

O crescimento urbano e o impacto nas mudanças climatológicas: um estudo de NDVI na cidade de Porto Alegre/ RS – Brasil.

Urban growth and the impact on climatological changes: an NDVI study in the city of Porto Alegre/RS – Brazil.

Crecimiento urbano e impacto en los cambios climatológicos: un estudio NDVI en la ciudad de Porto Alegre/RS – Brasil.

Marluse Guedes Bortoluzzi

Mestranda, Atitus, Brasil
marlusegb@gmail.com

Alcindo Neckel

Professor Pós Doutor, Atitus, Brasil.
alcindo.neckel@atitus.edu.br

RESUMO

O Crescimento Urbano, em particular nas grandes cidades, reforça a necessidade de discussões que buscam recuperar a qualidade ambiental fundamental ao bem-estar da população. A implementação de áreas verdes através de ações do poder público nos espaços urbanos vem sendo primordial, visando aliviar os impactos no ambiente social, saúde e ecossistema da cidade como um todo, resultantes do avanço da infraestrutura cinza (HERZOG; ROSA, 2010). A densificação contínua de habitantes nas cidades promove mudanças no uso e ocupação do solo, desta maneira há um aumento da degradação do meio ambiente e da vulnerabilidade urbana, que resultou na diminuição gradativa dos ecossistemas naturais e um crescimento significativo dos problemas ambientais (SETO et al., 2011; BUCCOLIERI et al., 2022). Aqui abordamos um estudo de caso na cidade de Porto Alegre/ RS- Brasil para analisar os índices de vegetação por diferença normalizada (NDVI) e verificar se há relação com a densidade demográfica nos bairros da cidade. Através do tratamento de imagens do satélite CBERS-04A, os resultados mostraram que a cidade de Porto Alegre possui um nível de arborização geral adequado. Porém, quando se leva em conta os índices de vegetação dos 10 bairros mais populosos, essas áreas urbanas apresentam níveis muito inferiores, revelando uma superfície com uma cobertura de vegetação escassa. Além disso, os resultados também permitem comprovar que não existe uma relação direta entre o índice demográfico do bairro e seu Índice de Vegetação por Diferença Normalizada.

PALAVRAS-CHAVE: Porto Alegre, Sensoriamento Remoto, NDVI.

ABSTRACT

Urban Growth, particularly in large cities, reinforces the need for discussions that seek to recover the fundamental environmental quality for the well-being of the population. The implementation of green areas through government actions in urban spaces has been paramount, aiming to alleviate the impacts on the social environment, health and ecosystem of the city as a whole, resulting from the advancement of gray infrastructure (HERZOG; ROSA, 2010). The continuous densification of inhabitants in cities promotes changes in land use and occupation, in this way there is an increase in environmental degradation and urban vulnerability, which resulted in the gradual decrease of natural ecosystems and a significant growth of environmental problems (SETO et al. ., 2011; BUCCOLIERI et al., 2022). Here we approach a case study in the city of Porto Alegre/RS- Brazil to analyze the vegetation indices by normalized difference (NDVI) and verify if there is a relationship with the demographic density in the city's neighborhoods. Through the treatment of images from the CBERS-04A satellite, the results showed that the city of Porto Alegre has an adequate general afforestation level. However, when taking into account the vegetation indices of the 10 most populous neighborhoods, these urban areas present much lower levels, revealing a surface with a sparse vegetation cover. In addition, the results also show that there is no direct relationship between the demographic index of the neighborhood and its Vegetation Index by Normalized Difference.

PALAVRAS-CHAVE: Porto Alegre, Remote sensing, NDVI.

RESUMEN

El Crecimiento Urbano, particularmente en las grandes ciudades, refuerza la necesidad de discusiones que busquen recuperar la calidad ambiental fundamental para el bienestar de la población. La implementación de áreas verdes a través de acciones de gobierno en los espacios urbanos ha sido primordial, con el objetivo de paliar los impactos en el entorno social, la salud y el ecosistema de la ciudad en su conjunto, derivados del avance de la infraestructura gris (HERZOG; ROSA, 2010). La continua densificación de habitantes en las ciudades promueve cambios en el uso y ocupación del suelo, de esta forma se incrementa la degradación ambiental y la vulnerabilidad urbana, lo que se tradujo en la disminución paulatina de los ecosistemas naturales y un crecimiento significativo de los problemas ambientales (SETO et al. ., 2011; BUCCOLIERI et al., 2022). Aquí abordamos un estudio de caso en la ciudad de Porto Alegre/RS- Brasil para analizar los índices de vegetación por diferencia normalizada (NDVI) y verificar si existe una relación con la densidad demográfica en los barrios de la ciudad. A través del tratamiento de imágenes del satélite CBERS-04A, los resultados mostraron que la ciudad de Porto Alegre tiene un nivel general de forestación adecuado. Sin embargo, al tomar en cuenta los índices de vegetación de los 10 barrios más poblados, estas áreas urbanas presentan niveles mucho más bajos, revelando una superficie con escasa cobertura vegetal. Además, los resultados también muestran que no existe una relación directa entre el índice demográfico del barrio y su Índice de Vegetación por Diferencia Normalizada.

PALAVRAS-CHAVE: Porto Alegre, Detección remota, NDVI.

