

TEMPERATURA DE SUPERFÍCIE E USO DO SOLO EM CASCAVEL (PR) – 2001 e 2022

André Luiz de Souza Celarino ¹
Marina Sória Castellano ²

INTRODUÇÃO E REFERENCIAL TEÓRICO

Mudanças de uso do solo, relacionadas à urbanização e ocupação, podem modificar o microclima de dada localidade. Assim, compreender como o uso do solo pode alterar a temperatura de superfície é essencial ao planejamento e gestão de municípios.

Uma das ferramentas possíveis para o levantamento de dados de temperatura de superfície e uso do solo, é o sensoriamento remoto. Técnicas de coleta de dados a partir de satélites orbitais têm sido cada vez mais frequentes em pesquisas desta natureza (GUILHERME *et al.*, 2020), em especial com foco na climatologia geográfica. Possíveis razões para a maior frequência neste tipo de pesquisa são: a facilidade e gratuidade no acesso às imagens de satélite, a grande quantidade de dados disponíveis (PAVÃO *et al.*, 2017), com a possibilidade de obtenção de imagens de períodos temporais distintos, o que viabiliza análises comparativas com maior precisão. Muitos autores têm utilizado o uso de dados orbitais para análise de temperaturas de superfície, alguns citados na sequência: Amorim (2019), Ferreira (2019), Prado *et al.* (2020), Fialho e Santos (2021), Agnolin *et al.* (2022) e Da Cruz *et al.* (2023).

Este trabalho é parte de um projeto de pesquisa, financiado pela Fundação Araucária, e que está em andamento no estado do Paraná. Este órgão de fomento criou os NAPIs (Novos Arranjos de Pesquisa e Inovação), referentes a grupos de pesquisadores que atuam em temas específicos. Os autores deste resumo fazem parte do NAPI Emergência Climática, que tem como objetivo desenvolver pesquisas a respeito das mudanças climáticas no Paraná. O projeto é dividido em 5 eixos temáticos e o eixo ao qual este trabalho está inserido se intitula “Adaptabilidade e Resiliência Humana às Mudanças Climáticas/Emergência Climática no estado do Paraná: Riscos e

¹ Docente de Geografia do Instituto Federal do Paraná (IFPR), campus Quedas do Iguaçu, andre.celarino@ifpr.edu.br

² Docente dos cursos de Geografia da Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE), campus Francisco Beltrão, marina.castellano@unioeste.br

Vulnerabilidades”, que tem como objetivo relacionar a temperatura de superfície, uso do solo, precipitação e poluição atmosférica para distintos municípios do Paraná.

Assim, este resumo expandido tem o objetivo de analisar as temperaturas de superfície e o uso do solo para Cascavel (PR), com o intuito de comparar possíveis alterações nestas duas variáveis ao longo de pouco mais de 20 anos.

METODOLOGIA

Os pesquisadores envolvidos no eixo supracitado do NAPI Emergência Climática farão análises de Temperatura de Superfície (TST), a partir de imagens de satélite para os períodos de verão e inverno de pelo menos 15 municípios do estado.

