Revista Brasileira de Climatologia
Brazilian Journal of Climatology
OPEN ACCESS

O EFEITO DO USO E OCUPAÇÃO DA TERRA SOBRE O CLIMA: COMPARAÇÃO ENTRE DUAS ESTAÇÕES METEOROLÓGICAS

The effect of land use and land cover on climate: comparison between two weather stations

El efecto del uso y la ocupacion del suelo en el clima: comparación entre dos estaciones meteorológicas

Elenice Fritzsons
Embrapa Florestas, Colombo – PR
elenice.fritzsons@embrapa.br

Marilice Cordeiro Garrastazú
Embrapa Florestas, Colombo – PR
marilice.garrastazu@embrapa.br

Marcos Silveira Wrege
Embrapa Florestas, Colombo – PR
marcos.wrege@embrapa.br

Luiz Eduardo Mantovani
Departamento de Geologia da Universidade Federal do Paraná
lem@ufpr.br

Resumo: Este trabalho analisou as diferenças existentes entre duas estações meteorológicas distantes 16 km uma da outra e situadas em uma mesma região metropolitana, porém com entornos distintos com relação ao uso e cobertura da terra: uma em uma área urbanizada (Curitiba, PR), outra no meio suburbano (Colombo, PR). Foram analisados os dados diários de, aproximadamente, 6 anos do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e utilizada a ANOVA para comparar os dados. Apesar da pequena distância entre as estações e da altitude similar, houve uma diferença na temperatura média anual de 0,8ºC, que se acentua no inverno e no mês de julho, onde esta diferença chega a 1,4 ºC, para a média das mínimas, e de 1,5 ºC para o ponto de orvalho. Além do fato da temperatura ser mais baixa na estação de Colombo, a umidade relativa é quase 20% maior. Esta diferença pode ser justificada pela presença de vegetação (83%) e pequena área urbanizada (17%) na área suburbana de Colombo, comparado a área de Curitiba com pouca vegetação (3%) e muita área urbanizada (97%). Este tipo de estudo fornece subsídio para o planejamento do meio urbano e rural, especialmente

para as grandes cidades ou conglomerados urbanos.
Palavras-chave: Urbanização. Mitigação do clima. Planejamento de zonas urbanas e suburbanas.

Abstract: This work demonstrates the differences between two meteorological stations 16 km away from each other, located in the same metropolitan region and in a similar geographical situation, but with different environments in relation to land use and land cover: one in an urbanized area (Curitiba, PR), another in the suburban area (Colombo, PR). The daily figures of a 6 years window from the National Institute of Meteorology (INMET) were studied using ANOVA for data comparison. Despite the small distance between the stations, the similar altitude, and the absence of important geographic aspects between them, there was a difference in the average temperature of 0.8ºC, which is accentuated in winter and in the month of July, where this difference reaches 1.4ºC for the average of the minimums and 1.5ºC for the dew point. In addition to the temperature being lower at the Colombo station, the relative humidity is almost 20% higher. This difference can be explained by the presence of vegetation (83%) and a small urbanized area (17%) in the suburban area of Colombo, compared to Curitiba with a more predominant urbanized area (97%) and small vegetal cover (3%). This type of study may subsidy the planning of urban and rural environments, especially for large cities or urban conglomerates.
Key - words: Urbanization. Climate mitigation. Planning of urban and suburban areas.

Resumen: Este trabajo demuestra las diferencias entre dos estaciones meteorológicas separadas 16 km, ubicadas en la misma región metropolitana y en una situación geográfica similar, pero con ambientes diferentes en términos de uso y ocupación del suelo: una en un área urbanizada (Curitiba, PR), otro en el área suburbana (Colombo, PR). Se utilizaron datos diarios de aproximadamente 6 años del Instituto Nacional de Meteorología (INMET), de las dos estaciones meteorológicas y se compararon mediante ANOVA. A pesar de la pequeña distancia entre las estaciones, la similar altitud y la ausencia de aspectos geográficos importantes entre ellas, hubo una diferencia en la temperatura media de 0,8ºC, que se acentúa en invierno y en el mes de julio, donde esta diferencia llega a 1,4 ºC para la media de los mínimos y 1,5 ºC para el punto de rocío. Además de que la temperatura es más baja en la estación de Colombo, la humedad relativa es casi un 20% más alta. Esta diferencia se puede explicar por la presencia de vegetación (83%) y pequeña área urbanizada (17%) en el área suburbana de Colombo, en comparación con el área de Curitiba con poca vegetación (3%) y mucha área urbanizada (97%). Este tipo de estudio proporciona subsidio para la planificación del medio urbano y rural, especialmente para grandes ciudades o conglomerados urbanos.
Palabras clave: Urbanización. Mitigação del cambio climático. Planificación de zonas urbanas y suburbanas.

