









## ESTIMATIVA DA TEMPERATURA PELO MÉTODO IDW E CORRELAÇÃO ENTRE O NDVI E O NDWI PARA A MATA ATLÂNTICA EM PERNAMBUCO

Ivanildo Batista da Silva Junior<sup>1</sup>, Miriam Lecilia Farias Ribeiro<sup>1</sup>, Francisco Gustavo da Silva<sup>1</sup>, Hozana Francielle do Nascimento Borges<sup>1</sup>, Kleber Napoleão Nunes de Oliveira Barros<sup>1</sup>, Paulo José Duarte Neto<sup>1</sup>, Antônio Samuel Alves da Silva<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, PE, Brasil. E-mail: ivanildo.batista13@gmail.com; leciliariber@gmail.com; fr.gustavosilva.098@gmail.com; hozana\_francielle@hotmail.com; kleber.barros@ufrpe.br; paulo.duartent@ufrpe.br; antonio.sasilva@ufrpe.br

Autora correspondente: Miriam Lecilia Farias Ribeiro. E-mail: leciliariber@gmail.com

### RESUMO

O Brasil é um país rico em diversidade de biomas, cada um com suas características únicas. Para monitorar de forma eficiente esses ambientes, o uso de princípios geoestatísticos, de tecnologias como o sensoriamento remoto e dos SIGs estão sendo cada vez mais utilizados. Neste trabalho, objetivou-se estimar a temperatura pelo método de interpolação da inversa distância ponderada e correlacionar os índices de vegetação e de água na Mata Atlântica em Pernambuco de 2014 a 2019 com IDW. Os resultados mostraram que o NDVI apresentou valores mais próximos dos que indicam uma vegetação sem atividade, especialmente em 2016 e 2017; enquanto o NDWI mostrou-se mais elevado em 2015 e 2016; e o IDW apontou que a temperatura apresentou uma maior abrangência espacial na área costeira do estado em 2015 e 2016, o ano de 2019 também apresentou uma área significativa com temperaturas mais elevadas, porém mais ao sul da Mata Atlântica. A correlação negativa entre a temperatura e o índice NDVI ao longo do período de análise, significa que o aumento da temperatura implica em uma queda nos níveis de vegetação, entretanto o NDWI apresentou uma correlação positiva entre 2014 e 2019.

**Palavras-chave:** Estatística; geoestatística; IDW; NDVI; NDWI

### *TEMPERATURE ESTIMATE BY IDW METHOD AND CORRELATION BETWEEN NDVI AND NDWI FOR THE ATLANTIC FOREST IN PERNAMBUCO, BRAZIL*

#### ABSTRACT

*Brazil is a country rich in diversity of biomes, each with its unique characteristics. To efficiently monitor these environments, the use of geostatistical principles, technologies such as remote sensing and GIS are being increasingly used. In this work, the objective was to estimate the temperature by the inverse weighted distance interpolation method and to correlate the vegetation and water indices in the Atlantic Forest in Pernambuco from 2014 to 2019 with IDW. The results showed that the NDVI presented values closer to those that indicate a vegetation without activity, especially in 2016 and 2017; while the NDWI was higher in 2015 and 2016; and the IDW pointed out that the temperature presented a greater spatial coverage in the coastal area of the state in 2015 and 2016, the year 2019 also presented a significant area with higher temperatures, but more to the south of the Atlantic Forest. The negative correlation between temperature and the NDVI index over the period of analysis means that the increase in temperature implies a drop in vegetation levels, however the NDWI showed a positive correlation between 2014 and 2019.*

**Key words:** *Statistic; geostatistics; IDW; NDVI; NDWI*

#### ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE MENSURAÇÃO FLORESTAL



### INTRODUÇÃO

O Brasil é um país rico em diversidade de biomas, cada um com suas características únicas. Amazônia, Cerrado, Mata Atlântica, Caatinga, Pampas e Pantanal são os biomas do país, e todos eles possuem uma riqueza de biodiversidade, principalmente a Mata Atlântica.

A localização da Mata Atlântica se encontra ao longo da costa leste do país. É uma das florestas tropicais mais biodiversas do mundo, com uma variedade impressionante de espécies de plantas, animais e ecossistemas.

Para entender e monitorar de forma eficiente esses ambientes, o uso de princípios geoestatísticos, de tecnologias como o sensoriamento remoto e dos Sistemas de Informação Geográfica (SIGs) estão sendo cada vez mais utilizados. Essas ferramentas permitem a análise de dados e imagens obtidas por satélites, auxiliando na compreensão das mudanças e no monitoramento dos biomas brasileiros.

A geoestatística é um ramo da estatística aplicada que lida com a análise e interpretação de dados espaciais. Concentra-se em problemas que envolvem a análise de fenômenos que variam no espaço. A ideia da geoestatística é que as observações geográficas próximas umas das outras tendem a ser mais semelhantes do que as observações distantes. Essa dependência espacial é chamada de autocorrelação espacial, e a geoestatística fornece métodos para quantificar e modelar essa dependência. Não se limitando apenas em obter um modelo de dependência espacial, mas pretendendo também estimar valores de pontos nos locais onde não foram coletados (Srivastava, 1996; Goovaerts, 1997).

