



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA, INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

Incidência de Descargas Atmosféricas em Grandes Centros Urbanos do Estado de São Paulo

Vitor Hugo de Oliveira Carpinetti

Relatório de Iniciação Científica do
programa PIBIC, orientado pelo Dr. Kleber
Pinheiro Naccarato e co-orientado pela Dra.
Ana Paula Paes dos Santos.

INPE
São José dos Campos – SP
2021

RESUMO

Após a Revolução Industrial o mundo presenciou um grande crescimento de centros urbanos. Êxodo rural, crescimento acelerado e descontrolado são ações que fazem parte desse contexto. Com a formação de grandes centros urbanos surge o conceito de ilha de calor urbano, um efeito colateral desse crescimento. O presente estudo parte da hipótese de que o crescimento urbano traz como consequência o aumento dos eventos extremos de tempo e clima e desta forma podem influenciar na frequência de eventos de descargas atmosféricas. Para isso optou-se por observar as descargas atmosféricas nas três maiores regiões metropolitanas do estado de São Paulo no período de 2013 a 2019, bem como sua relação com a impermeabilização e temperatura de superfície, além de possíveis relações com a elevação do terreno. Os dados de descargas atmosféricas são provenientes da rede BrasilDat e de temperatura do solo da USGS. Através das análises preliminares foi possível observar um comportamento padrão na quantidade anual de descargas nesses centros urbanos, como a possível influência do relevo na ocorrência de descargas e o efeito do calor urbano.

Palavras-chave: descargas atmosféricas, centros urbanos, São Paulo.

SUMÁRIO

1. Introdução.....	6
2. Objetivos.....	8
3. Metodologia.....	8
3.1. Dados.....	9
4. Resultados Parciais e discussão.....	11
5. Conclusões Parciais.....	20
6. Cronograma de atividades.....	21
7. Bibliografia.....	22

LISTA DE FIGURAS

1 - Localização de São José dos Campos, Campinas e Região Metropolitana de São Paulo.....	8
2 - Fluxograma da metodologia utilizada.....	11
3 - Quantidade de descargas atmosféricas anuais nos municípios de Campinas, São José dos Campos e Região Metropolitana de São Paulo.....	12
4 - Quantidade de descargas atmosféricas anuais no município Campinas.....	12
5 - Quantidade de descargas atmosféricas anuais na Região Metropolitana de São Paulo.....	13
6 - Quantidade de descargas atmosféricas anuais no município de São José dos Campos.....	13
7 - a) Mapa de áreas impermeáveis na RMSP. b) Mapa da concentração de descargas atmosféricas na RMSP. c) Mapa de elevação na RMSP.....	14
8 - a) Mapa de áreas impermeáveis no município de São José dos Campos. b) Mapa da concentração de descargas atmosféricas no município de São José dos Campos. c) Mapa de elevação no município de São José dos Campos.....	16
9 - a) Mapa de áreas impermeáveis no município de Campinas. b) Mapa da concentração de descargas atmosféricas no município de Campinas. c) Mapa de elevação no município de Campinas.....	17
10 - a) Mapa de temperatura de superfície no ano de 2013 no município de Campinas. b) Mapa de temperatura de superfície no ano 2019 no município de Campinas. c) Distribuição de descargas atmosféricas no ano de 2013 no município de Campinas. d) Distribuição de descargas atmosféricas no ano de 2019 no município de Campinas.....	18
11 - a) Mapa de temperatura de superfície no ano de 2013 na RMSP. b) Mapa de temperatura de superfície no ano 2019 no município na RMSP. c) Distribuição de descargas atmosféricas no ano de 2013 na RMSP. d) Distribuição de descargas atmosféricas no ano de 2019 na RMSP.....	19

12 - a) Mapa de temperatura de superfície no ano de 2013 no município de São José dos Campos. b) Mapa de temperatura de superfície no ano 2019 no município de São José dos Campos. c) Distribuição de descargas atmosféricas no ano de 2013 no município de São José dos Campos. d) Distribuição de descargas atmosféricas no ano de 2019 no município de São José dos Campos..... 20

1 INTRODUÇÃO

Desastres naturais podem ser explicados de maneira simplista como o resultado de um impacto causado por um fenômeno natural extremo ou de intensidade elevada sobre um sistema social e que cause danos ou prejuízos a esse sistema, excedendo a capacidade dos afetados em conviver com tal impacto (TOBIN e MONTZ, 1997; UNDP, 2004). Dentre os desastres naturais, as tempestades, escorregamentos e inundações, ou seja, eventos associados a instabilidades atmosféricas, representaram 66% dos desastres naturais em escala mundial para o período de 1994 a 2003 (Marcelino, 2008).

Risco é a probabilidade de ocorrer consequências danosas ou perdas (mortos, feridos, edificações destruídas e danificadas etc.), como resultado de interações entre um perigo natural e as condições de vulnerabilidade local (UNDP, 2004)

O Brasil tem uma população de mais de 213 milhões de habitantes (IBGE,2021), onde desse número mais de 8 milhões vivem em zona de risco, de acordo com o Centro Nacional de Monitoramento e Alerda de Desastres Naturais (Cemaden) em uma pesquisa feita em 2010. De acordo com o estudo de Mapeamento de Risco nas Escalas Regional e Local, apresentado no seminário Estratégias para Redução de Riscos e Desastres e Eventos Geodinâmicos em dezembro de 2020, esse número chega a representar 26,35% das moradias da região metropolitana de São Paulo. No mesmo seminário, foram apresentados números de desastres naturais ocorridos no período de 1994 e 2018 totalizando 27.738 desastres naturais, 1.104 mortes e mais de 92 mil pessoas afetadas.

Há uma grande preocupação ao atrelar esse número com o número de densidade de descargas atmosféricas no Brasil, devido ao fato de o mesmo se destacar como uma das principais regiões com maior incidência de raios no mundo, com cerca de 77,8 milhões por ano (ELAT/INPE, 2019).