Submetido em: 21/12/2022
Aceito para publicação em: 10/04/2023
Publicado em: 26/04/2023

1. INTRODUÇÃO

A influência da vegetação sobre o clima se evidencia nos estudos relacionados à formação de ilhas de calor nos grandes aglomerados urbanos, nas quais as áreas mais urbanizadas apresentam sempre temperaturas maiores quando comparadas às áreas vizinhas, com maior índice de vegetação. Vários estudos, inclusive na cidade de Curitiba (KRÜGER e DUMKE, 2007; MENDONÇA e DANNI-OLIVEIRA, 2007; LEMOS *et al.* 2011, KRÜGER e ROSSI, 2015) indicaram haver uma relação direta entre o grau de urbanização e o incremento da temperatura do ar local. Além da temperatura, a umidade relativa do ar também é afetada pela urbanização, pois as superfícies passíveis de promoverem processos de armazenamento de água e de evapotranspiração são, proporcionalmente, mais extensas nas áreas com maior vegetação e menor impermeabilização do solo e, com o aumento da temperatura do ar, a umidade relativa diminui para uma mesma quantidade de água no estado de gás na atmosfera.

Toda vegetação existente na terra depende, fundamentalmente, do calor e da umidade e a aferição destas variáveis são imprescindíveis quando se avalia o desenvolvimento de uma espécie. Na sede da Embrapa Florestas, em Colombo, município pertencente à RMC - Região Metropolitana de Curitiba, há experimentos com espécies florestais nativas e exóticas e o monitoramento climático diário e próximo às áreas experimentais tornou-se possível graças à instalação de uma estação meteorológica do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET, em 2016. A estação registra a cada 1 hora, de forma automática, os dados de variáveis climáticas (Figura 1).

No período anterior a 2016, para monitorar os experimentos eram usados os dados das variáveis climáticas da estação meteorológica situada no município de Curitiba, localizada no Campus da UFPR - Universidade Federal do Paraná, Centro Politécnico, na qual são registrados os dados climáticos, a cada 1 hora, desde 2003 (Figura 2). A distância entre as duas estações meteorológicas é de 16 km e, pela falta de uma estação meteorológica na sede da Embrapa, assumiu-se que as condições climáticas de Curitiba eram semelhantes, porém não iguais, às da Embrapa Florestas. Deve se considerar que no período compreendido entre os anos de 2003 e 2016 não havia outra opção e que a estação situada no Campus da UFPR era a mais próxima dos campos experimentais da Embrapa Florestas.

Contudo, por mais próximas que estejam localizadas, as condições climáticas podem ser diferentes devido às condições locais, em função do uso e cobertura da terra, da altitude e do posicionamento da estação meteorológica, por exemplo. A precipitação pluviométrica pode também se distinguir em função de sua variabilidade espacial.

Figura 1 – Vista aérea da estação meteorológica localizada na Embrapa Florestas (INMET B 806)



Fonte: Imagem obtida por drone em 22/06/2022. Autor: Wilson Holler

Figura 2 – Vista aérea da estação meteorológica localizada no Centro Politécnico (INMET A 807)



Fonte: Departamento de Hidráulica e Saneamento do Centro Politécnico

Assim, este trabalho tem como finalidade comparar os registros climáticos de duas estações meteorológicas situadas na RMC e dos seus entornos. Para isto, foram feitas análises estatísticas e um estudo comparativo do uso e cobertura do solo no entorno das

estações, para verificar alterações que poderiam justificar as diferenças climáticas encontradas.

2. METODOLOGIA

2.1. Caracterização da área de estudo e coleta de dados

Pela classificação de Köeppen, Curitiba e Colombo se localizam em região climática do tipo Cfb, com clima temperado (ou subtropical) úmido, mesotérmico, sem estação seca, com verões frescos e invernos com geadas frequentes e ocasional precipitação de neve. A precipitação média anual de Curitiba e Região Metropolitana de Curitiba é de 1600 mm para Mendonça e Danni-Oliveira (2007) e 1465 mm para Wrege *et al.*, (2011). A RMC está localizada sobre o denominado Primeiro Planalto Paranaense, situado a leste do estado do Paraná e as chuvas são reguladas pela orografia e pela predominância dos ventos alísios de quadrante leste, modulados pela influência da brisa marítima. Esta situação, associada à dinâmica das massas de ar e as condicionantes de um clima transicional, conferem particularidades em relação à variabilidade das precipitações e aos extremos de chuva na área, com variações médias de 1250 a 2000 mm anuais (GOUDARD *et al.*, 2015; NERY *et al.*, 2004).