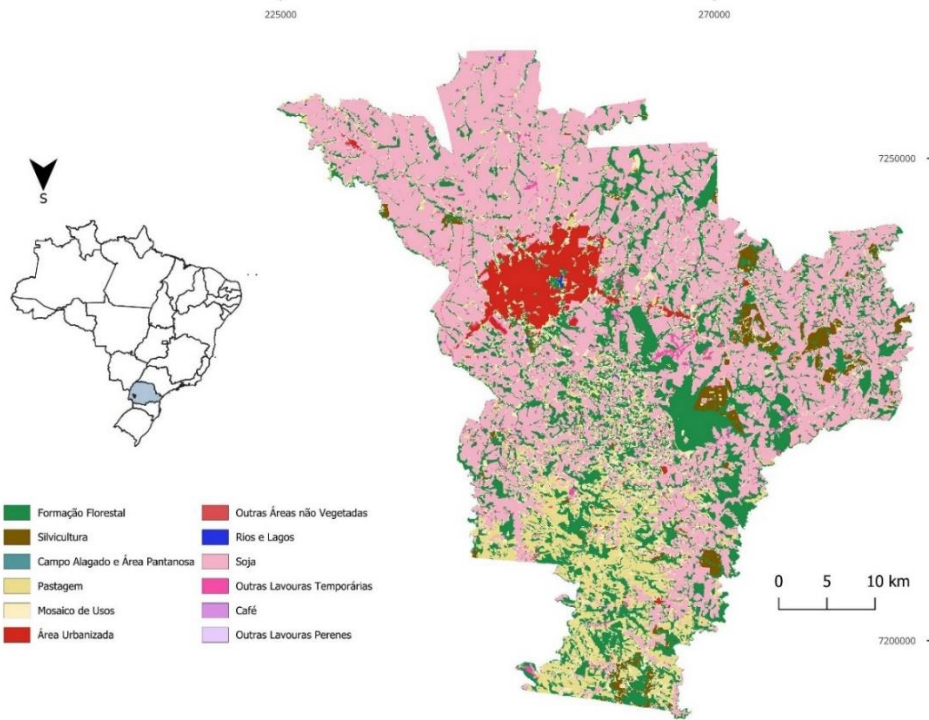
Este trabalho apresenta análise inicial para o município de Cascavel (PR), com base em 4 imagens de satélite: duas para o ano de 2001, a saber: 04/03/2001 e 11/08/2001 (ambas do satélite Landsat 5); e duas para o ano de 2022, a saber: 10/02/2022 e 04/07/2022 (ambas do satélite Landsat 8).

Os critérios para a seleção das imagens foram: que fossem períodos de verão e inverno; que não houvesse cobertura de nuvens nas imagens selecionadas (o que impossibilitaria uma análise confiável e consistente da temperatura de superfície); e que fossem imagens que tivessem um intervalo temporal grande entre elas (no caso das imagens selecionadas, 21 anos), de forma a possibilitar uma análise histórica mais robusta desta variável.

Os mapas de Temperatura de Superfície (TST) foram feitos a partir de imagens baixadas gratuitamente no site *Earth Explorer* (<https://earthexplorer.usgs.gov/>) e tratadas no QGis, com o auxílio do plug-in RSGIS. Na sequência, foram feitos gráficos no Excel, a partir dos mapas e categorias de uso do solo definidas e disponíveis no Mapbiomas.

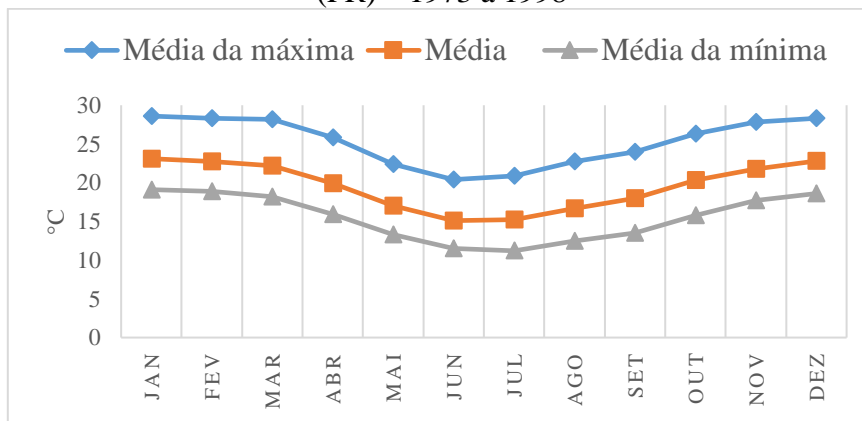
Cascavel está localizada no oeste do Paraná (Figura 1) e tem 348.051 habitantes (IBGE, 2022). Situa-se em área de clima subtropical e segundo a classificação de Köppen, possui clima Cfa, úmido em todas as estações e com verão quente (NITSCHKE *et al.*, 2019) e precipitação anual média de 2000mm (VIANELLO e ALVES, 1991). A temperatura média é 19,6°C (IDR) e as médias, médias das máximas e médias das mínimas para cada mês do ano podem ser vistas na Figura 2.