1 INTRODUÇÃO

O Crescimento Urbano, em particular nas grandes cidades, reforça a necessidade de discussões que buscam recuperar a qualidade ambiental fundamental ao bem-estar da população. Todos têm o direito ao meio ambiente equilibrado, é fundamental para a qualidade de vida, cabendo ao Poder Público e à sociedade o dever de defendê-lo e preservá-lo (art. 236 da Lei Orgânica de Porto Alegre). É de competência do poder público a elaboração de ferramentas para a melhoria do meio ambiente para todos abrangendo o planejamento, regulação e a implementação de áreas verdes (HERCULANO, 2002). No entanto, essas ações podem ser auxiliadas pela população que podem aumentar as possibilidades de tornar o meio ambiente das cidades equilibrado (ALONSO et al, 2007).

A implementação de áreas verdes através de ações do poder público nos espaços urbanos vem sendo primordial, visando aliviar os impactos no ambiente social, saúde e ecossistema da cidade como um todo, resultantes do avanço da infraestrutura cinza (HERZOG; ROSA, 2010).

As áreas verdes nos centros urbanos trazem benefícios ambientais, sociais e estéticos, através de serviços ecossistêmicos, como: manutenção da biodiversidade, conservação do solo, sequestro de carbono, controle de temperatura, filtro de poluição ambiental, absorção de ruídos, entre outros. Desta maneira proporcionando uma melhora na qualidade de vida para os cidadãos (LOBODA; De ANGLEIS, 2005; ALMEIDA, 2012; BUCKERIDGE, 2015).

Segundo Mullenbach (2022), as ações do poder público devem ser cuidadosamente analisadas, a fim de maximizar os benefícios das áreas verdes de forma a minimizar as problemáticas urbana.

A maior oferta de empregos e renda, levaram ao crescimento e expansão das cidades em todo o mundo, tornando-as cada vez mais verticalizadas e densificadas (HAASE; BONTJE; COUCH; MARCINCZAK; RINK; RUMPEL; WOLFF, 2021). Atualmente 55% da população mundial vive no ambiente urbano (UN, 2018). A densificação contínua de habitantes nas cidades promove mudanças no uso e ocupação do solo, desta maneira há um aumento da degradação do meio ambiente e da vulnerabilidade urbana, que resultou na diminuição gradativa dos ecossistemas naturais e um crescimento significativo dos problemas ambientais (SETO et al., 2011; BUCCOLIERI et al., 2022). Segundo Roth (2007), essas mudanças podem ser entendidas como Ilhas de Calor Urbana, esse fenômeno ocorre em quase todas as áreas urbanas, variando de intensidade de acordo com o tamanho, morfologia e o clima predominante nessas áreas. Tradicionalmente é descrita como a diferença entre a temperatura do ar medida a uma altura do solo de 1 e 2 metros, em diferentes estações meteorológicas localizadas.

De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010), Porto Alegre é a 12ª maior cidade do Brasil e a maior cidade do estado do Rio Grande do Sul, enfrentando vulnerabilidade e mudanças climáticas, em grande parte resultante dos problemas ambientais urbanos proveniente da urbanização acelerada, do desenvolvimento espacial e populacional, sob as custas do ambiente natural.

As transições de paisagem natural e áreas verdes se dão com a substituição destas pelos equipamentos urbanos e superfícies impermeáveis, em consequência da ampliação e do crescimento da malha urbana, aumentam a diferença de temperatura entre áreas urbanas e não urbanizadas vizinhas, no qual resultam em notáveis mudanças no clima local (CIGNA; TAPETE, 2022), que são significativamente mais quentes do que suas áreas rurais, devido à cobertura

artificial do solo.

De acordo com o METSUL (2022), no caso de Porto Alegre, nos últimos 100 anos, a cidade ficou mais chuvosa e mais quente. Os padrões de precipitação média anual sofreram impacto da urbanização, tendo um aumento mais significativo no período de 1991- 2020, no qual a média anual de chuva se elevou para 13,52%. Em relação a temperatura, o aumento da média anual foi de 2% no período de 1931 a 2020. Porém, os últimos três dias mais quentes da cidade na estação de verão ocorreram todos nos últimos dez anos.

Em áreas com influência de espaços verdes, a temperatura varia de acordo com a densidade da vegetação, suas características morfológicas de folhas e copa, em virtude do processo fisiológico de evapotranspiração das árvores, o qual é responsável pelo condicionamento da temperatura da superfície terrestre, sendo considerado elemento natural termorregulador. Além disso, também influencia diversos fatores ambientais, como a regulação da umidade, temperaturas do solo e do ar, poluição atmosférica e ventilação (GIVONI, 1998; HOUGH, 1998; LOMBARDO et al., 2012; NOWAK, 1994; ULRICH et al., 1991; WONG; CHEN, 2009).

Como agente natural na redução da poluição do ar, a vegetação atua por meio da retirada e filtragem de partículas de aerossóis que se acumulam nas superfícies das folhas e posteriormente são carregadas pela água das chuvas. Além disso, a vegetação gera um impacto nos níveis de oxigênio, dióxido de carbono, dióxido de nitrogênio e dióxido de enxofre através das trocas gasosas. Desta maneira, o uso do Índice de Vegetação Normalizada (*Normalized Difference Index –NDVI*) promove a caracterização da vegetação da área em estudo com relação a densidade vegetal, apresentando uma direta relação com a medição da evapotranspiração e consequentemente com a variação da temperatura na área de análise.