Para desenvolver este trabalho foram utilizados os dados diários médios de diversas variáveis climáticas (temperaturas do ar, do ponto de orvalho, de umidade relativa e velocidade do vento) de duas estações meteorológicas do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET): Colombo (código B 806) (Figura 1) e a de Curitiba (código A 807) (Figura 2). A estação meteorológica de Colombo está situada no município de Colombo, dentro da sede da Embrapa Florestas, nas coordenadas 25,3232º S e 49,1577º W, altitude de 950 metros; a de Curitiba está situada no município de Curitiba, nas coordenadas 25,4486º S e 45,2305º W, na altitude de 922 metros, na sede do Centro Politécnico da Universidade Federal do Paraná.

A estação meteorológica de Colombo iniciou suas atividades em 31/05/2016 e a de Curitiba em 20/01/2003. Os dados climáticos das duas estações foram obtidos no site do Inmet, mediante solicitação (https://bdmep.inmet.gov.br/). Para facilitar a redação e leitura,

neste trabalho, trataremos a estação do Centro Politécnico da UFPR como sendo “de Curitiba” e a da sede da Embrapa como sendo “de Colombo”.

Quanto ao entorno das estações, a de Curitiba está localizada e instalada em uma superfície gramada e numa parte mais elevada do terreno, na entrada do campus universitário e distante de construções e árvores. A BR-277 se encontra a uma distância aproximada de 50 m da estação e outras ruas, de menor movimento e internas ao campus, cercam a estação a distâncias sempre maiores que 20 m, revestidas de paralelepípedos de granito, alterando desta forma a refletividade e absortância (razão entre o fluxo da radiação absorvida por uma superfície e o fluxo incidente sobre a mesma; fator de absorção) da grama verde clara predominante na área (KRUGER e ROSSI, 2015).

A estação de Colombo, na sede da Embrapa Florestas, encontra-se relativamente longe de construções, em área contando com extensa superfície gramada. Próximo do local, há uma rodovia que se encontra a quase 50 metros da estação (Estrada da Ribeira, BR 475). Há uma área urbanizada no entorno da sede da Embrapa, porém há inúmeras áreas verdes que incluem gramados, árvores de paisagismo e experimentos com espécies florestais. Assim, as duas estações têm condições semelhantes, o que permite sua comparação

2.2. Procedimentos Metodológicos

As séries históricas de dados de clima, correspondentes ao período 01/06/2016 a 23/05/2022, com periodicidade diária, foram analisadas quanto à completude e consistência avaliando-se as falhas e os erros. No caso de falhas pequenas, inferiores a cinco dias consecutivos, foi feita a média correspondente a dois dias anteriores e dois dias posteriores ao dia em que ocorria a falha, usando os dados da própria estação. Falhas maiores, superiores a cinco dias consecutivos, foram completadas com dados de estações vizinhas, as quais situavam-se as mais próximas possíveis, para que a latitude e a altitude tivessem valores não muito distantes em relação à estação corrigida. As séries climáticas analisadas continham as seguintes variáveis climáticas: temperaturas média, mínima e máxima do ar, temperaturas mínimas no inverno e no mês mais frio do ano (julho), temperatura máxima no verão e no mês mais quente do ano (janeiro), temperatura média anual do ponto de orvalho,

precipitação pluviométrica acumulada em 1 dia, umidade relativa média e velocidade média do vento a 2 metros do solo.

Assim que esta etapa foi concluída, os dados foram submetidos à análise de variância (*Anova One Way*) e foram obtidos a razão F e o valor *p*. A Anova foi utilizada por ser bastante eficiente para comparar médias de dados meteorológicos entre séries de um ou mais locais ou de dados oriundos entre diferentes metodologias (SANCHES *et al.*, 2018; CABRAL JÚNIOR *et al.*, 2019).

Para caracterização e análise do entorno das estações meteorológicas de Colombo e de Curitiba, utilizou-se o mapa de uso e cobertura da terra do projeto MapBiomas (SOUZA *et al.*, 2020). Esses mapas estão em formato matricial (pixel de 30x30m). Realizou-se download do estado do Paraná, coleção 7, referente ao ano de 2021 (PROJETO MapBiomas, 2022). Em um Sistema de Informações Geográficas (SIG) gerou-se uma região de amortecimento (*Buffer*) com distância de quatro quilômetros de raio, para cada um dos pontos de localização das duas estações meteorológicas. Essas áreas de buffer foram utilizadas para fazer um recorte sobre o mapa de uso e cobertura e posterior quantificação, em porcentagem, das tipologias encontradas.