Figura 1 – Localização da área de estudo e uso do solo para Cascavel (PR)



Elaboração: Celarino (2024). Fonte: Mapbiomas (2022)

Figura 2: Média, média da máxima e média da mínima de temperatura para Cascavel (PR) – 1973 a 1998

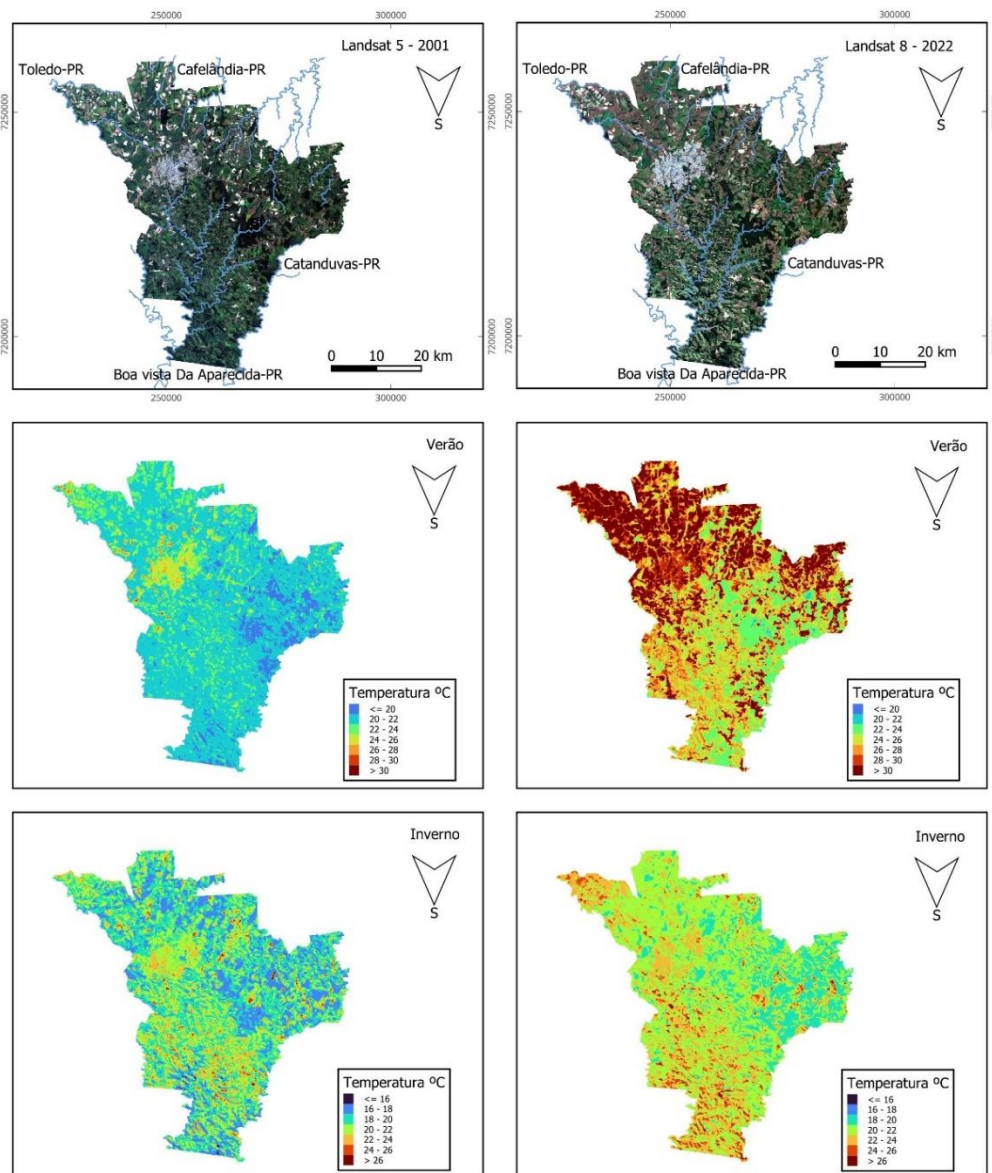


Elaboração: Castellano (2024). Fonte: Instituto de Desenvolvimento Rural (IDR)

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As análises aqui apresentadas se basearam nos mapas de uso do solo e Temperatura de Superfície (TST) (Figura 3), assim como nos dados numéricos gerados após o tratamento das imagens de satélite (Tabelas 1 e 2).