De acordo com a Defesa Civil a ocorrência de deslizamentos coincide com o período de chuvas intensas, pois a água contribui para aumentar o peso específico das camadas, reduzir o nível de coesão e o atrito responsáveis pela consistência do solo e lubrificar as superfícies de deslizamento. Tempestades severas frequentemente manifestam características elétricas e da precipitação anômalas, como altos valores de refletividade e taxas de raios totais, predomínio da polaridade positiva nos raios nuvem-solo (NS) e distribuições “invertidas” dos centros de cargas elétricas (BELTRAN e ALBRECHT, 2017). Não obstante disso, descargas atmosféricas causaram um total de 2194 mortes no período de 2000 a 2019 (ELAT/INPE, 2020).

O conceito de ilha de calor está relacionado às atividades humanas sobre a superfície e sua repercussão na troposfera inferior. A expansão da mancha urbana intensifica os fluxos intra-urbanos, além de incrementar a densidade da área construída (FIALHO, 2012). Muitos estudos têm mostrado que as áreas urbanas estão sujeitas a maiores ocorrências de tempestades severas, através da análise dos possíveis efeitos urbanos no incremento diário de chuva, foi verificado um aumento entre 19 e 39% no total (LUCENA *et al.*, 2010).

O interesse em estudar as descargas atmosféricas deve-se ao fato de que a maioria da população que vive em zona de risco, são da periferia de grandes centros urbanos onde a formação de ilhas de calor propicia um aumento no número de tempestades e conseqüentemente no risco dessa população. Estudos dessa natureza para este fenômeno são de grande relevância para a compreensão e monitoramento climático, podendo servir de embasamento científico, na tomada de decisões ambientais que minimizem os impactos causados nos desastres.

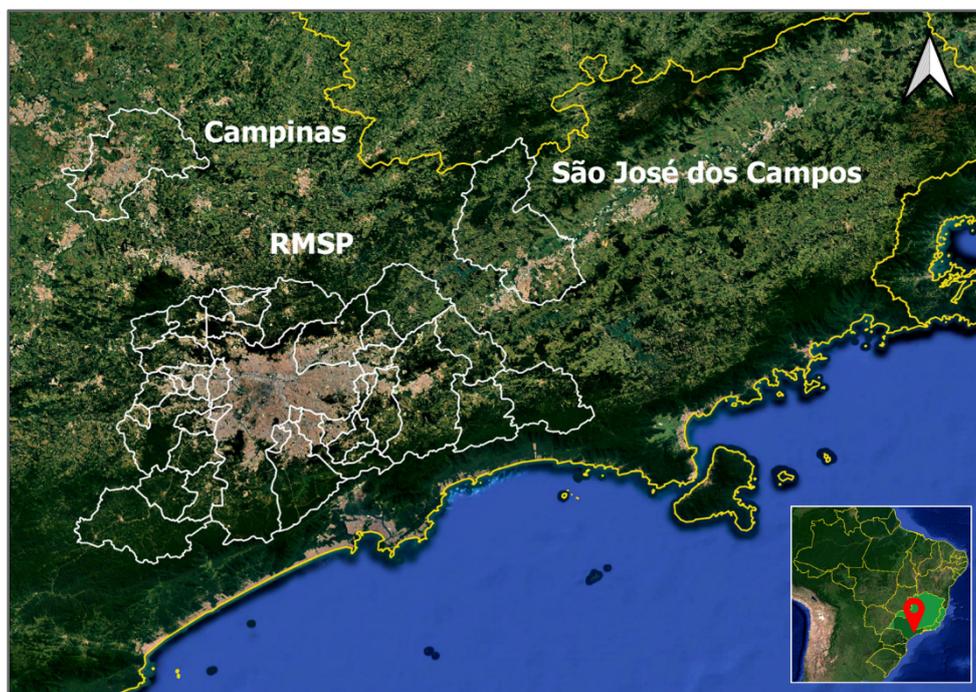
2. OBJETIVO GERAL

O objetivo deste trabalho é de analisar a variabilidade espaço-temporal das descargas atmosféricas e compreender a relação destas em grandes centros urbanos, sob a hipótese de que a urbanização tende a aumentar a frequência de eventos deste fenômeno. Os resultados visam contribuir com os estudos de eletricidade atmosférica e em sistemas de alerta, para que os impactos causados por este fenômeno natural sejam evitados e/ou minimizados.

3 METODOLOGIA

As regiões observadas neste estudo foram os municípios de Campinas, São José dos Campos e a região metropolitana de São Paulo. Todos os três estão localizados no estado de São Paulo e são os três municípios mais populosos do estado (IBGE, 2020) se considerarmos a região metropolitana de São Paulo como um município apenas.

Figura 1 – Localização de São José dos Campos, Campinas e Região Metropolitana de São Paulo.



Fonte: elaborada pelo autor

O município de Campinas localizado no interior do estado de São Paulo possui uma área de 795,35 quilômetros quadrados e uma área urbana de 338,9 quilômetros quadrados. O clima desse município é o de tropical de altitude (Cwa), com verão quente e úmido e inverno ameno e seco. Sua precipitação média anual é de 1380mm, com temperatura média de 22°C e com média anual de 72,1% de umidade relativa do ar (PDT, 2020).

O município de São José dos Campos possui uma área de 1099,409 quilômetros quadrados (IBGE, 2021) e uma área urbana de 258,255 quilômetros quadrados (EMBRAPA, 2015). O clima desse município é tropical de altitude (Cwa), com verão quente e úmido e inverno ameno e seco. Sua precipitação média anual é de 1329 mm, com temperatura média de 20.3°C e com média anual de 76,35% de umidade relativa do ar (Climate-Data, 2021).

A Grande São Paulo ou Região Metropolitana de São Paulo possui 7.946,48 quilômetros quadrados (SEADE, 2021) com uma área urbana de 2425,52 quilômetros quadrados (EMBRAPA, 2015). O clima da RMSP é tropical de altitude (Cwa), com verão quente e úmido e inverno ameno e seco. A precipitação média anual do município de São Paulo é de 1356 mm, com temperatura média de 19.5°C e com média anual de 80,16% de umidade relativa do ar (Climate-Data, 2021).

3.1 Dados

Para a análise do número de descargas atmosféricas foram utilizados dados provenientes da Rede Brasileira de Detecção de Descargas Atmosféricas (BrasilDAT). Esta Rede que foi criada em agosto de 2011 e operada pelo Grupo de Eletricidade Atmosférica (ELAT) do INPE dispõe de aproximadamente 70 sensores para a monitoramento e detecção de descargas atmosféricas dos tipos NS e IN, compondo a terceira maior rede de detecção de descargas do mundo e a maior da região tropical (ELAT/INPE, s.d.) para o período entre 2013 e 2019.

