

# TEMPERATURA SUPERFICIAL ESTIMADA POR SENSORIAMENTO REMOTO E ANÁLISE DE FREQUÊNCIA DE ILHAS DE FRESCOR E CALOR EM PORTO ALEGRE/RS

Gabriel Amoretti Franco<sup>1</sup>, Guilherme Garcia de Oliveira<sup>2</sup>, Eliseu José Weber<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Programa de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto (PPGSR), gabriel.amoretti.franco@gmail.com; <sup>2</sup>UFRGS-PPGSR, g.g.oliveira10@gmail.com; <sup>3</sup>UFRGS-PPGSR, eliseu.weber@ufrgs.

## RESUMO

Este estudo teve como objetivo analisar espacialmente a frequência da ocorrência de ilhas de calor e de frescor em Porto Alegre, RS, de 2013 a 2022, a partir da temperatura superficial estimada por satélite. Foi utilizada a plataforma Google Earth Engine (GEE) para extrair a temperatura superficial da série temporal do satélite Landsat 8. Para cada data de imagem, calculamos: i) o desvio de temperatura, subtraindo o valor do pixel pela média da área de análise; ii) a frequência de ocorrência de ilhas de frescor (desvios < -1,5°C) e de calor (> 1,5°C). Posteriormente foi realizada a análise da relação dos desvios com a distância de áreas verdes, obtendo-se coeficiente de correlação 0,698 para a frequência de ilhas de calor e 0,950 para a frequência de ilhas de frescor. Esse resultado confirma a importância de áreas verdes no espaço urbano, especialmente pela atenuação de temperatura.

**Palavras-chave** — GEE, Landsat, áreas verdes.

## ABSTRACT

*This study aimed to spatially analyze the frequency of occurrence of heat and coolness islands in Porto Alegre, RS, from 2013 to 2022, based on the surface temperature estimated by satellite. The Google Earth Engine (GEE) platform was used to extract the surface temperature from the Landsat 8 satellite time series. For each image date, we calculated: i) the temperature deviation, subtracting the pixel value by the average of the analysis area; ii) the frequency of occurrence of islands of freshness (deviations < -1.5°C) and of heat (> 1.5°C). Subsequently, the analysis of the relationship of the deviations with the distance from green areas was performed, obtaining a correlation coefficient of 0.698 for the frequency of heat islands and 0.950 for the frequency of islands of freshness. This result confirms the importance of green areas in urban space, especially for temperature attenuation.*

**Key words** — GEE, Landsat, Green Areas.

## 1. INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, a sociedade vem sofrendo as consequências da dinâmica de urbanização sem um adequado

planejamento, o que se intensificou no período pós-revolução industrial. Um problema associado à urbanização são as mudanças de cobertura intrínsecas ao processo, onde superfícies arborizadas e vegetadas são substituídas por materiais como asfalto e concreto [1].

Dentro do perímetro urbano existe um mosaico de microclimas sujeitos a diversas variáveis que influenciam as respostas térmicas dos alvos. É fundamental conhecer essa composição para interpretar a distribuição espacial da temperatura dentro de uma cidade. Um exemplo de como a cobertura em superfície muda o comportamento térmico de um local é a anomalia térmica microclimática denominada ilha de frescor, que se caracteriza por ser mais fresca, com potencial de amenizar a temperatura em seu entorno [2].

A partir de séries históricas do campo térmico podemos analisar como as diversas coberturas da superfície se expressam em diferentes circunstâncias. O objetivo deste estudo foi analisar espacialmente a frequência de ocorrência de ilhas de frescor e de calor no município de Porto Alegre/RS, de 2013 a 2022, a partir da temperatura superficial estimada por satélite. Adicionalmente, analisou-se a relação entre as áreas verdes e as ilhas de frescor e de calor.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

Porto Alegre (Figura 1), capital do RS, se caracteriza por ter um clima subtropical úmido sendo um clima Cfa na classificação Köppen-Geiger, apresentando estações bem definidas, porém sem ocorrência de estação seca, e temperatura média anual de 19,5 °C.