As tipologias encontradas no entorno das duas estações foram divididas em dois grupos, para fins de comparação e de acordo com objetivo do estudo: áreas urbanas ou áreas sem vegetação, as quais ficaram num grupo e, no outro grupo ficaram as demais. Estas outras áreas que não são urbanas, ou que não apresentam vegetação, são compostas por campos, florestas, gramados, cultivos, rios e lagos.

Com isto, procurou-se separar áreas que apresentavam superfícies mais impermeabilizadas e que absorvem mais calor, representadas pelas áreas construídas, cimentadas e ruas pavimentadas com asfalto, de áreas que absorvem menos calor, representadas pela vegetação de campos, florestas, áreas cultivadas, etc., conforme já comentado na introdução deste artigo.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Comparação entre os dados climáticos das estações

A partir dos resultados obtidos foi composta a tabela abaixo. Nesta tabela constam as variáveis climáticas, o número de amostras analisadas para cada variável, os resultados médios para cada estação, bem como o coeficiente de variação, a diferença entre as médias para aquela variável analisada e o teste da Anova, com a razão F e o valor *p*.

Tabela 1 - Variáveis climáticas avaliadas para as estações meteorológicas situadas nos municípios de Colombo e de Curitiba, Paraná.

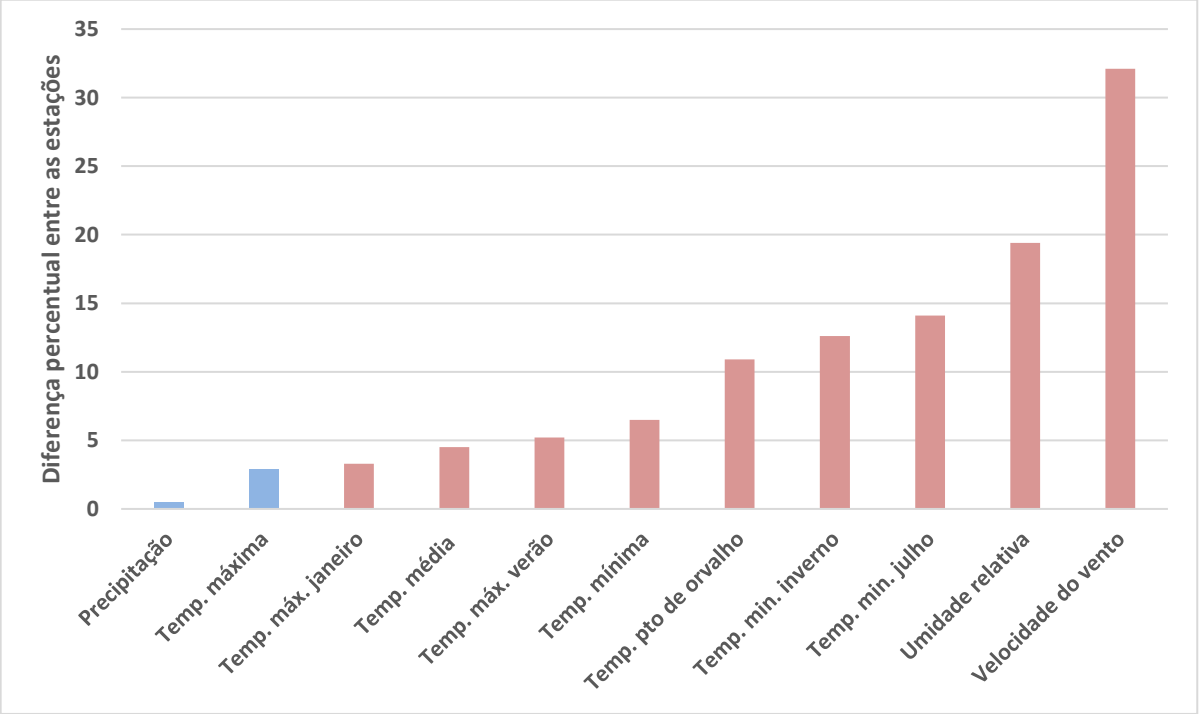
	Variáveis	N. de amostras	Colombo		Curitiba		Anova			
			média	Coeficiente de variação	média	Coeficiente de variação	Dif. entre estações	Diferença percentual	Razão F	Valor p
Temperaturas (ºC)	média	1824	17,8	18,07	18,6	17,7	0,8	4,5	57,53	0,00
	mínima	1824	13,9	25,00	14,8	21,7	0,9	6,5	78,19	0,00
	máxima	1824	23,9	19,10	24,6	18,17	0,7	2,9	22,87	0,00
	min. inverno	402	10,3	25,15	11,6	19,05	1,3	12,6	58,33	0,00
	min. julho	126	9,91	27,66	11,34	19,71	1,4	14,1	20,77	0,00
	máx. verão	492	28,8	14,98	27,3	12,90	1,5	5,2	3,34	0,06
	máx. janeiro	352	26,9	11,95	27,8	12,12	0,9	3,3	5,60	0,02
	Pto. de orvalho	633	13,7	25,2	12,5	27,2	1,5	10,9	37,3	0,00
Precipitação (mm)		1829	4,12	236,88	4,10	253,24	0,02	0,5	0,5	0,94
Umidade relativa (%)		1460	82,8	8,25	66,7	13,60	16,1	19,4	19,4	0,00
Velocidade dos ventos (m/s)		2067	1,40	27,9	1,85	34,8	0,45	32,1	32,1	0,00