A rede detecta radiação entre 10 Hz e 10 MHz, utilizando sensores IMPACT e LPATS e em algumas áreas as descargas NS são detectadas com precisão de 500m através de onda LF e VHF (ELAT/INPE,s.d).

Com o auxílio dos softwares Excel, EmEditor e QGIS foi os dados foram processados e confeccionados mapas de concentrações de descargas atmosféricas nas regiões de estudo.

Para obtenção da temperatura de superfície foram utilizadas imagens do satélite Landsat 8, banda 10, do canal infravermelho termal/TIRS 1, com resolução espectral de 10,6 – 11,19 μm e resolução espacial de 100 metros, mas tratadas e disponibilizadas com pixel de 30 metros pela United States Geological Survey (USGS) datadas em 12/05/2013 e 04/10/2019.

Através da ferramenta “band math” do software Envi o tratamento do dado raster utilizou-se de parâmetros fixos de conversão de níveis de cinza presentes na imagem para a radiância, através da equação 1:

$$L_{\lambda} = M_L * b_{10} + A_L \quad (1)$$

Onde:

L_{λ} = radiância espectral do sensor de abertura em $\text{Watt/m}^2 \text{ sr } \mu\text{m}$)

M_L = fator multiplicativo de redimensionamento da banda 10 = 3,3420E-4

b_{10} = valor quantizado calibrado pelo pixel dem DN = Imagem banda 10

A_L = Fator de redimensionamento aditivo específico da banda 10 = 0,1000

Após obtido os valores de radiância, aplicou-se a equação 2 para a conversão desses valores em temperatura em graus Kelvin:

$$T = K2 / \ln(K1/L_{\lambda} + 1) \quad (2)$$

Onde:

T = temperatura efetiva no satélite em Kelvin (K)

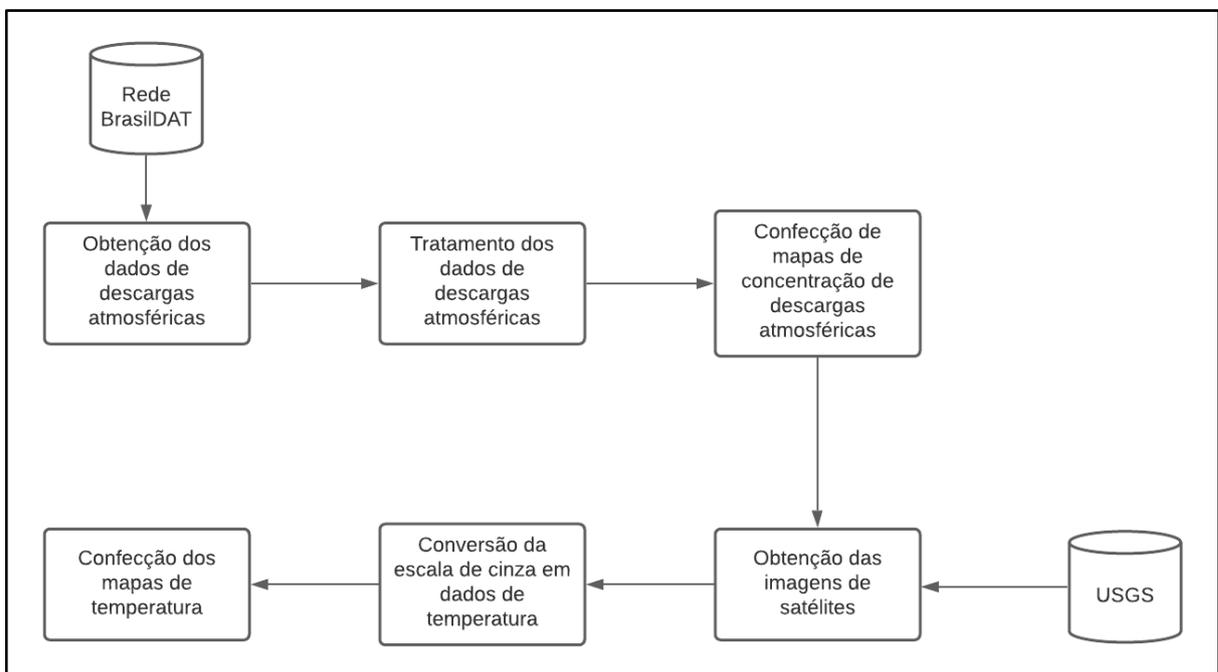
K_2 = constante de calibração 2 = 1321,0789 (K)

K_1 = constante de calibração 1 = 774,8853 (K)

L_λ = radiância espectral do sensor de abertura em Watt/m² sr μ m)

Obtidos os valores de temperatura em Kelvin, eles foram subtraídos de seu valor absoluto (273,15), gerando o raster de temperatura de superfície final em graus Celsius (°C) e exportando-o em “TIF” para o manuseio das informações obtidas no software QGis (COELHO e CORREA, 2013).

Figura 2 – Fluxograma da metodologia utilizada.



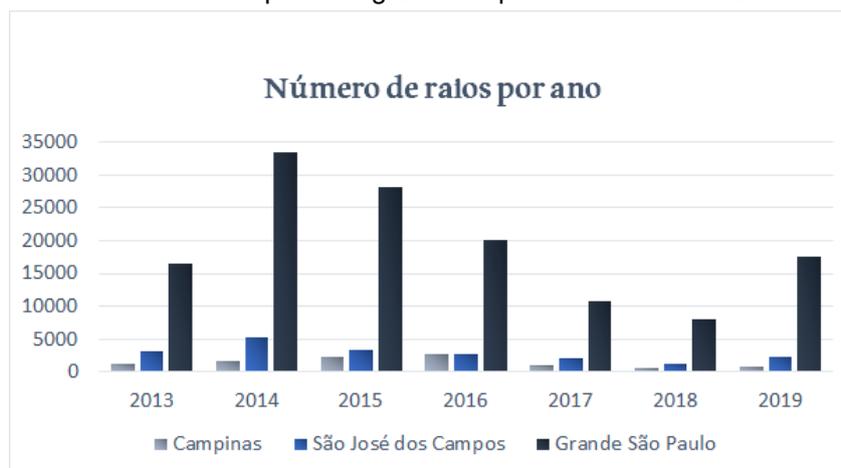
Fonte: elaborada pelo autor

4 RESULTADOS PARCIAIS E DISCUSSÃO

As Figuras 4, 5 e 6 apresentam a distribuição anual das descargas atmosféricas no período entre os anos de 2013 e 2019 no município de Campinas, RMSP e em São José dos Campos (SJC). Ao analisar esses dados, o primeiro fato a se destacar é a protuberância da ocorrência de raios na RMSP, quando comparado aos demais municípios em estudo. Outro fato a se destacar é que a variabilidade temporal entre a RMSP e SJC é semelhante, com máximos em 2014 até meados