A recuperação do ecossistema urbano representa uma medida eficiente para reverter os processos de degradação ambiental resultantes da urbanização (SILVA et al., 2019). A ampliação dos serviços ecossistêmicos das florestas nas cidades podem ser obtida através da restauração desses processos e da alta biodiversidade, tornando-as em florestas funcionais (BENAYAS et al., 2009; MACE et al., 2021). Estas podem ser generalistas ao desempenhar dois ou mais serviços ecossistêmicos ligados a necessidade regional (NIJNKI et al., 2010), alterando de acordo com a configuração das espécies.

Segundo a Secretaria Municipal de Meio Ambiente (SMAM, 2022) de Porto Alegre, a cidade encontra-se exatamente na zona de transição entre o bioma pampa e o bioma mata atlântica, sendo uma das capitais mais arborizadas do país com aproximadamente 1 milhão de árvores em vias públicas e cerca de 15m² de área verde por habitante. Na zona urbana do município, encontra-se aproximadamente 173 espécies arbóreas, das quais por volta de 15% foram plantadas pela população através de iniciativas particulares e o restante proveniente de plantio executado pela Prefeitura. Foi durante a década de 40 que a arborização das vias públicas da cidade tomou uma escala mais efetiva, e atualmente muitas são tombadas como Patrimônio Natural, como as tipuanas e os jacarandás presentes no bairro Moinho de Vento (SANCHOTENE, 1990).

De acordo com Buckeridge (2015), as florestas urbanas podem servir como soluções para os desafios ambientais enfrentados pelas cidades, através da combinação de grupos de espécies com o intuito de otimizar os seus serviços ecossistêmicos.

O benefício no conforto provocado por uma árvore geralmente se restringe ao local sob sua influência direta, no entanto conforme as árvores e as áreas verdes se distribuem ao

longo da superfície, esse conforto cresce e ganha significância espacial (OKE, 1989). Mesmo em regiões arborizadas, a variação de temperatura depende das características destas áreas verdes e de seus indivíduos arbóreos que as constituem, como a densidade da vegetação, a capacidade de fotossíntese e evapotranspiração que transformam o calor sensível em calor latente, além de suas características morfológicas de folhas e copa (ABREU – HARBICH et al., 2015; RAHMAN et al., 2017)

Além do potencial para influenciar as condições climáticas nas áreas sob a influência de florestas urbanas, as áreas verdes urbanas também auxiliam na retenção da poluição do ar. Em regiões arborizadas, quando comparadas com áreas com pouca ou nenhuma arborização, a capacidade das árvores de filtrar o ar pode corresponder em uma redução de 41% da quantidade de metais presentes no ar (MOREIRA et al., 2018).

Os serviços ecossistêmicos desempenhados pelas florestas urbanas também podem afetar diretamente a qualidade de vida dos habitantes das áreas próximas ao proporcionar um ambiente de interação social, dessa maneira, favorecendo a percepção de bem-estar.

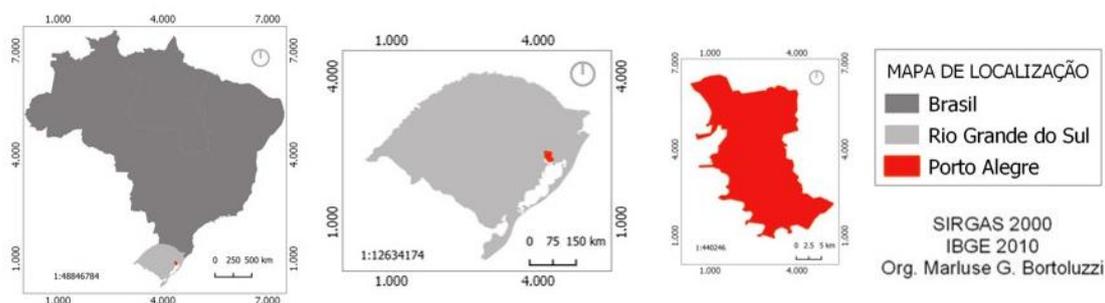
Portanto, o presente estudo tem como objetivo analisar e comparar os bairros mais populosos de Porto Alegre, a fim de determinar a relação entre os níveis de vegetação normalizada (NDVI) e a densidade populacional.

2 METODOLOGIA

2.1 Área de estudo

O recorte espacial a ser analisado será a cidade de Porto Alegre/ RS, Brasil. A cidade de Porto Alegre está localizada ao Sul do Brasil, capital do estado do Rio Grande do Sul, foi fundada em 1772. Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a cidade possui área territorial de 495,390 km², população estimada em 2021 de 1.492,530 pessoas e, de acordo com o último censo realizado no ano de 2010, densidade demográfica de 2.837,53 hab/km².

Figura 1: Mapa de localização da cidade de Porto Alegre no Rio Grande do Sul / Brasil.



Fonte: Próprio autor, elaborado a partir da base de dados do IBGE.