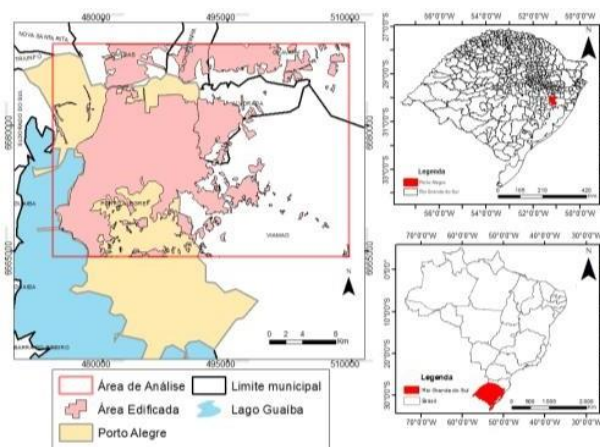


Figura 1. Mapa de localização de Porto Alegre/RS.

Os processos metodológicos de estimativa de Temperatura em superfície (LST), foram implementados na linguagem de programação Java script a partir do ambiente de edição de códigos Code Editor do Google Earth Engine. Levando em conta que os processamentos aconteceram na plataforma em nuvem, foi necessário importar os arquivos de entrada de armazenamento local, nesse caso o shapefile com o limite da área de análise (Figura 1). Esta, por sua vez, foi definida como um retângulo, abrangendo uma proporção aproximadamente igual de áreas urbanizadas e de áreas verdes, com base em análise visual de imagens de satélite. Os processos metodológicos desse subtítulo estão exemplificados na (Figura 2).

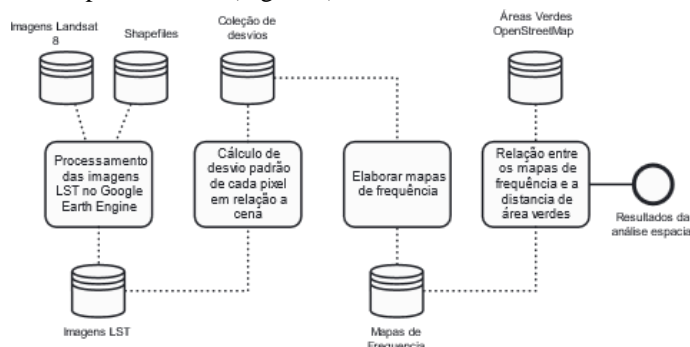


Figura 2. Fluxograma da pesquisa.

Em sequência, requisitamos à plataforma as bibliotecas de imagens do satélite Landsat 8. Após uma análise prévia foi estabelecido que as melhores imagens para esse trabalho são as localizadas na órbita 221, ponto 81. Posteriormente, requisitou-se as bandas do vermelho, infravermelho próximo e infravermelho termal, respectivamente as bandas 4 e 5 do sensor OLI, e 10 do sensor TIRS ambos do Landsat 8. Para a filtragem das imagens, um fator essencial foi a seleção do percentual de nuvem em superfície, pelo filtro Cloud Cover Land, estabelecido em 10%.

Após a seleção das imagens, o primeiro passo foi o cálculo do NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*). O NDVI é necessário para estimar a proporção de vegetação e posteriormente a emissividade da superfície terrestre (e). Essa estimativa é importante pois a emissividade representa a capacidade de emissão de energia por radiação do pixel [3].

Seguidamente foi realizado os processamentos nas bandas termais. As imagens sem nuvens, ainda representadas em níveis de cinza foram convertidas para valores de radiância espectral no topo da atmosfera (TOA). Após, foi convertido o produto anterior de radiância espectral ( $L\lambda$ ) no topo da atmosfera para temperatura de brilho do satélite (T). O último passo dessa etapa de processamentos foi a estimativa de temperatura da superfície, que usa tanto a temperatura de brilho (T), quanto a emissividade da superfície terrestre (e) [3].