de 2016, mínimos em 2017 e 2018 e depois ocorreu novamente um aumento da incidência, em 2019. Naccarato em seu estudo sobre características dos relâmpagos na região sudeste também atribuiu o pico a uma possível influência do fenômeno a La Niña, mas aponta que é necessário estender a série histórica para avaliar se tal periodicidade está ligada ao fenômeno.

Figura 3 – Quantidade de descargas atmosféricas anuais nos municípios de Campinas, São José dos Campos e Região Metropolitana de São Paulo.



Fonte: elaborada pelo autor

Figura 4 - Quantidade de descargas atmosféricas anuais no município Campinas.



Fonte: elaborada pelo autor

Figura 5 - Quantidade de descargas atmosféricas anuais na Região Metropolitana de São Paulo.



Fonte: elaborada pelo autor

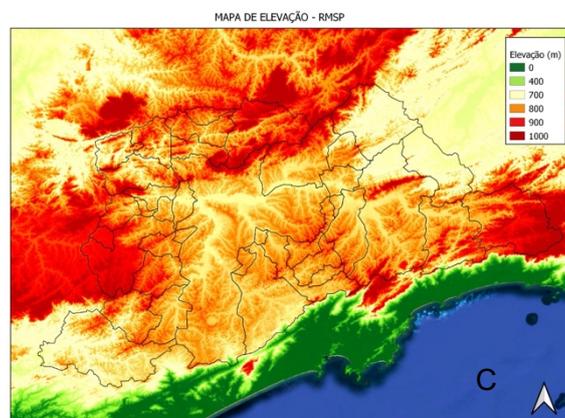
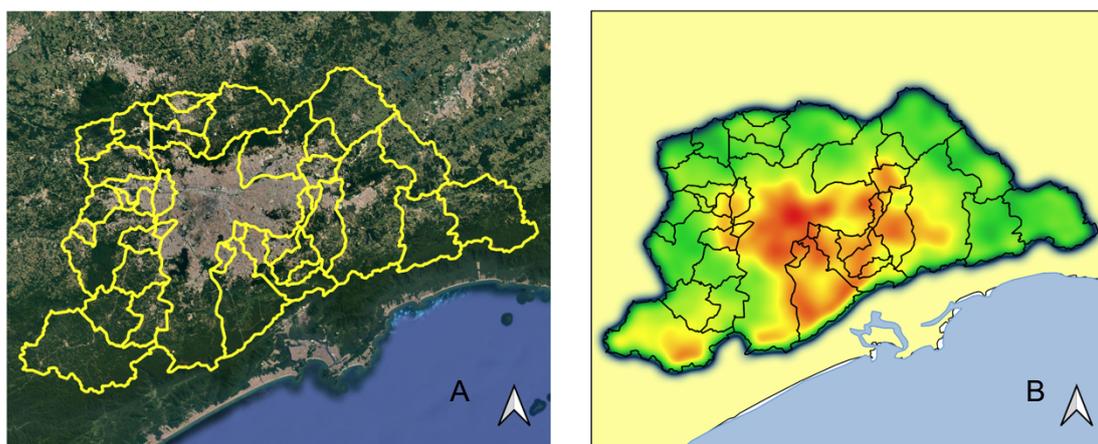
Figura 6 - Quantidade de descargas atmosféricas anuais no município de São José dos Campos.



Fonte: elaborada pelo autor

Na figura 7-b, pôde-se notar que a concentração de descargas atmosféricas ocorre ao centro da área de estudo, em uma área altamente impermeabilizada (figura 7-a).

Figura 7- a) Mapa de áreas impermeáveis na RMSP. b) Mapa da concentração de descargas atmosféricas na RMSP. c) Mapa de elevação na RMSP.