### MATERIAL E MÉTODOS

#### Coleta de Dados

Os dados utilizados foram coletados através do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e pela Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC). O banco de dados obtido contemplam informações mensais de temperatura no período de janeiro de 2014 a dezembro de 2019.

#### Índices por Diferença Normalizada

O Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) e o Índice de Água por Diferença Normalizada (NDWI) fornecem informações sobre a vegetação e a água em uma determinada região. Esses índices auxiliam na tomada de decisões, sendo utilizadas imagens de satélite que permitem uma compreensão mais precisa e abrangente das características e mudanças nessas áreas (Gao, 1996; Mcfeeters, 1997; Rouse Jr *et al.*, 2012).

O NDVI foi calculado pela fórmula  $NDVI = (NIR - Red) / (NIR + Red)$ , já o NDWI foi calculado por meio de  $NDWI = (NIR - Green) / (NIR + Green)$ . Em que NIR representa o valor do infravermelho próximo, Red representa o valor do vermelho e Green representa o valor do verde. Essas fórmulas foram aplicadas aos produtos Banda B5, B4 e B3, equivalentes às bandas

do infravermelho próximo, vermelho e verde, respectivamente, do satélite LANDSAT 7, que possui resolução espacial de 30 metros e temporal de 16 dias (USGS).

### Inverso da Distância Ponderada (IDW)

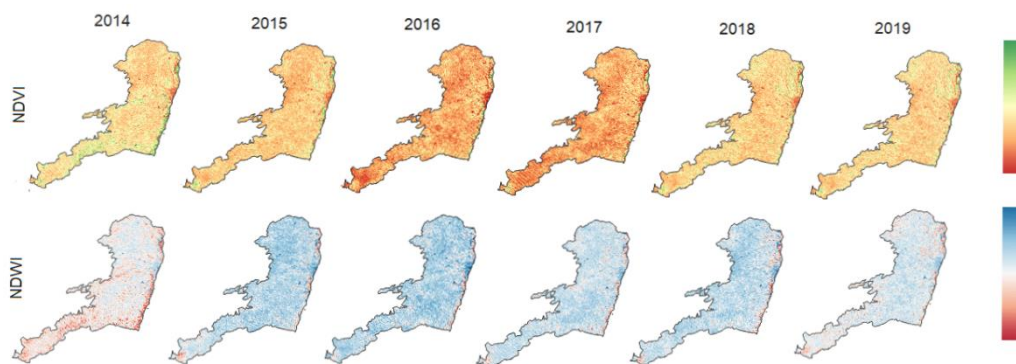
O Inverso da Distância Ponderada (IDW) é um método determinístico de interpolação, proposto por Shepard (1968), utilizado para estimar valores desconhecidos com base em dados conhecidos. É calculada uma média ponderada dos valores das amostras, levando em consideração as distâncias. Quanto maior o valor de  $p$ , mais importância é dada às amostras próximas, enquanto um valor baixo de  $p$  resulta em uma influência mais equilibrada das amostras próximas e distantes.

### Análise espacial

A estimação da temperatura foi realizada pelo método de interpolação Inverso da Distância Ponderada (IDW) e correlacionada com os índices de vegetação (NDVI) e de água (NDWI) na Mata Atlântica em Pernambuco. O processamento e as imagens geradas foram obtidos por meio do software R (R Core Team, 2023).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir dos dados do LANDSAT 7 foi possível verificar os índices na cobertura da Mata Atlântica no estado de Pernambuco entre os anos de 2014 e 2019. Encontra-se abaixo a distribuição espacial dos índices NDVI e NDWI no período de análise (Figura 1).



**Figura 1.** NDVI e NDWI para Mata Atlântica em Pernambuco nos anos 2014 a 2019.

Na Figura 1, observa-se que a maior atividade vegetal na Mata Atlântica em Pernambuco foi no ano de 2014; já, em contrapartida, a partir do ano de 2015 o NDVI para a Mata Atlântica apresentou valores mais próximos dos que indicam uma vegetação sem atividade, em especial nos anos de 2016 e 2017. O índice NDWI apresentou valores mais baixos durante o ano de 2014, que pode indicar uma redução da superfície aquosa da região e uma possível seca. Em seguida, com o NDWI, mostrou-se mais elevado nos anos de 2015 e 2016, e a partir do ano de 2017 ocorre uma redução, porém não tão significativa como a do ano de 2014.