Nota: valor-P utilizado foi para o nível de 5% de significância e os valores grifados em cinza não apresentaram diferenças significativas

Pelo teste da Anova verifica-se que apenas os resultados para a precipitação e a temperatura máxima de verão não apresentaram diferenças significativas entre as estações ($p > 0,05$). Ficou evidente que as temperaturas são sempre menores para Colombo, com uma diferença desde 0,7°C (média das temperaturas máximas) a 1,4° C (média das temperaturas mínimas de julho) e 1,5° C (média da temperatura do ponto de orvalho).

A umidade relativa média diária e a velocidade média diária da velocidade do vento foram também diferentes. Quanto à velocidade média do vento, há uma diferença de 32 % e para a umidade relativa média diária de 19 % entre as estações (Figura 3). A seguir, a interpretação do resultado de cada variável considerada neste trabalho.

Figura 3 - Comparação da diferença percentual e em ordem crescente entre as variáveis climáticas das estações meteorológicas.



Nota: as barras em azul representam as variáveis que não apresentaram diferenças significativas entre as estações e as barras em vermelho apresentaram diferenças significativas entre as estações.

3.2 Temperatura do ar

Não houve diferença significativa entre as precipitações diárias de Colombo e de Curitiba, o que seria de se esperar, pois a precipitação não é influenciada pelo uso e

ocupação da terra local, mas por aspectos físicos e geográficos de maior abrangência. Porém, se as precipitações não são diferentes, o mesmo não se pode afirmar das temperaturas, pois os valores da estação de Colombo são sempre menores que as da estação de Curitiba. A exceção fica com a média da temperatura máxima no verão, conforme já visto.

As maiores diferenças entre as temperaturas ocorrem no inverno, com as mínimas de inverno (12% menores) e, especificamente, a do mês de julho (14% menores) e as menores diferenças em janeiro (3,3%). Em geral, todas as temperaturas da estação de Colombo estavam em torno de 1°C menores em comparação com as de Curitiba (Tabela 1).

A temperatura de janeiro não é tão diferente entre as estações meteorológicas, ao contrário da temperatura de inverno e a de julho pois, no inverno, devido à atuação do centro de alta pressão do Atlântico Sul e do deslocamento dos centros de alta pressão para norte e nordeste ("altas polares") há uma menor circulação atmosférica, o que deixa as camadas estratificadas mais estáticas (RODRIGUES *et al.* 2019). Já no verão há maior circulação da atmosfera, o que induz à uma maior dissipação do calor acumulado por irradiação nos baixos níveis da atmosfera e, assim, as temperaturas entre as duas estações, apresentam menores diferenças.

Outro fator que corrobora para reduzir estas diferenças são os ventos, pois na região de Curitiba os ventos mais intensos ocorrem de setembro a janeiro, época mais quente e mais chuvosa; por outro lado, entre abril e julho, período menos chuvoso e mais frio, os ventos apresentam as menores velocidades (CASTELHANO *et al.*, 2018).

Considerando-se as normais climatológicas do período entre 1961 e 1990, para Wrege *et al.* (2011) a temperatura média anual de Curitiba é de 17,4 °C, para Nitsche *et al.*, (2019) de 17,1 a 18 ºC e para Mendonça e Danni-Oliveira (2007) de 16,4°C, variando de 12,9°C, no mês mais frio, a 22,5° C no mês mais quente. Neste trabalho, no período avaliado (6 anos) foram encontradas para Curitiba as médias das temperaturas mínimas de 14,8° C e as médias das temperaturas máximas de 24,6°C e, para Colombo, de 13,9°C e 23,9°C, respectivamente. Estes valores configuram uma amplitude média anual entorno de 10° C, que é a mesma amplitude verificada pelos autores supracitados. Porém, as amplitudes térmicas diárias são bem mais expressivas e podem variar entre 0,5 e 25,7 °C (MENDONÇA e DUBREUIL, 2005).