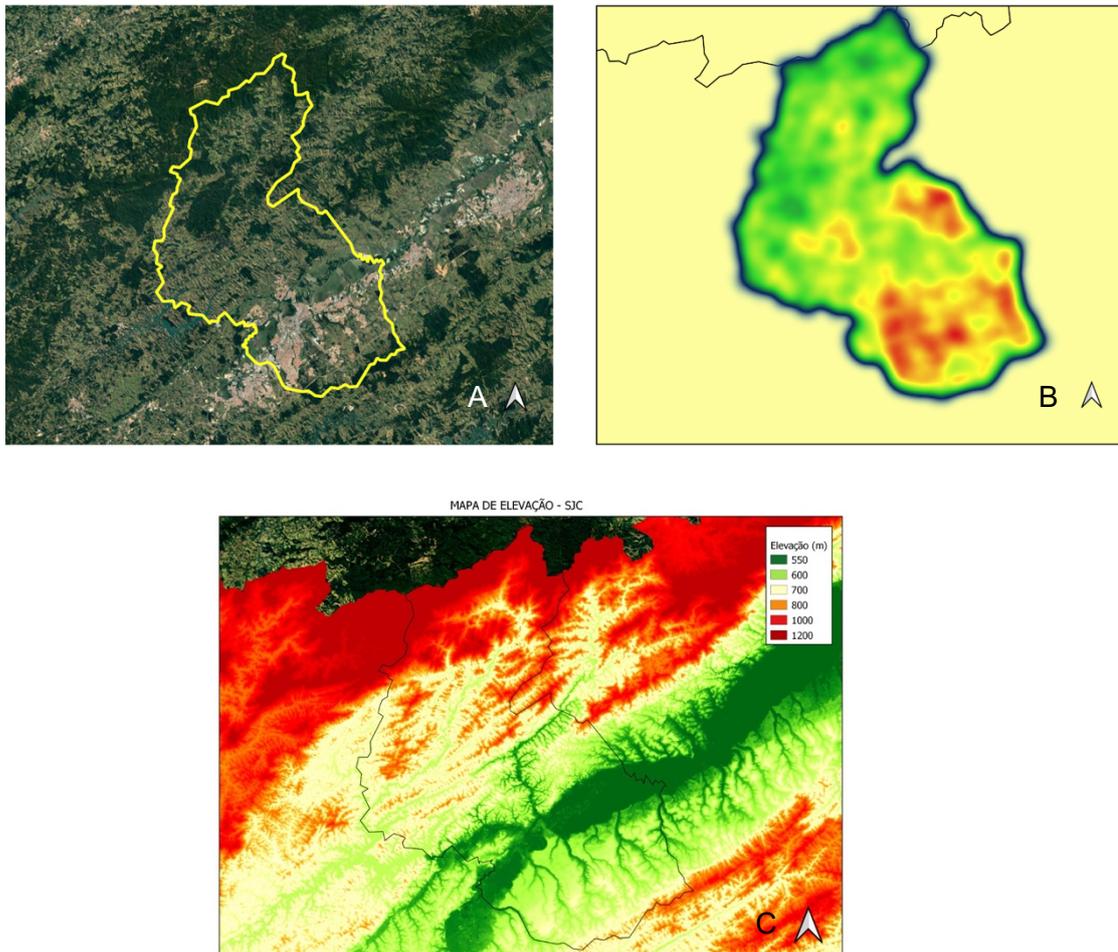
Fonte: elaborada pelo autor

Nota-se que a concentração de descargas está alinhada com as regiões onde encontra-se grande concentração de áreas impermeáveis. Na figura 7-a ainda pode-se notar que ao centro, onde a concentração de descargas atmosféricas é maior, a área é composta majoritariamente por grandes edifícios que atraem as descargas atmosféricas devido aos para-raios instalados em seus topos.

Outro fator de influência é o relevo, a região com maior concentração de descargas atmosféricas é limitada ao norte e oeste por áreas com topografia mais elevadas como observado na figura 7-c. Essas áreas atuam como barreiras naturais causando chuvas orográficas que ocorrem devido à influência do relevo, o ar que vai em direção desse relevo é forçado a subir e condensa-se devido a redução da temperatura adiabaticamente, esse efeito pode causar chuvas de maior intensidade e volume nas áreas de aumento de altitude (SELUCHI et al., 2011).

Em São José dos Campos, localizada no Vale do Paraíba, é possível notar que concentração das descargas está localizada em regiões mais baixas desse e que coincide com a área urbanizada (figura 8-c).

Figura 8- a) Mapa de áreas impermeáveis no município de São José dos Campos. b) Mapa da concentração de descargas atmosféricas no município de São José dos Campos. c) Mapa de elevação no município de São José dos Campos.



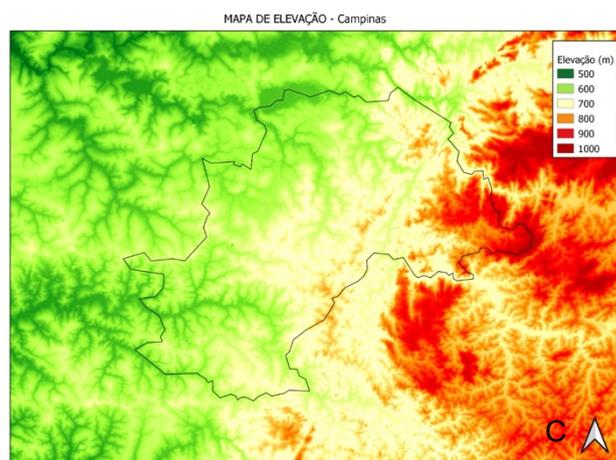
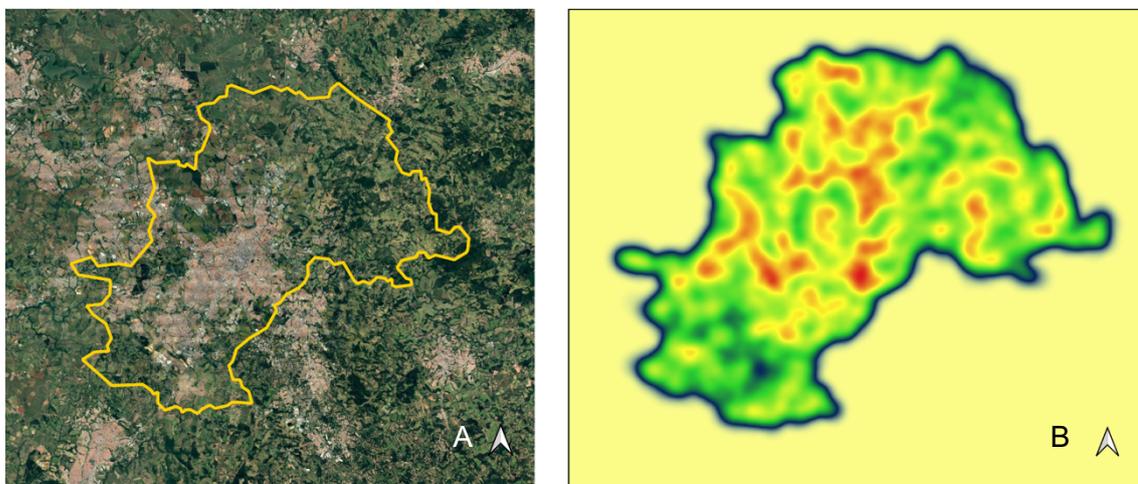
Fonte: elaborada pelo autor

Na figura 8-b é possível observar que há uma enorme congruência entre a concentração de descargas atmosféricas e a região urbana do município (figura 8-a). Essa região está localizada na porção mais baixa do município e, portanto, o efeito da orografia deveria ser menor.

Na região de Campinas não houve uma concentração clara de descargas atmosféricas (figura 9-b) e ao analisar os gráficos de quantidades de descargas anuais, a região apresenta uma periodicidade diferente de São José dos Campos e São Paulo, conforme observado no gráfico de variabilidade temporal.