2.2 Imagem de satélite utilizada

Para a extração das informações espaciais de modo a obter o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada na cidade de Porto Alegre – RS, foram adquiridos dados de imagem orbital digital do satélite CBERS 04A, com data de passagem dia 22 de novembro de 2021, horário central 13h e 24min, e ID de imagem: CBERS4A_WPM20615120211122. Foram utilizadas as bandas 3 e 4, correspondentes às frequências do vermelho (R) e Infravermelho

(NIR). As imagens foram adquiridas no banco de dados do Catálogo de Imagens disponibilizado pela Divisão de Geração de Imagens do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE).

2.3 Processamento de dados

O processamento dos dados de imagem para a criação dos mapas e cálculo do NDVI foi realizado através do software QGIS, versão 3.10. Onde foi criada uma grade de pontos para o estudo do NDVI com uma distância de 100m entre os mesmos.

Para o processamento estatístico dos valores de NDVI obtidos para o município de Porto Alegre e para cada bairro estudado foi utilizado o software JASP versão 0.16.2.

2.4 Índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI)

Conforme Rouse et. al. (1973), o NDVI define valores de -1 a +1, normalizando a razão simples para esse intervalo de valores, no qual as áreas verdes aproximam-se do valor +1 e as áreas com solo sem vegetação aproximam-se de -1. O NDVI é obtido através da relação entre a refletividade observada nas frequências representadas pelo vermelho e infravermelho do espectro eletromagnético, sendo as bandas 3 e 4 do satélite CBERS 04A respectivamente.

Essas duas bandas espectrais foram escolhidas por serem mais sensíveis à absorção pela clorofila na vegetação e pela densidade da vegetação verde na superfície. O NDVI é calculado através da razão entre as intensidades medidas no vermelho (R) e no infravermelho próximo (NIR) das bandas espectrais, com a seguinte equação:

$$NDVI = \frac{(NIR - R)}{(NIR + R)}$$

Onde: NIR = Infravermelho próximo (0,75 – 0,90 μ m); e R = Vermelho (0,63 – 0,70 μ m).

Fazer a identificação na parte superior, precedida da palavra designativa (desenho, esquema, fluxograma, fotografia, gráfico, mapa, organograma, planta, quadro, retrato, figura, imagem, entre outros), seguida de seu número de ordem de ocorrência no texto, em algarismos arábicos, travessão e do respectivo título. Após a ilustração, na parte inferior, indicar a fonte consultada.

2.5 Densidade demográfica

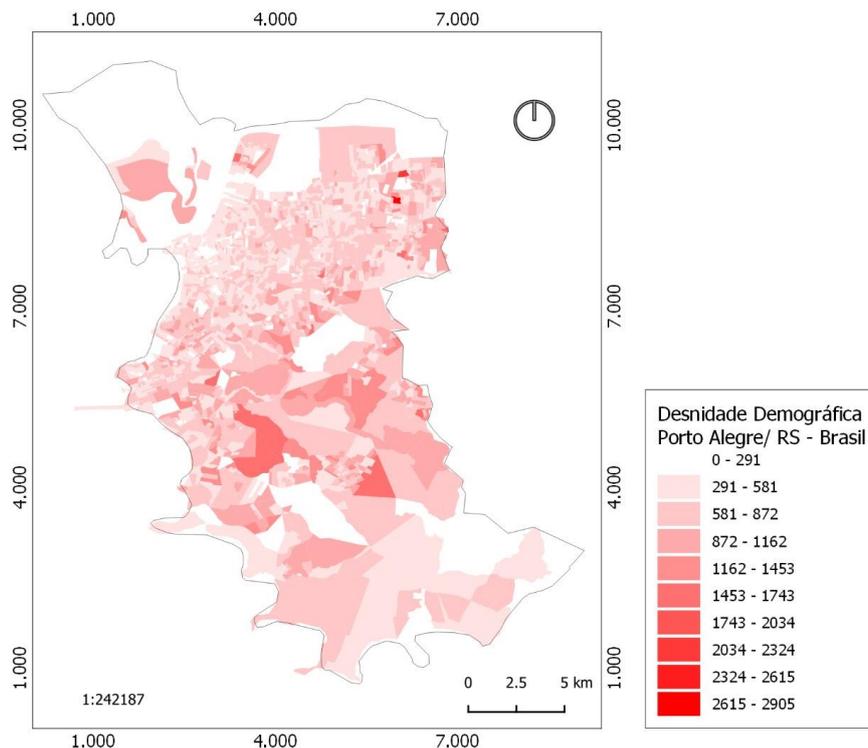
Para a definição da densidade demográfica da cidade e dos bairros, foram obtidos os dados do último censo realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) no município no ano de 2010, e informações disponibilizadas pela prefeitura municipal de Porto Alegre, visto que os bairros sofreram uma alteração no ano de 2016.