A partir da temperatura em superfície, iniciou-se o processo final da construção da base de mapas que posteriormente foi utilizada na análise espacial seguinte. Os mapas foram construídos e exportados para o Google Drive por data da captação da imagem em formato .tiff, composto pela temperatura em superfície, pixel a pixel, recortada pelo limite da área de análise.

Os arquivos exportados foram aplicados no software ArcGIS 10.5, por meio do módulo de construção de modelos (Model Builder). O primeiro passo dessa análise foi calcular a média da LST em cada uma das imagens de temperatura da área de estudo, neste processo, é necessário calcular o desvio da temperatura de cada pixel em relação a essa média, por meio da subtração do valor de temperatura de cada pixel pelo valor da média.

Por fim, foi calculada a frequência de desvios positivos e negativos de temperatura, considerando-se um limiar pré-definido. Para o limiar de frescor foi definido como desvio de temperatura do pixel igual ou menor que  $-1,5^{\circ}\text{C}$  em relação à média da imagem, e o limiar de calor como desvio de temperatura do pixel igual ou maior que  $1,5^{\circ}\text{C}$  em relação à média da imagem.

Com isso, foi calculada a frequência com que cada pixel superou os limiares. A partir dos desvios de temperatura e da frequência de ocorrência de valores acima ou abaixo de determinado limiar, é possível caracterizar o efeito de ilha de calor/frescor superficial, de modo a evidenciar quais áreas tendem a apresentar temperaturas de superfície menores (ilhas de frescor) ou mais maiores (ilhas de calor) em relação à ao seu entorno.

A distância da área verde ou parque mais próximo (função de distância euclidiana), foi calculada a partir de um arquivo vetorial de áreas verdes disponível para download na plataforma de mapeamento colaborativo Open Street Map. O passo seguinte da metodologia foi extrair dados para análise estatística do raster da distância euclidiana das áreas verdes e dos raster's de frequências. Para isso geramos uma série de pontos aleatórios dos quais foram captados os dados dos rasters em suas posições, nesse processo foi utilizado a ferramenta Create Random Points do Arcgis 10.5, utilizando o limite da área edificada de Porto Alegre fornecido pelo IBGE. Posteriormente inserindo os pontos na ferramenta Extract Multi Values to Points em conjunto com os rasters. A tabela resultante desse processo foi exportada para o software Excel onde os resultados foram analisados.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A vegetação dentro do campo térmico urbano tem o papel de melhorar as condições térmicas, servindo como um regulador de temperatura em nível microclimático, assim gerando um maior conforto térmico para a população, isso ocorre porque a evapotranspiração da cobertura vegetal converte parte da radiação solar incidente em calor latente, reduzindo a energia disponível para o aquecimento da superfície e,

consequentemente, reduzindo sua temperatura [4]. A partir dessas afirmações, considera-se que uma das principais análises que pode ser realizada a partir da LST se refere ao comportamento térmico de áreas verdes e sua influência na atenuação da temperatura em seu entorno.

O aprofundamento no conhecimento sobre clima urbano tem grande capacidade de contribuir para uma melhora na qualidade de vida e nas questões ambientais no espaço urbano. A vegetação dentro do campo térmico urbano tem o papel de atenuação das condições térmicas, servindo como um termostato em nível microclimático. Com isso gera um maior conforto térmico para a população, é evidente que a evapotranspiração das coberturas de verdes é um processo necessário para a redução de temperaturas em superfície [4]. Entender o campo térmico urbano e sua relação com a cobertura em superfície é essencial para se pensar uma cidade mais agradável para seus habitantes [5]. Compreendendo o papel das áreas verdes inseridas nos centros urbanos podemos repensar as políticas de ordenamento espacial na cidade, temos como exemplo a reconstrução de áreas verdes dentro da cidade ou a construção de parques arborizados [6].