Apesar de ser uma cidade com porte parecido com São José dos Campos e ter um relevo parecido com o da Região Metropolitana de São Paulo, os efeitos tanto da orografia quanto do calor urbano não foram observados com a mesma clareza.

Figura 9 - a) Mapa de áreas impermeáveis no município de Campinas. b) Mapa da concentração de descargas atmosféricas no município de Campinas. c) Mapa de elevação no município de Campinas.

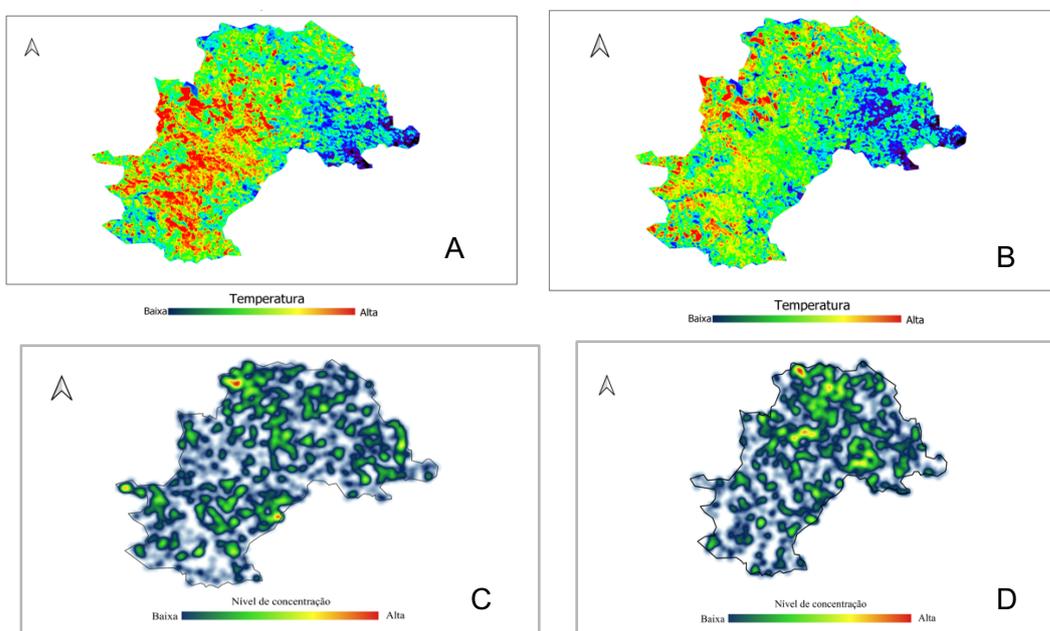


Fonte: elaborada pelo autor

Estudo de casos: relação entre as descargas e a temperatura da superfície.

Assim como na primeira parte do estudo, não se observa na região de Campinas, alguma correlação da temperatura da superfície (figuras 10-a e 10-b) com a distribuição espacial de descargas atmosféricas (figuras 10-c e 10-d).

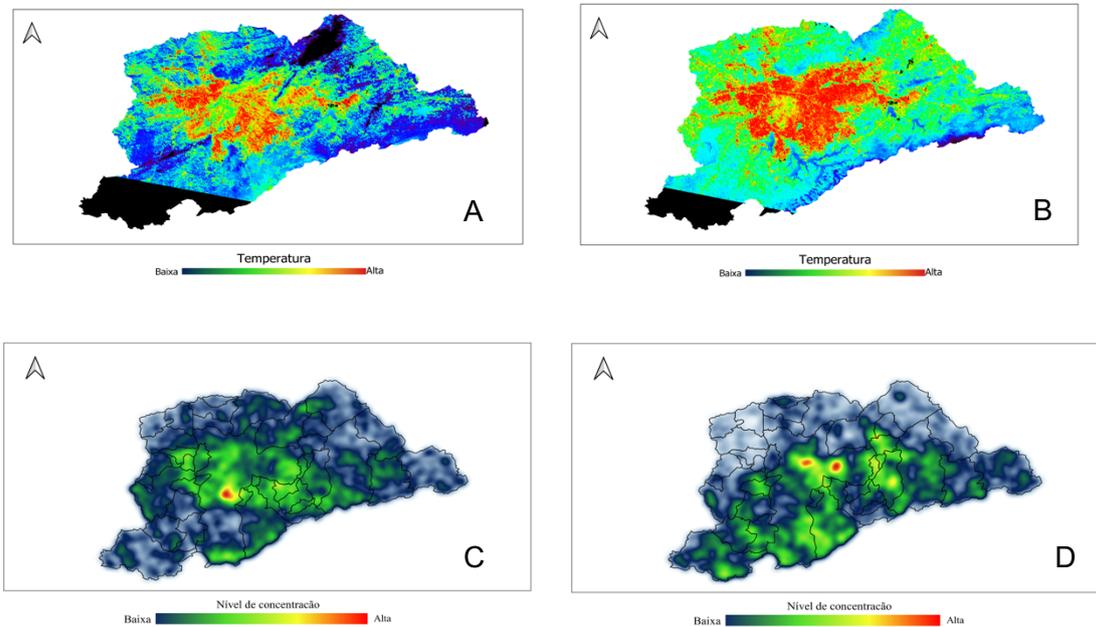
Figura 10 – a) Mapa de temperatura de superfície no ano de 2013 no município de Campinas. b) Mapa de temperatura de superfície no ano 2019 no município de Campinas. c) Distribuição de descargas atmosféricas no ano de 2013 no município de Campinas. d) Distribuição de descargas atmosféricas no ano de 2019 no município de Campinas.



Fonte: elaborada pelo autor

Na RMSP observa-se que ao compararmos a temperatura de superfície para os anos de 2013 e 2019 (figuras 11-a e 11-b respectivamente), ocorreu um aumento dessa temperatura. Com esse aumento o efeito da ilha de calor passa supostamente a se sobressair ao da orografia, pois no ano de 2013 tem-se descargas mais interiorizadas e mais próximas às barreiras naturais ao norte e oeste (figura 11-c). Porém no ano de 2019 as descargas estão mais concentradas no centro-sul da região (figura 11-d).