2 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após o processamento dos dados obtidos com o censo do IBGE no software QGIS, foi criado o mapa demográfico das regiões censitárias de Porto Alegre, apresentado na figura 2. Como essas regiões não representam os bairros do município, também foi criado um mapa

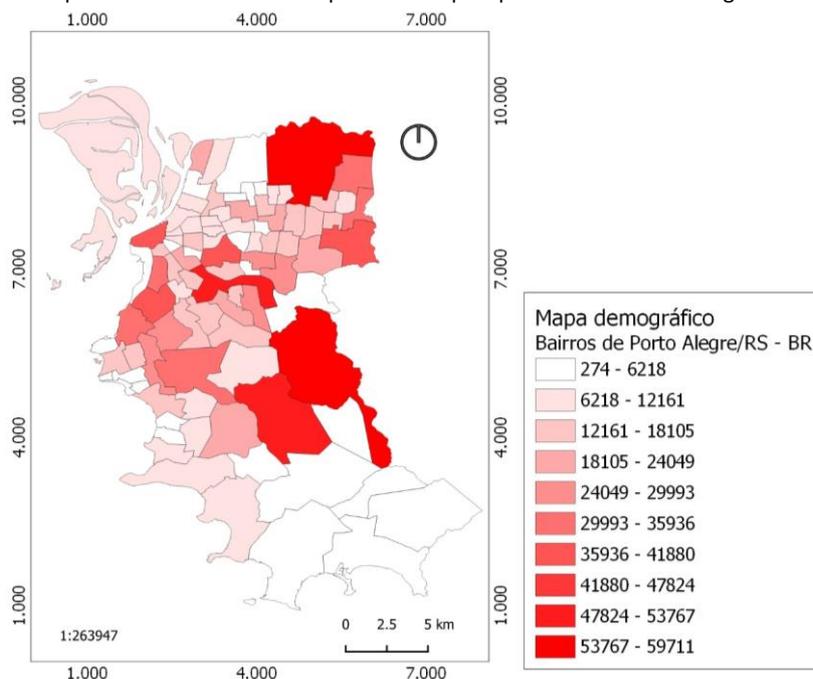
demográfico para os bairros utilizando as informações disponibilizadas pela prefeitura de Porto Alegre (figura 3).

Figura 2: Mapa demográfico pelas regiões censitárias da cidade de Porto Alegre no Rio Grande do Sul / Brasil.



Fonte: Próprio autor, elaborado a partir da base de dados do IBGE.

Figura 3: Mapa demográfico dos bairros da cidade de Porto Alegre no Rio Grande do Sul / Brasil. Fonte: Elaborado a partir da base de dados disponibilizada pela prefeitura de Porto Alegre.



Fonte: Próprio autor, elaborado a partir da base de dados disponibilizada pela prefeitura de Porto Alegre.

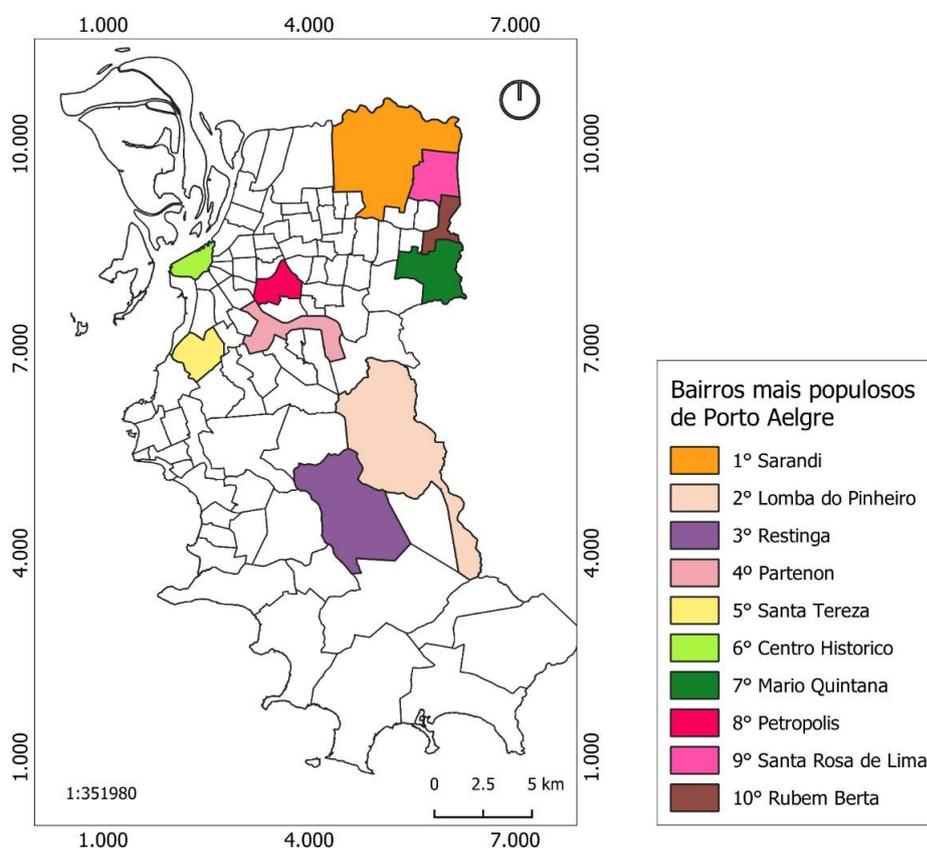
A análise dos mapas demográficos possibilitou determinar quais os bairros mais populosos de Porto Alegre, os quais estão apresentados na tabela a seguir e na figura 4.

Tabela 1: Bairros mais populosos de Porto Alegre.

POSIÇÃO	BAIRRO	POPULAÇÃO
1º	SARANDI	59.711
2º	LOMBA DO PINHEIRO	58.106
3º	RESTINGA	53.508
4º	PARTENON	48.160
5º	SANTA TERESA	39.577
6º	CENTRO HISTÓRICO	39.154
7º	MÁRIO QUINTANA	38.116
8º	PETRÓPOLIS	37.496
9º	SANTA ROSA DE LIMA	35.333
10º	RUBEM BERTA	33.168

Fonte: Próprio autor (2022).