Para a temperatura do ponto de orvalho houve uma diferença de 1,5 ºC entre as estações meteorológicas, sendo a menor para Curitiba, o que significa que há menor risco de condensação, pois o ar é mais seco. O ponto de orvalho é entendido como a temperatura que o ar deve atingir para ocorrer a condensação da água e corresponde à saturação do ar pelo vapor d'água, ou seja, à máxima quantidade de água que o ar carrega. O ponto de orvalho depende da temperatura, da umidade e do vento. Essa temperatura, em conjunto com a umidade relativa, é de importância essencial para a biota, animal, vegetal, fúngica e microbiota, pois modula as trocas térmicas e hídricas entre os ambientados e o entorno.

3.3 Altitude

Quanto à altitude, há uma relação inversa entre altitude e temperatura do ar. Há uma diferença altitudinal entre a estação de Colombo (950 m), que é um pouco mais elevada que a de Curitiba (923 m). Utilizando se o gradiente térmico obtido em Fritzsons *et al.* (2008), sabe-se que a cada 126 metros de elevação há uma diminuição de 1ºC para o estado do Paraná, excetuando-se a região do litoral. Contudo, a diferença de altitude entre as estações é muito pequena (28 metros) e, portanto, com baixa influência na temperatura do ar, no máximo correspondendo a 0,2 ºC.

3.4 Umidade relativa do ar

A umidade relativa, expressa na forma de porcentagem, é a razão entre o conteúdo real de umidade de uma amostra de ar e a quantidade de umidade que o mesmo volume de ar pode conservar na mesma temperatura e pressão quando saturado (AYOADE, 1998). Em estudo sobre a variação higrométrica na cidade de Curitiba (LEAL, *et al.* 2014) concluiu-se que, tanto a presença de áreas verdes como de fontes de calor antropogênicos, principalmente a circulação de veículos, foram fatores relacionados ao maior conteúdo de umidade. Por outro lado, a impermeabilização e a verticalização foram relacionadas à menor umidade.

Como resultado deste trabalho, verificou-se que a umidade relativa diária do ar em Colombo é quase 20% maior do que a de Curitiba e, depois da velocidade do vento, é a maior diferença encontrada entre as duas estações. A umidade, provavelmente, está

relacionada ao uso e cobertura das terras no que se refere à presença da vegetação, associada aos solos não impermeabilizados ou pouco impermeabilizados. Os solos do entorno da estação de Colombo são Argissolos e Cambissolos, derivados de gnaisses do embasamento cristalino de idade do Riaciano (Paleoproterozóico), Complexo Atuba (BESSER *et al.* 2021). Eles têm textura média a argilosa que facilita a ascensão capilar da água até a superfície, contribuindo assim para a evaporação. As rochas subjacentes, formadas sobre elevadas pressões e temperaturas, são impermeáveis e pouco fraturadas contribuindo para manter uma maior umidade ao longo dos perfis de solo. Em áreas de topo das proximidades ocorrem, de forma isolada, capeamentos argilosos e de areias subarcosianas vinculados à formação Guabirotuba do Eoceno. Os solos derivados desses sedimentos inconsolidados apresentam texturas semelhantes às acima descritas. Já os solos de Curitiba estão, praticamente, impermeabilizados por construções e asfaltos.

O entorno da estação de Colombo apresenta maior quantidade de áreas vegetadas, como será abordado a seguir, ou seja, áreas não construídas, incluindo as da Embrapa e, em direção ao norte geográfico, a quantidade de áreas sem construções aumenta. A influência da vegetação sobre o clima acontece de diferentes formas, agindo tanto no albedo quanto na umidade e nas variações de temperatura. Em áreas florestadas ou com vegetação e solo relativamente exposto, há maior superfície para armazenamento de água no solo para ocorrer processos evaporativos, o que gera uma maior umidade relativa do ar. Isso significa que, ao excluir a cobertura vegetal de um dado local pode se favorecer alterações climáticas no local da intervenção. Esta deve ser a explicação para a alteração da umidade e temperatura entre a zona urbana e a zona suburbana/rural de Curitiba.