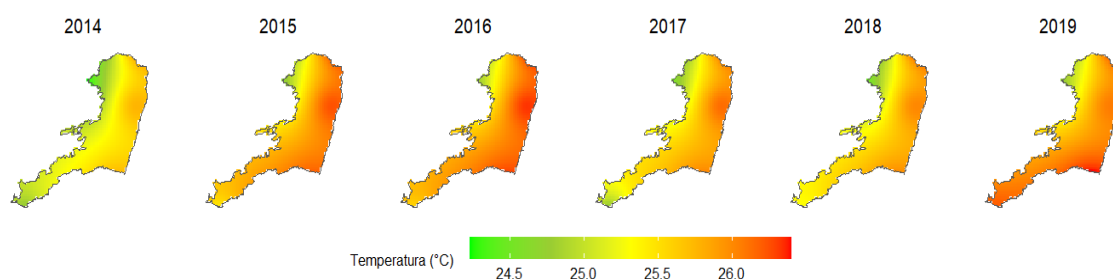
## VI Encontro Brasileiro de Mensuração Florestal

Na Tabela se observa que o ano de 2019 apresentou a maior temperatura média e que as menores temperaturas foram registradas ano de 2014. Os últimos anos apresentaram estatísticas de temperatura superiores em relação aos anos iniciais. Encontram-se abaixo as estimativas do IDW para a distribuição espacial da temperatura na Mata Atlântica de Pernambuco (Figura 2).

**Tabela 1.** Estatísticas descritivas da temperatura por ano.

Ano	Mínimo	Máximo	Média	Mediana	Desvio padrão
2014	20,9	27,1	24,9	25,8	2,29
2015	21,9	28,0	25,7	26,2	2,28
2016	22,0	28,0	25,7	26,3	2,24
2017	22,5	27,7	25,4	26,1	1,94
2018	24,0	27,6	25,9	26,1	1,47
2019	24,4	28,1	26,2	26,3	1,54

As estimativas do IDW apontam que a temperatura na Mata Atlântica em Pernambuco apresentou uma maior abrangência espacial na área costeira do estado nos anos de 2015 e 2016 (Figura 2). O ano de 2019 também apresentou uma área significativa com temperaturas mais elevadas ao sul da Mata Atlântica.



**Figura 2.** Temperatura estimada por IDW para a Mata Atlântica entre 2014 e 2019.

Na Tabela 2, observa-se que há uma correlação negativa entre a temperatura da Mata Atlântica em Pernambuco e o índice NDVI da região ao longo do período de análise, significando dizer que em todos os anos há um aumento da temperatura, implicando em uma queda nos níveis de vegetação. Diferentemente, o índice NDWI apresentou uma correlação positiva entre 2014 e 2019. O ano de 2018 apresentou a menor correlação entre a temperatura e o NDWI.

**Tabela 2.** Tabela das correlações entre as temperaturas e os índices entre 2014 e 2019

	2014	2015	2016	2017	2018	2019
NDVI	-0.9369	-0.8417	-0.5944	-0.7598	-0.7480	-0.900
NDWI	0.7175	0.7536	0.4481	0.7414	0.2940	0.6156

## CONCLUSÃO

O comportamento da temperatura pode ser explicado pelos índices de vegetação e água, e que a sua distribuição espacial está concentrada na região costeira. Destaca-se uma quantidade grande de valores ausentes nos dados utilizados, podendo impactar significativamente a qualidade e validade de uma análise estatística.

## VI Encontro Brasileiro de Mensuração Florestal

### AGRADECIMENTOS

Agradecemos o apoio à Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), ao Departamento de Estatística e Informática (DEINFO), ao Programa de Pós-Graduação em Biometria e Estatística (PPGBEA), à Fundação de Amparo a Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (FACEPE) e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Gao, B. C. NDWI – A normalized difference water index for remote sensing of vegetation liquid water from space. **Remote Sensing of Environment**, v. 58, n. 3, p.257-266. 1996. [https://doi.org/10.1016/S0034-4257\(96\)00067-3](https://doi.org/10.1016/S0034-4257(96)00067-3).
- Goovaerts, P. **Geostatistics for natural resources evaluation**. New York: Oxford University Press, 1997. 476 p.
- McFeeters, S.K. The use of the normalized difference water index (NDWI) in the delineation of open water features. **International Journal of Remote Sensing**, v.17, n.7, p.1425-1432, 1996. <https://doi.org/10.1080/01431169608948714>.
- R Core Team. **R: A Language and Environment for Statistical Computing**. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2023.
- Rouse Jr, J.W.; Haas Jr., R.H.; Schell, J.A.; Deering, D.W. Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. In: Earth Resources Technology Satellite-1 Symposium, 3., 1974, Goddard. **Proceedings...** Goddard: NASA, 1974. v. 1, p.309-317. Disponível em: <https://ntrs.nasa.gov/citations/19740022614>. Acesso em: 21 Jun. 2023.
- Shepard, D. 1968. A two-dimensional interpolation function for irregularly-spaced data. In: ACM National Conference, 23., 1968, New York. **Proceedings...** New York: ACM, 1968. p.517-524. <https://doi.org/10.1145/800186.810616>.
- Srivastava, R. M. Describing spatial variability using geostatistics analysis. In: Srivastava, R. M.; Rouhani, S.; Cromer, M. V.; Johnson, A. I.; Desbarats, A. J. (Eds.). **Geostatistics for environmental and geotechnical applications**. West Conshohocken: ASTM, 1996. p.13-19. <https://doi.org/10.1520/STP16110S>.