Figura 3: Mapa de uso do solo (RGB) e Temperatura de Superfície (TST) para Cascavel (PR) nos dias 04/03/2001, 10/02/2022, 11/08/2001 e 04/07/2022.



Elaboração: Celarino (2024)

Alguns elementos se destacam na Figura 3, entre eles, a fácil identificação da área urbanizada do município de Cascavel no setor noroeste da imagem RGB, e o espraiamento desta área ao longo do tempo. Outros pontos facilmente identificados são, para o verão, as maiores temperaturas registradas na área urbana em 2001 e as áreas com temperaturas superiores a 30°C em 2022, especialmente nas porções norte, nordeste e noroeste do município. Para o período do inverno, a área urbana também se sobressai nas imagens de 2001 e 2022. Comparativamente, nota-se que as temperaturas tendem a ser maiores nas imagens de 2022 do que em 2001, tanto no inverno quanto no verão.

As temperaturas médias no verão e no inverno para os anos de 2001 e 2022, de acordo com os tipos de uso do solo estão na Tabela 1.

Tabela 1: Temperaturas médias no verão e no inverno, para os anos de 2001 e 2002, para diferentes usos do solo em Cascavel (PR)

Uso do solo	Temperatura média verão (°C)		Temperatura média inverno (°C)	
	2001	2022	2001	2022
Formação florestal	20,4	24,5	18,3	20,6
Silvicultura	20,3	24,4	18,5	20,5
Campo alagado e área pantanosa	21,0	25,8	19,4	21,0
Pastagem	21,6	26,3	20,9	22,9
Mosaico de usos ³	21,1	26,6	19,6	21,5
Área urbanizada	24,6	29,8	21,7	21,9
Outras áreas não vegetadas	23,2	29,0	20,6	21,7
Rios e lagos	21,1	25,4	18,9	20,3
Soja	21,7	29,7	19,7	21,3
Outras lavouras temporárias	21,7	27,8	20,6	21,6
Café	21,9	27,4	20,9	21,4
Outras lavouras perenes	21,1	26,5	19,0	21,2

Elaboração: Celarino (2024)

As maiores temperaturas médias registradas (destacadas na cor laranja na Tabela 1) nos anos de 2001 foram na área urbanizada, tanto no verão quanto no inverno (24,6°C e 21,7°C, respectivamente), o que corrobora com a literatura, a respeito das ilhas de calor urbano. Da mesma forma, o verão de 2022 teve sua maior média de temperatura na área urbanizada (29,8°C), porém, a maior média no período de inverno deste ano foi em áreas de pastagem (22,9°C).

Em relação às menores médias de temperatura para cada ano (destacadas em azul na Tabela 1), nota-se que no caso do verão, as menores temperaturas ocorreram em áreas de silvicultura, enquanto no inverno, a menor temperatura foi registrada em áreas de formação florestal, em 2001 e áreas de rios e lagos, em 2022.

Nota-se também que as médias de temperatura, tanto para o verão quanto para o inverno, aumentaram no período considerado, para todos os tipos de uso do solo. Áreas com plantação de soja, por exemplo, aumentaram suas médias de 21,7°C para 29,7°C em pouco mais de 20 anos.

Na sequência é mostrada a Tabela 2, com as temperaturas máximas e mínimas, para cada uso do solo, para o inverno e o verão de 2001 e 2022.

³ Segundo o MapBiomas, a categoria Mosaico de usos diz respeito a “mata atlântica – áreas de uso agropecuário onde não foi possível distinguir entre pastagem e agricultura.”