Na (Figura 3) e (Figura 4) é possível observar a representação dos mapas de frequência de frescor e calor, respectivamente. Em uma análise visual preliminar fica evidente que temos a ocorrência de maiores frequências de ilhas de calor em toda a mancha urbana do município, porém em alguns locais onde temos áreas arborizadas na região central temos um aumento da frequência de pixels que atingiram o limiar de frescor. Isso também pode ser influenciado pelo Lago Guaíba, considerando que corpos d'água são um tipo de cobertura que atenua a temperatura superficial assim como as áreas vegetadas.

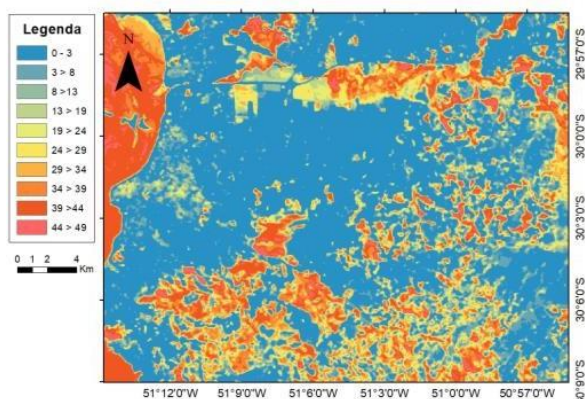


Figura 3. Mapa da frequência do limiar de frescor.

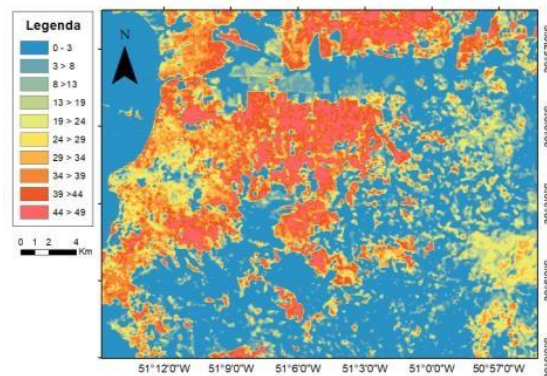


Figura 4. Mapa da frequência do limiar de calor.

O primeiro resultado estatístico é o índice de correlação entre a distância euclidiana do pixel até a área verde mais próxima e as frequências de calor e frescor. A correlação entre a distância e a frequência do desvio acima do limiar de calor foi de 0,698 seguindo a classificação de Pearson, portanto se enquadra no limite da correlação moderada muito próxima de uma correlação forte, enquanto a correlação linear de Pearson entre distância de áreas verdes e frequência de desvio abaixo do limiar de frescor foi de 0,950, sendo uma correlação classificada como muito forte demonstrando a relevância da proximidade do parque nas temperaturas mais baixas na área de análise.

Na (Figura 5) observa-se o gráfico de dispersão demonstrando essas variáveis, sendo o eixo X a distância e o eixo Y a frequência. No gráfico referente aos pixels de frescor temos nas maiores distâncias os pixels com baixas frequências de ocorrência de frescor, como esperado, conforme percorremos o eixo das frequências temos menos pixels com grandes distâncias indicando que a proximidade de áreas verdes se relaciona com a resposta térmica superficial dos alvos, já no gráfico dos pixels de calor temos uma maior dispersão dificultando a análise, isso decorre é consequência da menor correlação entre as variáveis.