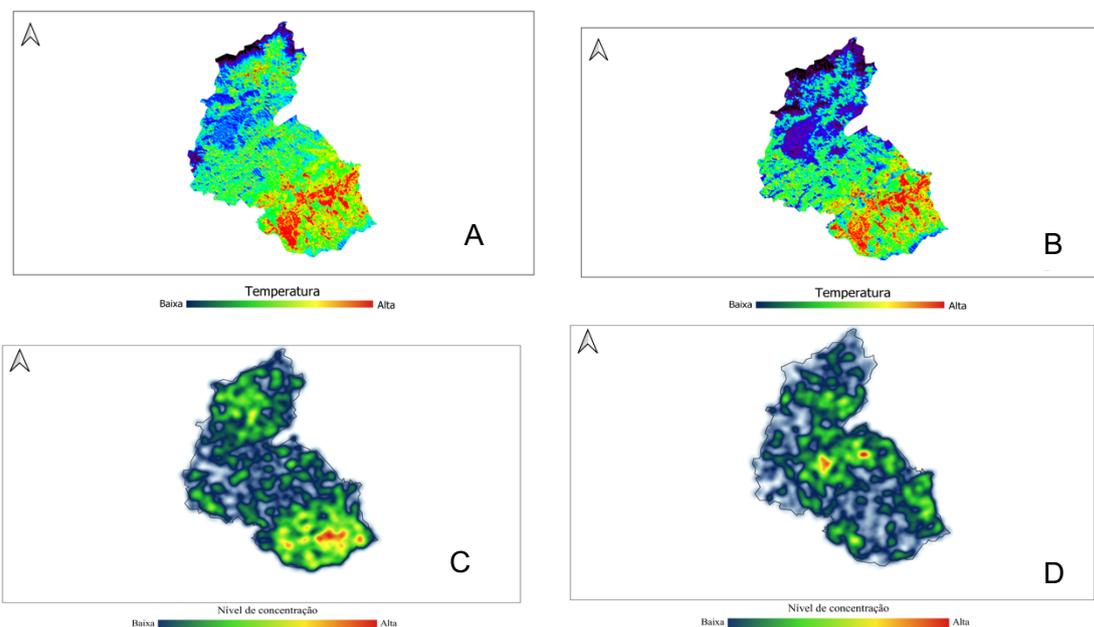
Figura 11 - a) Mapa de temperatura de superfície no ano de 2013 na RMSP. b) Mapa de temperatura de superfície no ano 2019 no município na RMSP. c) Distribuição de descargas atmosféricas no ano de 2013 na RMSP. d) Distribuição de descargas atmosféricas no ano de 2019 na RMSP.



Fonte: elaborada pelo autor

O mesmo evento é observado em São José dos Campos, porém com ciclo oposto. No ano 2013, ano mais quente da região (figura 12-a) as descargas estão concentradas na região urbana do município (figura 12-c). Quando a temperatura diminui em 2019 (figura 12-b) as descargas voltam ao seu lugar “natural”, ou seja, próximas às barreiras naturais onde há o efeito da orografia (figura 12-d).

Figura 12 - a) Mapa de temperatura de superfície no ano de 2013 no município de São José dos Campos. b) Mapa de temperatura de superfície no ano 2019 no município de São José dos Campos. c) Distribuição de descargas atmosféricas no ano de 2013 no município de São José dos Campos. d) Distribuição de descargas atmosféricas no ano de 2019 no município de São José dos Campos.



Fonte: elaborada pelo autor

5 CONCLUSÕES PARCIAIS

Conclui-se que há um alinhamento estreito entre onde as descargas atmosféricas ocorrem e o centros urbanos. É notório o efeito dos centros urbanos na concentração de descargas, mas conclui-se que não é algo contínuo e sim alternado com a temperatura do dia.

Os efeitos da orografia e das ilhas de calor alternam suas forças, em dias mais quentes os efeitos das ilhas de calor se sobressaem aos da orografia descolando as descargas das barreiras naturais. Porém em dias mais frios o efeito da orografia se sobressai ao das ilhas de calor, atraindo as descargas novamente para perto dessas barreiras.

Ao compararmos os ciclos de descargas anuais observados por Naccarato em seu estudo feito em 2006 e os ciclos de descargas anuais presentes nesse estudo há uma semelhança, indicando que esse comportamento pode ser algo periódico.

Para confirmar se as ilhas de calor não somente deslocaram as descargas atmosféricas, mas também aumentaram sua frequência, faz-se necessário um aumento do período de estudo. Para que os resultados fiquem ainda mais precisos, faz-se necessário

também um estudo mais aprofundado sobre a temperatura da superfície, visto que os mapas foram elaborados em dias específicos e diversos fatores podem ter influenciado no resultado.

6 PLANO DE TRABALHO E CRONOGRAMA DE ATIVIDADES

Atividades	1 tri	2 tri	3 tri	4 tri	5 tri	6 tri	7 tri	8 tri
Revisão da bibliográfica	x							
Obtenção e processamento de dados de descarga	x	x						
Obtenção e processamento de imagens de satélite		x						
Geração de mapas de elevação			x					
Elaboração do relatório parcial				x				
Participação no Seminário de Iniciação Científica do INPE								
Processamento de dados meteorológicos para RMSP								
Elaboração dos resultados finais								
Redação final do relatório de IC								
Elaboração e submissão de artigos para revista								