Tabela 2: Temperaturas máximas e mínimas para cada tipo de uso do solo no inverno e no verão de 2001 e 2022 para Cascavel (PR)

Uso do solo	2001				2022			
	Verão		Inverno		Verão		Inverno	
	T. Mín.	T. Máx.	T. Mín.	T. Máx.	T. Mín.	T. Máx.	T. Mín.	T. Máx.
Formação florestal	17,9	26,7	13,3	26,3	21,5	35,1	17,5	26,9
Silvicultura	16,6	28,4	10,0	28,4	21,3	35,5	16,7	27,7
Campo alagado e área pantanosa	20,6	21,5	18,8	20,6	24,2	30,8	19,9	23,0
Pastagem	19,3	27,9	15,2	27,5	23,1	34,1	18,0	28,5
Mosaico de usos	17,9	29,6	13,3	28,4	21,5	36,2	14,6	28,9
Área urbanizada	17,9	29,6	9,5	25,4	24,0	34,1	14,7	25,1
Outras áreas não vegetadas	16,6	27,5	10,0	24,1	22,5	34,5	13,4	25,7
Rios e lagos	19,3	27,1	16,6	23,7	22,4	32,5	17,7	24,7
Soja	18,8	30,8	12,4	28,8	21,6	38,6	13,8	29,0
Outras lavouras temporárias	17,5	28,8	10,4	27,5	22,1	36,0	17,4	27,2
Café	19,7	25,4	17,5	25,0	23,0	35,3	18,6	25,9
Outras lavouras perenes	19,7	22,4	17,0	21,1	23,5	31,5	19,4	24,6

Elaboração: Celarino (2024)

Em 2001, as maiores temperaturas máximas registradas no verão e no inverno foram em áreas de plantação de soja (30,8°C e 28,8°C, respectivamente). Campos alagados e áreas pantanosas registraram a menor temperatura máxima (21,5°C) e a maior temperatura mínima (20,6°C) no verão; além da menor temperatura máxima (20,6°C) e a maior temperatura mínima (18,8°C) no inverno. Além disso, percebe-se que áreas de silvicultura tiveram a menor temperatura mínima no verão (16,6°C) e áreas urbanizadas, a menor temperatura mínima no inverno (9,5°C).

Assim como ocorrido em 2001, as maiores temperaturas máximas registradas no verão e no inverno se deram em áreas de plantação de soja (38,6°C e 29,0°C, respectivamente). Campos alagados e áreas pantanosas apresentaram a menor temperatura máxima (30,8°C) e maior temperatura mínima (24,2°C) no verão; e a menor temperatura máxima (23,0°C) e maior temperatura mínima (19,9°C) no inverno. Áreas de silvicultura registraram a menor temperatura mínima (21,3°C) no verão e outras áreas vegetadas, a menor temperatura mínima no inverno (13,4°C).

As áreas calculadas para cada tipo de uso do solo para 2001 e 2002 estão na Tabela

Tabela 3: Áreas para cada tipo de uso do solo – 2001 e 2022.

Uso do solo	2001 (Área-ha)	Área total (%)	2022 (Área-ha)	Área total (%)	Perda/ganho (ha)
Formação florestal	38020,41	18,20	45974,52	22,00	7954,11
Silvicultura	4526,19	2,17	6081,75	2,91	1555,56
Campo alagado e área pantanosa	4,05	0,00	34,29	0,02	30,24
Pastagem	23223,6	11,12	16794,99	8,04	-6428,61
Mosaico de usos	22391,55	10,72	23251,68	11,13	860,13
Área urbanizada	6098,31	2,92	8194,77	3,92	2096,46
Outras áreas não vegetadas	228,42	0,11	791,91	0,38	563,49
Rios e lagos	167,67	0,08	218,7	0,10	51,03
Soja	78445,62	37,55	102122,82	48,88	23677,2
Outras lavouras temporárias	35503,65	16,99	4527,99	2,17	-30975,66
Café	323,01	0,15	923,76	0,44	600,75
Outras lavouras perenes	1,53	0,00	29,52	0,01	27,99

Elaboração: Castellano (2024)

Os únicos tipos de uso do solo que diminuíram suas áreas ao longo dos 21 anos foram outras lavouras temporárias e pastagem. Dentre os tipos que aumentaram suas áreas, destacam-se as áreas com plantação de soja, com o maior acréscimo: 23677,20 hectares. Foi também este tipo de uso que apresentou as temperaturas máximas mais altas no verão e no inverno nos dois períodos, conforme já mencionado anteriormente.