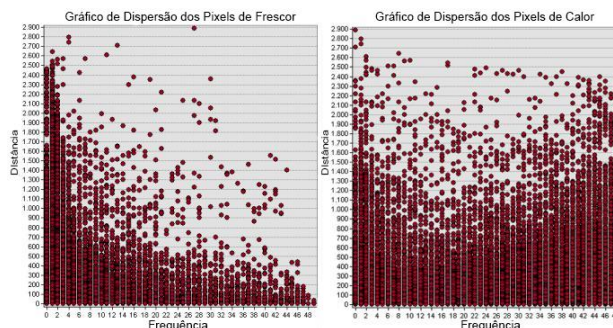


Figura 5. Gráfico de dispersão (Distância da área verde mais próxima X Frequência dos limiares de frescor e calor)

O gráfico da (Figura 6) expressa a contagem de pixels por classe dos mapas de frequência, indicando uma distribuição muito parecida nos mapas de frequência. A principal

diferença está na faixa de ocorrências de 41 a 43 no mapa de frequência de ilhas de frescor, em ambos os gráficos temos uma maior taxa de pixels que não atingem o limiar ou atingem poucas vezes, isso nos indica que os limiares escolhidos de  $-1,5\text{ }^{\circ}\text{C}$  e  $1,5\text{ }^{\circ}\text{C}$  de forma geral são consideravelmente restritivos, o que é uma boa informação tendo em vista que a intenção foi destacar as áreas que estão em situações mais extremas de frescor e calor

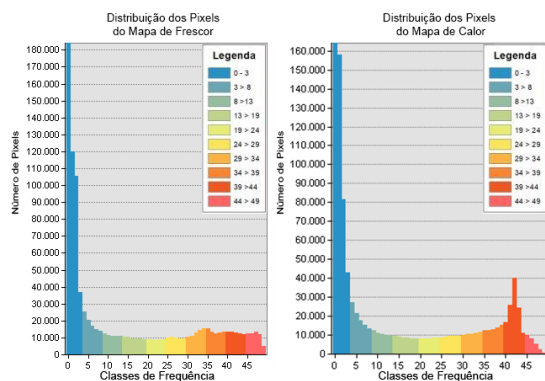


Figura 6. Gráfico de de frequência de acordo com as classes

#### 4. CONCLUSÕES

Ao relacionar a distância das áreas verdes e a frequência que um pixel é caracterizado como “ilha de frescor” ou “ilha de calor” é possível compreender em parte como se dá a espacialização do calor no município de Porto Alegre. Logo, este trabalho é apenas uma das várias análises das quais os mapas de frequência podem nos propiciar. A hipótese proposta é de que as áreas verdes inseridas no espaço urbano ou nas proximidades, colaboram na atenuação de temperatura no seu entorno.

Esse tipo de análise é importante para a compreensão do comportamento térmico do município de Porto Alegre ao longo do tempo. Os resultados podem servir de base para políticas públicas voltadas a uma nova forma de pensar a cidade no planejamento urbano, buscando amenizar as consequências das mudanças antrópicas que colocam em risco de saúde pública em diversas escalas.

#### 5. REFERÊNCIAS

[1] H. Akbari, S. Menon, and A. Rosenfeld. Global Cooling: Increasing World-Wide Urban Albedos To Offset Co<sub>2</sub>, *Climatic Change*, V. 94, P. 275-286, 2009.

[2] L. M. Zorzi. Estudo De Ilhas de Frescor Urbano em Porto Alegre, *Anais Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, 15 pp, 2017.

[3] J. J. Jesus, and I. D. Santana. Estimation Of Land Surface Temperature In Caatinga Area Using Landsat 8 Data, *Journal Of Hyperspectral Remote Sensing*, V. 7, N. 3, P. 150-157, 2017.

[4] M. J. Alcoforado, and H. Andrade. Global Warming And Urban Heat Island. In *Marzluff, Urban Ecology*, Springer, P.249- 262. 2008.

[5] L.F. Ferreira; S.T. Carrilho and P.C. Mendes Áreas verdes urbanas: uma contribuição aos estudos das ilhas de frescor. *Brazilian Geographical Journal: Geosciences and Humanities research medium*, Ituiutaba, v. 6, n. 2, p. 101-120, jul./dez. 2015.

[6] M. P. Barros, and C. R. Musis Uma Abordagem Sistemática Sobre As Implicações Entre A Fragmentação Das Áreas Verdes E O Ambiente Térmico Do Espaço Urbano, *Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental*, P.2013-2017. 2013.