureza**. São Paulo: Oficina de Textos, 2015.

GÓES, T. L.; FERRATI, O. Remanescentes de Floresta Ombrófila Densa Primária com *Ocotea catharinensis* na Ilha de Santa Catarina. **Revista Espaço e Geografia**, v. 26, pp. 249-274, 2023. DOI: <<https://doi.org/10.26512/2236-56562023e43923>>

IBGE. **Censo Demográfico 2022**. Rio de Janeiro: IBGE, 2022.

LAGO, A.; PÁDUA, J. A. **O que é ecologia**. São Paulo: Brasiliense, 1984.

LEAL, L. **A influência da vegetação no clima urbano da cidade de Curitiba-PR**. Curitiba: UFPR, Setor de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, 2012. Tese de doutorado. Disponível em: <<https://acervodigital.ufpr.br/handle/1884/28276>>, acesso em 03/09/2025.

LEÃO, T.; DE ALMEIDA, W. R.; DECHOUM, M.; ZILLER, S. **Espécies Exóticas Invasoras no Nordeste do Brasil**: Contextualização, Manejo e Políticas Públicas. Recife: Cepan, 2011.

LIMA, A. M. L. P.; CAVALHEIRO, F.; NUCCI, J. C.; SOUSA, M. A. L. B.; FIALHO, N. DEL PICCHIA, P. C. D. Problemas de utilização na conceituação de termos como espaços livres, áreas verdes e correlatos. In: **Anais do II Congresso Brasileiro de Arborização Urbana**. São Luís/MA, 1994. p. 539-553.

MURARA, P.; AGNOLIN, E.; PRINA, B. Perfis térmicos de verão em Erechim/RS. **Geo UERJ**, Rio de Janeiro, n. 41, p. e54647, 2022. DOI: <<https://doi.org/10.12957/geouerj.2022.54647>>.

MURARA, P. G. Caminhos da Biogeografia. **Caminhos de Geografia**, v. 17, n. 58, p. 176-188, 2016. DOI: <<https://doi.org/10.14393/RCG175813>>

NEWMAN, P. WG. Sustainability and cities: extending the metabolism model. **Landscape and urban planning**, v. 44, n. 4, p. 219-226, 1999. DOI: <[https://doi.org/10.1016/S0169-2046\(99\)00009-2](https://doi.org/10.1016/S0169-2046(99)00009-2)>

ONU. Organização das Nações Unidas. **Nações Unidas Brasil**. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>. Acesso em: 04 Dez. 2024.

PAZ, L. H. F. **A influência da vegetação sobre o clima urbano de Palmas-TO**. Brasília: UnB, Departamento de Pós-Graduação da FAU-UnB do curso de Arquitetura e Urbanismo, 2009.

Dissertação de Mestrado. Disponível em: <<https://www.repositorio.unb.br/handle/10482/7597>>, acesso em 03/09/2025.

PILLAR, V. D. **Clima e vegetação**. Porto Alegre: UFRGS, Departamento de Botânica, 1995. Manuscrito. Disponível em: <<http://ecoqua.ecologia.ufrgs.br>>, acesso em 03/09/2025.

TUCKER, C. J.; ELGIN Jr, J. H.; MCMURTREY I., J. E.; FAN, C. J. Monitoring corn and soybean crop development with hand-held radiometer spectral data. **Remote Sensing of Environment**, v. 8, n. 3, p. 237-248, 1979. DOI: <[https://doi.org/10.1016/0034-4257\(79\)90004-X](https://doi.org/10.1016/0034-4257(79)90004-X)>

VIADANA, A. G. Biogeografia: natureza, propósitos e tendências. *In*: VITTE, A. C.; GUERRA, A. T., **Reflexões sobre a Geografia Física do Brasil**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007.