Figura 4: Mapa dos bairros bairros mais populosos da cidade de Porto Alegre no Rio Grande do Sul / Brasil.

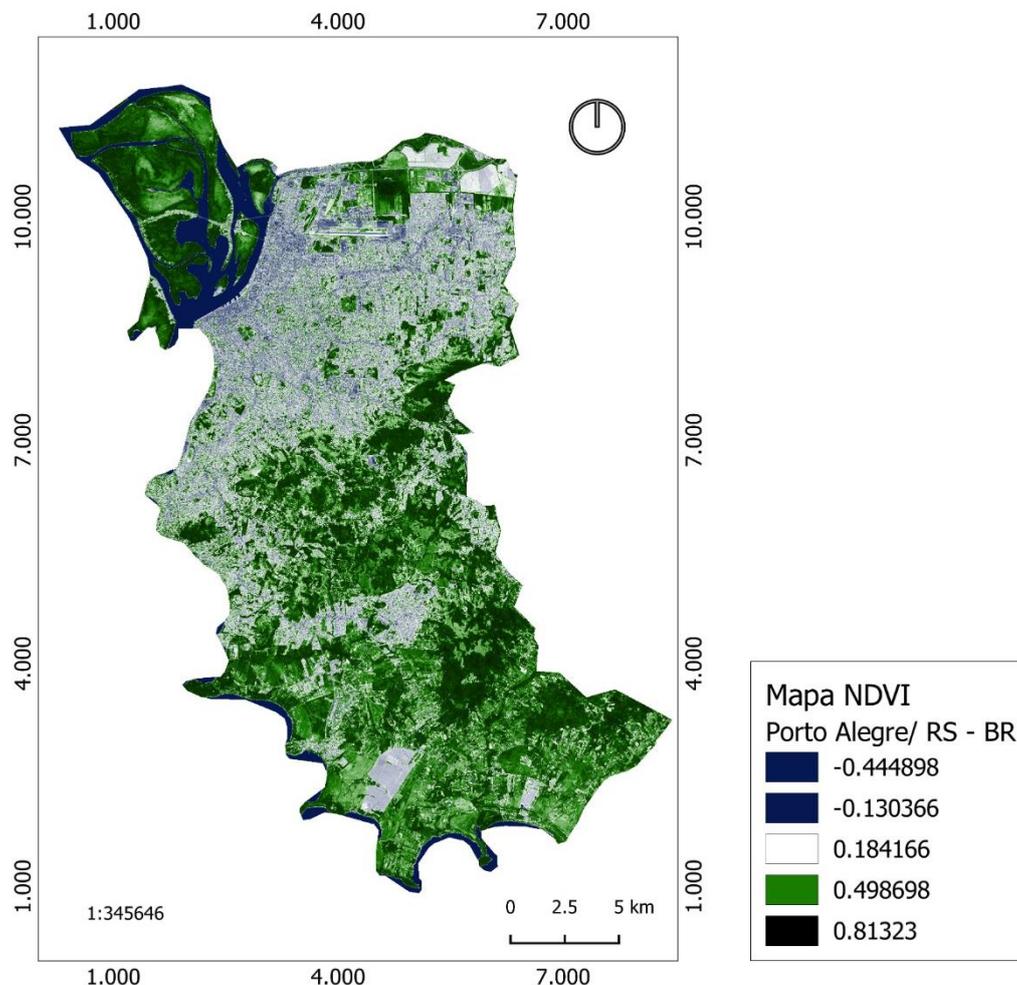


Fonte: Próprio autor, elaborado a partir da base de dados disponibilizada pela prefeitura de Porto Alegre.

Com base nos resultados obtidos para o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada, apresentado na figura 5. Foi observado que os valores mais próximos ao limite superior do intervalo entre -1 e +1 indicaram a presença de vegetação abundante, enquanto os baixos valores mais próximos do limite inferior indicaram a presença de áreas urbanas densamente populosas e com regiões de solo coberto por superfícies impermeáveis.

Liu e Ming (2000) indicam que valores para o NDVI acima de 0,6 estão correlacionados com um nível de vegetação mais pronunciado, e também associam os valores dentro do intervalo de 0,3 a 0,6 com uma cobertura de vegetação pouco densa.

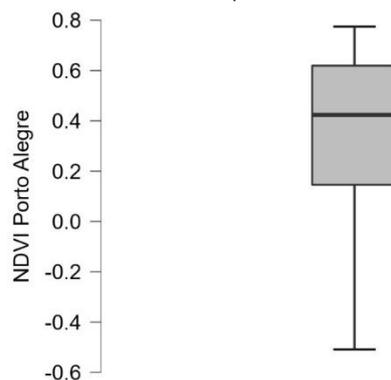
Figura 5: Mapa do índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) da cidade de Porto Alegre no Rio Grande do Sul / Brasil.



Fonte: Próprio autor, elaborado a partir do tratamento das imagens obtidas do satélite CBERS-04A.