7 REFERÊNCIAS

- 1 AGÊNCIA BRASIL. Três em cada dez moradias da grande São Paulo estão em área de risco. 2020. Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2020-12/tres-em-cada-dez-moradias-da-grande-sao-paulo-estao-em-area-de-risco>. Acesso em 16 maio.2021.
- 2 BELTRAN RP, ALBRECHT RI. Características da precipitação e atividade elétrica de tempestades severas da região metropolitana de São Paulo. 2017
- 3 COELHO, A.L.N.; CORREA, W.S.C. Temperatura de superfície celsius do sensor Tirs/Landsat-8: Metodologia e Aplicações. Rev. Geogr. Acadêmica v.7, n.1, p 31-45, 2013.
- 4 DADOS CLIMÁTICOS PARA CIDADES MUNDIAIS. Clima da cidade de São José dos Campos. 2020. Disponível em: <https://pt.climate-data.org/americas-do-sul/brasil/sao-paulo/sao-jose-dos-campos-6151/>. Acesso em 02 maio.2021.
- 5 DADOS CLIMÁTICOS PARA CIDADES MUNDIAIS. Clima da cidade de São Paulo. 2020. Disponível em: <https://pt.climate-data.org/americas-do-sul/brasil/sao-paulo/sao-paulo-655/>. Acesso em 31 maio.2021.
- 6 DEFESA CIVIL DO GOVERNO DO MARANHÃO. Deslizamento. Disponível em: <http://www.defesacivil.ma.gov.br/deslizamento/#:~:text=Há%20que%20considerar%20três%20fatores%20de%20influência%20na%20ocorrência%20dos%20deslizamentos%3A&text=Água%20de%20embebição%20-%20que%20contribui,lubrificar%20as%20superfícies%20de%20deslizamento>. Acesso em 16 maio.2021.
- 7 EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Identificação, mapeamento e quantificação das áreas urbanas do Brasil. 2017 Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/176016/1/20170522-COT-4.pdf>. Acesso em 02 maio.2021.
- 8 FORGIARINI, FR; VENDRUSCOLO, DS; RIZZI, ES. Análise de chuvas orográficas no centro do estado do Rio Grande do Sul. Revista Brasileira de Climatologia. 2013. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/33431/22584>. Acesso em: 23 junho.2021.

9 FIALHO, E.S. Ilha de calor: reflexões acerca de um conceito. Revista do Programa de Pós-Graduação em Geografia Universidade Federal de Roraima.2012. Disponível em:

<https://revista.ufrr.br/index.php/actageo/article/view/1094#:~:text=O%20conceito%20de%20ilha%20de,existência%20do%20fenômeno%20em%20questão>.

Acesso em: 16 maio.2021.

10 FUNDAÇÃO SISTEMA ESTADUAL DE ANÁLISE DE DADOS. Perfil dos municípios paulistas. Disponível em: <https://perfil.seade.gov.br/#>. Acesso em 02 maio.2021.

11 INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Panorama da cidade de Campinas SP. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/campinas/panorama>. Acesso em 02 maio.2021.

12 INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Agência de notícias do IBGE. 2018. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/21565-em-2010-brasil-tinha-8-3-milhoes-de-pessoas-morando-em-areas-com-risco-de-desastres-naturais>. Acesso em 16 maio.2021

13 INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Projeção da população brasileira. 2021. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/apps/populacao/projecao/index.html>. Acesso em 16 maio.2021.

14 INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. Desastres naturais: conceitos básicos. Disponível em: http://www3.inpe.br/crs/crectalc/pdf/silvia_saito.pdf. Acesso em 16 maio.2021.

15 INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. Grupo de eletricidade atmosférica: Morte por raios.2019. Disponível em: <http://www.inpe.br/webelat/homepage/menu/noticias/vitimas.de.raios.-.infografico.php>. Acesso em 16 maio. 2021

16 INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. Grupo de eletricidade atmosférica: Relatórios Técnicos.s.d.. Disponível em: <http://www.inpe.br/webelat/homepage/menu/servicos/relatorios.tecnicos.php#:~:text=Terceira%20maior%20rede%20do%20mundo,Oeste%20e%20Nordeste%20do%20Brasil>. Acesso em 16 maio.2021

17 INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. Grupo de eletricidade atmosférica: Release ELAT n 45.2020. Disponível em: <http://www.inpe.br/webelat/homepage/menu/noticias/release.php?id=80>.

Acesso em 16 maio.2021

18 LUCENA *et al.* Ilhas de calor e eventos de precipitação na região metropolitana do Rio de Janeiro (RMJR). 2011. Disponível em: <https://www.iwra.org/member/congress/resource/PAP00-4995.pdf>. Acesso em

16 maio.2021.

19 MARCELINO, E.V. Desastres naturais e geotecnologias: conceitos básicos. Instituto nacional de pesquisas espaciais. 2008. Disponível em: [http://mtc-](http://mtc-m16c.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/mtc-m18@80/2008/07.02.16.22/doc/publicacao.pdf)

[m16c.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/mtc-](http://mtc-m16c.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/mtc-m18@80/2008/07.02.16.22/doc/publicacao.pdf)

[m18@80/2008/07.02.16.22/doc/publicacao.pdf](http://mtc-m16c.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/mtc-m18@80/2008/07.02.16.22/doc/publicacao.pdf). Acesso em 31 maio.2021.

20 NACCARATO, KP. Análise das características dos relâmpagos na região sudeste do Brasil. Instituto nacional de pesquisas espaciais. 2006. Disponível em:

[http://mtc-m16b.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/MTC-](http://mtc-m16b.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/MTC-m13@80/2005/09.28.19.00/doc/publicacao.pdf)

21 PLANO DE DESENVOLVIMENTO TURÍSTICO DO MUNICÍPIO DE CAMPINAS – SP. 2020, Disponível em:

[http://www.campinas.sp.gov.br/arquivos/desenvolvimento-](http://www.campinas.sp.gov.br/arquivos/desenvolvimento-economico/minuta_planos_turisticos_v13.pdf)

[economico/minuta planos turisticos v13.pdf](http://www.campinas.sp.gov.br/arquivos/desenvolvimento-economico/minuta_planos_turisticos_v13.pdf). Acesso em 02 maio. 2021.

22 PLANO DE DESENVOLVIMENTO URBANO INTEGRADO. Região metropolitana de São Paulo. Disponível em:

https://www.pdui.sp.gov.br/rmsp/?page_id=56#:~:text=Os%20números%20da%20RMSP%20impressionam,área%20de%207.946%2C96%20km². Acesso em

02 maio 2021.

23 SELUCHI,ME; CHAN CHOU, S.; GRAMANI, MA. A case study of a winter heavy rainfall event over the Serra do Mar in Brazil. Geofís, Intl, Mexico, v. 50, n. 1, marzo 2011. Disponível em:

[http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0016-](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0016-71692011000100005&lng=es&nrm=iso)

[71692011000100005&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0016-71692011000100005&lng=es&nrm=iso). Acesso em: 23 junho.2021.

24 TOBIN, G. A; MONTZ, B. E. Natural hazards: explanation and integration. New York: The Guilford Press, 1997. 388p.

25 UNDP – United Nations Development Programme. Reducing disaster risk: a challenge for development. New York, USA: UNDP, 2004. 129p.