3.5 Vento

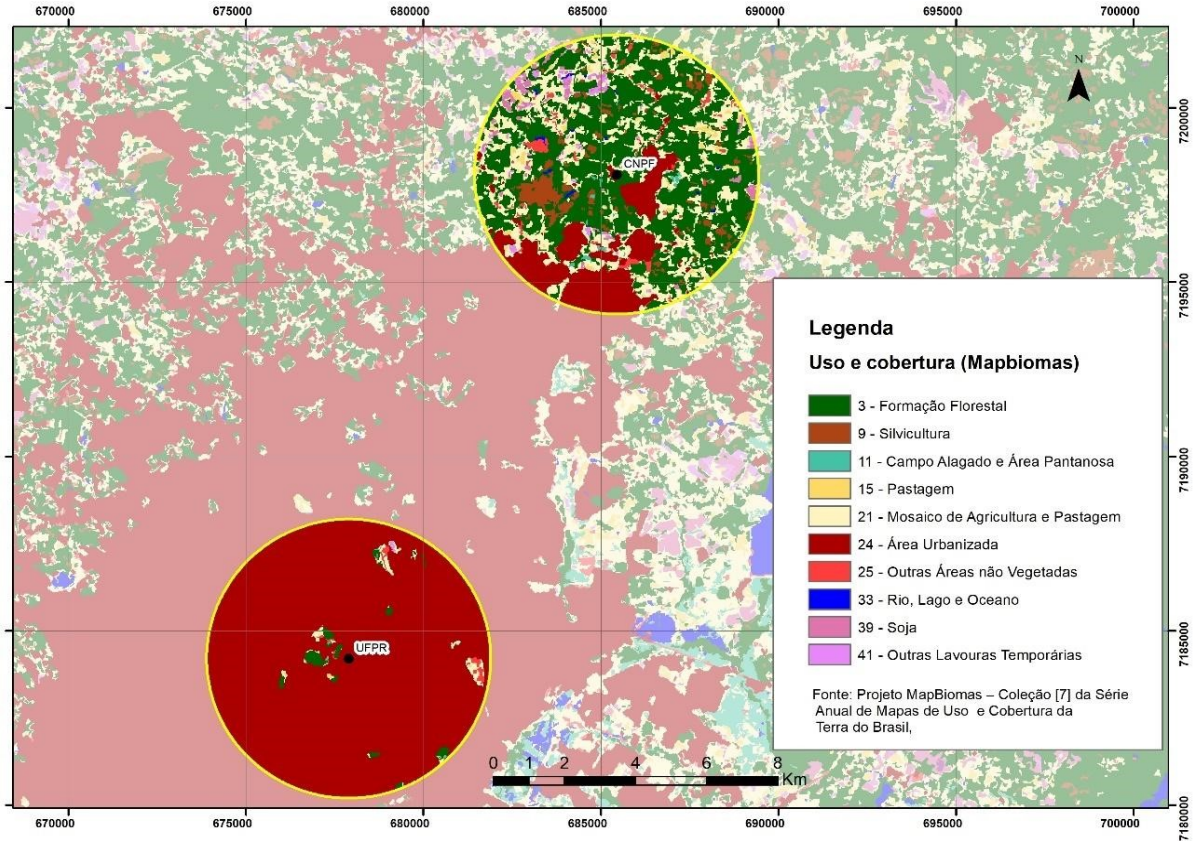
Quanto à velocidade média diária do vento, na estação de Colombo a velocidade é, por volta, 30% menor, comparada com a de Curitiba, sendo esta a maior diferença percentual entre as variáveis climáticas. O vento é gerado pelo deslocamento de ar (horizontal e vertical), pela diferença nos valores de pressão vinculada a densidade do ar e condições aerodinâmicas. Muitos fatores influem em sua direção e velocidade, tais como o relevo, vegetação, feições urbanas, etc. (DANNI-OLIVEIRA; MENDONÇA, 2007), inclusive a força de Coriolis. A velocidade do vento é maior em Curitiba, provavelmente devido à

condição em que se encontra a estação meteorológica, mais aberta e sem obstáculos próximos. Isto é, poucas edificações elevadas e ausência de árvores de maior porte.

3.6 Estudo do entorno – Uso e cobertura da terra

Há diversas tipologias de uso e cobertura da terra presentes nas áreas dos entornos das estações (Figura 4).

Figura 4. Uso e Cobertura da terra das estações do centro politécnico (UFPR) e da Embrapa Florestas (CNPF)