A figura 6 apresenta os valores de NDVI obtidos para Porto Alegre. Com base nos levantamentos foi possível observar que a mediana se encontra próximo de 0,4, com os valores variando de -0,45 até 0,81.

Figura 6: Valores de NDVI obtidos para a cidade de Porto Alegre.



Fonte: Próprio autor (2022).

A tabela 2 apresenta os valores obtidos para o NDVI dos bairros analisados.

Tabela 2: Valores de NDVI obtidos para os bairros mais populosos de Porto Alegre/RS .

Valores do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada - NDVI

Bairro	Mediana	Máximo	Mínimo
Sarandi	0,282	0,760	-0,241
Lomba do Pinheiro	0,478	0,775	-0,166
Restinga	0,426	0,743	-0,173
Partenon	0,201	0,710	-0,152
Santa Tereza	0,297	0,753	-0,074
Centro Histórico	0,085	0,602	-0,253
Mário Quintana	0,315	0,731	-0,129
Petrópolis	0,216	0,751	-0,173
Santa Rosa de Lima	0,266	0,727	-0,153
Rubem Berta	0,210	0,694	-0,140

Fonte: Próprio autor (2022).

Levando em consideração os valores da mediana do NDVI para os bairros foi possível observar que 70% das regiões apresentaram um valor inferior a 0,3, sendo considerados extremamente pobres em vegetação e com a existência escassa de arborização.

Os bairros que apresentaram os piores resultados para os valores de NDVI foram o Centro Histórico e Partenon. Já os bairros com o maior nível de vegetação foram Lomba do Pinheiro e Restinga, porém, os mesmos apresentam unidades de conservação em seus territórios.

3 CONCLUSÃO

Através do tratamento de imagens do satélite CBERS-04A, os resultados mostraram que a cidade de Porto Alegre possui um nível de arborização geral adequado. Porém, quando se leva em conta os índices de vegetação dos 10 bairros mais populosos, essas áreas urbanas apresentam níveis muito inferiores, revelando uma superfície com uma cobertura de vegetação escassa. Além disso, os resultados também permitem comprovar que não existe uma relação direta entre o índice demográfico do bairro e seu Índice de Vegetação por Diferença

Normalizada.

Dessa forma, acredita-se que outros pontos podem ser explorados em trabalhos futuros, como a influência das unidades de conservação nos valores de NDVI da cidade e o estudo da qualidade do ar nos bairros com os menores índices.

REFERÊNCIAS

- ABREU-HARBICH, L. V.; LABAKI, L. C.; MATZARAKIS, A. Effect of tree planting design and tree species on human thermal comfort in the tropics. **Landscape and Urban Planning**, v.138, p.99-109, 2015
- ALMEIDA, L. Economia Verde: a reiteração de ideias à espera de ações. **Estudos Avançados**, v.26, n.74, p.93-103, 2012.
- ALONSO, A.; COSTA, V.; MACIEL, D. Identidade e estratégia na formação do movimento ambientalista brasileiro. **Novos estudos CEBRAP**, v.79, p.151-67, 2007.
- ALONSO, A.; COSTA, V.; MACIEL, D. O processo de formação da rede de ativismo ambientalista no Brasil. In: **Anais do II Seminário Nacional Movimentos Sociais, Participação e Democracia**. s. l., 2007
- BENAYAS, J. M. R.; NEWTON A. C.; DIAZ A.; BULLOCK J. M. Enhancement of biodiversity and ecosystem services by ecological restoration: a meta-analysis. **Science**, v.325, n.5944, p.1121-4, 2009.
- BOENI, Bruna de Oliveira; SILVEIRA, Denise. DIAGNÓSTICO DA ARBORIZAÇÃO URBANA EM BAIROS DO MUNICÍPIO DE PORTO ALEGRE, RS, BRASIL. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, [S.L.], v. 6, n. 3, p. 189, 1 maio 2019. Universidade Federal do Parana. <http://dx.doi.org/10.5380/revsbau.v6i3.66482>.
- BUCKERIDGE, M. S. Árvores urbanas em São Paulo: planejamento, economia e água. **Estudos Avançados**, v.29, n.84, p.85-101, 2015
- BUCCOLIERI, Riccardo; CARLO, Oliver S.; RIVAS, Esther; SANTIAGO, Jose L.; SALIZZONI, Pietro; SIDDIQUI, M. Salman. Obstacles influence on existing urban canyon ventilation and air pollutant concentration: a review of potential measures. **Building And Environment**, [S.L.], v. 214, p. 108905, abr. 2022. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.buildenv.2022.108905>
- CIGNA, Francesca; TAPETE, Deodato. Urban growth and land subsidence: multi-decadal investigation using human settlement data and satellite insar in morelia, mexico. **Science Of The Total Environment**, [S.L.], v. 811, p. 152211, mar. 2022. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.152211>.
- GIVONI, B. Climate considerations in building and urban design. **New York: J. Wiley & Sons**, 1998.
- HAASE, Annegret; BONTJE, Marco; COUCH, Chris; MARCINCZAK, Szymon; RINK, Dieter; RUMPEL, Petr; WOLFF, Manuel. **Factors driving the regrowth of European cities and the role of local and contextual impacts: a contrasting analysis of regrowing and shrinking cities**. **Cities**, [S.L.], v. 108, p. 102942, jan. 2021. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cities.2020.102942>.
- HERCULANO, S. Riscos e Desigualdade Social: a temática da Justiça Ambiental e sua construção no Brasil. In: I ENCONTRO DA ANPPAS. Indaiatuba – SP, 2002.
- HERZOG, C.; ROSA, L. Infraestrutura Verde: Sustentabilidade e resiliência para a paisagem urbana. **Revista LabVerde**, v.1, p.92-115, 2010.
- HOUGH, M. Natureza y ciudad. Planificación Urbana y Procesos Ecológicos. **Barcelona: Gustavo Gili**, 1998.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Censo Brasileiro de 2010. Rio de Janeiro: IBGE, 2012. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE).
- MING, Tsay Chu; LIU, William Tse Horng. Estimativa de albedo, temperature e NDVI do Estado de São Paulo através de dados AVHRR do satélite NOAA. In: **Congresso Brasileiro de Meteorologia**, 11. 2000. Rio de Janeiro. **Anais...** Rio