CONSIDERAÇÕES

Nota-se, a partir dos dados levantados, que em pouco mais de 20 anos, o uso e ocupação e as temperaturas de superfície em Cascavel (PR) apresentaram mudanças, dentre elas o aumento das temperaturas médias de todos os tipos de uso do solo. Destacam-se, para o período, as áreas com plantações de soja, que, além de terem se espalhado em termos de área ocupada, registraram as maiores temperaturas de máxima e mínima registradas nos dois anos e nas estações do ano considerados.

É importante ressaltar que os resultados parciais aqui apresentados ainda serão analisados, no decorrer do projeto, em um contexto mais abrangente, o que inclui a análise de imagens de satélite de outros períodos, além da análise conjunta com dados de temperatura do ar, que serão levantados a partir de estações meteorológicas.

Palavras-chave: Sensoriamento remoto, Ilha de calor urbano; Ocupação do solo.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Fundação Araucária pelo financiamento a esta pesquisa.

REFERÊNCIAS

AGNOLIN, E. R.; MURARA, P. G.; PRINA, B. Z. Avaliação de perfis térmicos de verão na área urbana de Erechim (RS). **Geo UERJ**, Rio de Janeiro, n. 41, p. 1-30, 2022.

AMORIM, M. T. da C. Ilhas de calor superficiais: frequência da intensidade e variabilidade espacial em cidade de clima tropical continental. **Geo UERJ**, Rio de Janeiro, n. 34, p. 1-18, 2019.

DA CRUZ, G. C. F.; SANTOS, J. da S. V. dos; MORESCO, F. A.; KUBASKI, K. M. A temperatura de superfície terrestre nas áreas urbanas e rurais de Florínea-SP e Cabralia Paulista-SP. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v.9, n.1, p. 1833-1850, jan., 2023.

FERREIRA, L. S. **Vegetação, temperatura de superfície e morfologia urbana - um retrato da região metropolitana de São Paulo**. 2019. 196 f. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2019.

FIALHO, E. S.; SANTOS, L. G. F. dos. A climatologia urbana e o uso do sensoriamento remoto: um estudo de caso em uma cidade de pequeno porte em clima tropical de altitude. **GEOGRAFIA**. Rio Claro-SP, v. 46, n.1, p. 1-28, 2021.

GUILHERME, A. P.; BIUDES, M. S.; MOTA, D. dos S.; DE MUSIS, C. R. Relationship between soil cover type and surface temperature. **Sociedade e Natureza**. Uberlândia, MG, v.32, p.515-525, 2020.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **IBGE Cidades**. Disponível em <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pr/francisco-beltrao/panorama>. Acessado em junho de 2024.

NITSCHKE, P. R.; CARAMORI, P. H.; RICCE, W. da S.; PINTO, L. F. D. **Atlas Climático do Estado do Paraná**. Londrina: Instituto Agrônomo do Paraná, 2019.

PAVÃO, V. M.; NASSARDEN, D. C. S.; PAVÃO, L. L.; MACHADO, N. G.; BIUDES, M. S. Impacto da Conversão da Cobertura Natural em Pastagem e Área Urbana sobre Variáveis Biofísicas no Sul do Amazonas. **Revista Brasileira de Meteorologia**. v. 32, n. 3, p. 343-351, 2017.

PRADO, L. B., FIALHO, E. S.; SANTOS, L. G. F. O sensoriamento remoto e o clima urbano: uma perspectiva de investigação através do campo térmico de superfície, na área central do município de Viçosa-MG. **Revista Brasileira de Climatologia**, ano 16, v. 27, jul/dez 2020.

VIANELLO, R. L.; ALVES, A. R. **Meteorologia Básica e Aplicações**. Viçosa: UFV, Imprensa Universitária, 1991.