de Janeiro: CBMET, 2000. Artigos, p. 3843-3849. CD-ROM, On-line. Disponível em: <http://www.cbmec.com/cbmec-files/>. Acesso em: 10 maio. 2022.

LOBODA, C.; DE ANGELIS, B. Áreas verdes públicas urbanas: Conceitos, Usos e funções. **Revista Ambiência**, v.1, p.125-39, 2005.

LOMBARDO, M. A. et al. O uso de geotecnologias na análise de Ilha de Calor, índice de vegetação e uso da terra. **Revista Geonorte**, v. 2, n. 5, p. 520-529, 2012.

MACE, G. M.; NORRIS, K.; FITTER, A. H. Biodiversity and ecosystem services: a multilayered relationship. **Trends in Ecology and Evolution**, v.27, p.19-26, 2012.

METSUL - METEOROLOGIA. METSUL. COMO O CLIMA DE PORTO ALEGRE SE TRANSFORMOU EM 100 ANOS . São Leopoldo - RS: METSUL, 2022. Disponível em: <https://metsul.com/como-o-clima-de-porto-alegre-se-transformou-em-100-anos/#>. Acesso em: 27 mai. 2022.

MOREIRA, T. C. L. et al. The use of tree barks to monitor traffic related air pollution: A case of study in São Paulo – Brazil. **Frontiers in Environmental Science**, v.6, p.1-12, 2018

MULLENBACH, Lauren E.. Critical discourse analysis of urban park and public space development. **Cities**, [S.L.], v. 120, p. 103458, jan. 2022. **Elsevier BV**. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cities.2021.103458>.

NIJNIK, M. et al. A study of stakeholders' perspectives on multifunctional forests in Europe. **Forests, Trees and Livelihoods**, v.19, n.4, p.341-58, 2010.

NOWAK, D. Understanding the structure of urban forests. **Journal of Forestry**, v. 92, n. 10, p. 42-46, 1994.

OKE, T. R. The micrometeorology of the urban forest. **Philosophical Transactions of the Royal Society of London B**, v.324, n.1223, p.335-49, 1989

RAHMAN, M. A. et al. Within canopy temperature differences and cooling ability of *Tilia cordata* trees grown in urban conditions. **Building and Environment**, v.114, p.118-28, 2017

ROTH, M. Review of urban climate research in (sub)tropical regions. **International Journal of Climatology**, N. 27, P. 1859-1873, 2007.

SANCHOTENE, M. C. C. Situação das Áreas Verdes e da Arborização Urbana em Porto Alegre. In: **1º Encontro Brasileiro Sobre Arborização Urbana. Contribuições técnicas científicas**. Curitiba, FUPEF, 1990. p. 35.

SILVA, Erica Moniz Ferreira da; BENDER, Fabiano; MONACO, Márcio Luiz da Silva de; SMITH, Ana Katherine; SILVA, Paola; BUCKERIDGE, Marcos Silveira; ELBL, Paula Maria; LOCOSSELLI, Giuliano Maselli. Um novo ecossistema: florestas urbanas construídas pelo estado e pelos ativistas. **Estudos Avançados**, [S.L.], v. 33, n. 97, p. 81-102, dez. 2019. **FapUNIFESP (SciELO)**. <http://dx.doi.org/10.1590/s0103-4014.2019.3397.005>.

SETO, K. C.; FRAGKIAS, M.; GÜNERALP, B. A meta-analysis of global urban land expansion. **Plos One**, v.6, p.e23777, 2011.

SMAM - SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE E DA SUSTENTABILIDADE. Prefeitura de Porto Alegre. Inventário das Árvores Imunes ao Corte de Porto Alegre. Porto Alegre: SMAM - Porto Alegre, 2020. Disponível em: https://www2.portoalegre.rs.gov.br/smam/default.php?p_secao=313. Acesso em: 15 mai. 2022.

ULRICH, R. S. et al. Stress Recovery During Exposure To Natural and Urban Environments. **Journal of Environmental Psychologi**, v. 11, p. 201-230, 1991.

UNITED NATIONS, Department of Economic and Social Affairs, **Population Division The World's Cities in 2018 – Data Booklet (ST/ESA/SER.A/417)**, 2018.

WONK, N. H.; CHEN, Y. Tropical Urban Heat Islands. Climate, buildings and greenery. **Abingdon**: Taylor and Francis, 2009.