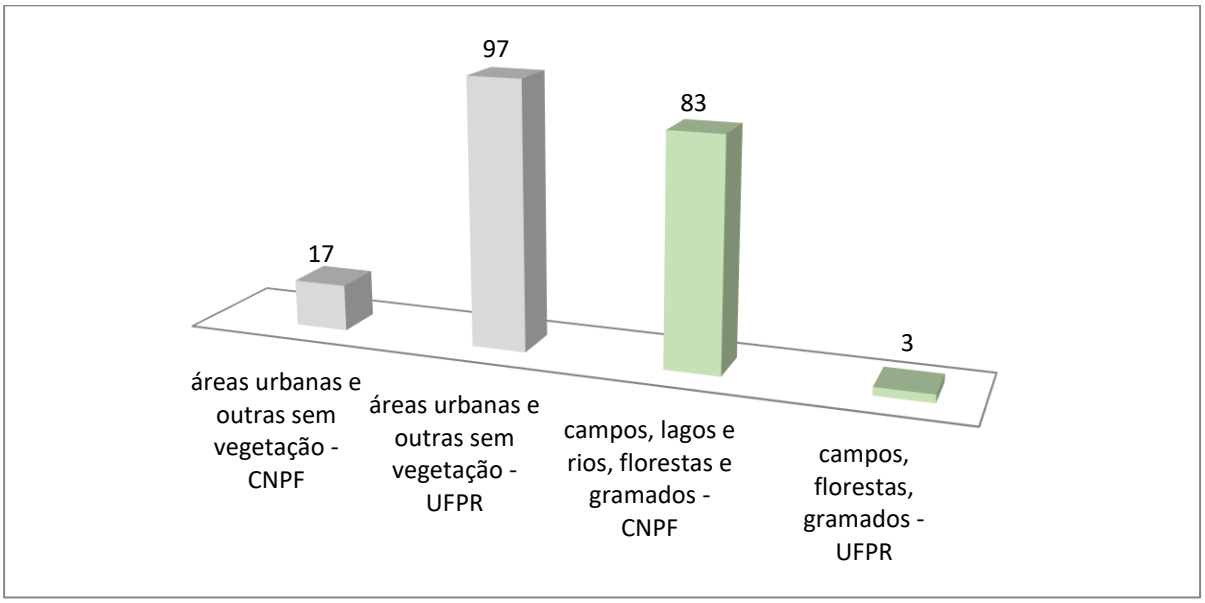
Nota: As tipologias de áreas encontradas no MapBiomas foram as descritas na legenda.

Observa-se que no entorno da estação de Colombo (CNPF) há um mosaico bastante diversificado de paisagem que inclui o uso e cobertura da terra com atividades voltadas para a agricultura (culturas agrícolas, pastagens e florestas), bem como ocupação natural com rios, lagos e vegetação. Enquanto a estação de Curitiba (UFPR) é praticamente toda urbanizada, com exceção de pequenos fragmentos de áreas verdes representadas por parques e uma reserva. Estes fragmentos e a reserva estão relativamente próximos à

estação de Curitiba, destinados às atividades de pesquisa e extensão da Universidade Federal do Paraná, contando com cerca 15 ha sendo, aproximadamente, 13 ha de florestas (RONDON NETO *et al.*, 2002).

Considerando os dois grupos formados (Figura 5) verifica-se grande diferença entre eles. Enquanto na estação de Colombo há presença de 83% de florestas, rios, lagos e gramados, há 17% de áreas urbanizadas e sem vegetação. Na estação de Curitiba há 97% de áreas urbanas e sem vegetação e 3% de áreas vegetadas.

Figura 5. Distribuição percentual de áreas com vegetação e sem vegetação (urbanizadas) no entorno da estação de Colombo (UFPR) e de Curitiba (CNPF)



A ocupação com florestas e áreas verdes, que não são pavimentadas, pode ser a justificativa da diminuição da temperatura média e mínima encontradas. Efeito semelhante é obtido pelos sistemas agroflorestais, em que o uso de seringueiras para sombrear cafezeiros diminui a temperatura do ar na área sombreada de 2 a 3º C, dependendo das condições locais (ZARO *et al.*, 2022; CARAMORI *et al.*, 2019).

As formações vegetais possuem a importante função de absorver parte da energia solar que incide sobre a superfície terrestre, mantendo a função clorofiliana e, especialmente, promovendo a evapotranspiração. Assim, quando o grau de reflexão é maior (albedo), caso das estruturas construídas das cidades, maior tende a ser o impacto do efeito estufa, pois haverá maior radiação disseminando-se e retornando para a atmosfera. Dessa

forma, áreas mais abertas, com menor presença de vegetação, tendem a absorver mais calor, provocando o aumento das temperaturas, efeito bastante estudado nas ilhas de calor.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apesar da estação meteorológica de Colombo (B 806) distar apenas 16 km da estação meteorológica de Curitiba (A807) e de não haver diferença significativa de altitude e nem de aspectos geográficos evidentes entre elas (morros, baixadas, grandes porções de água, etc.), as temperaturas do ar em Colombo são, em média, 1ºC menores do que em Curitiba. Dentre as temperaturas, as maiores diferenças encontradas estão nas temperaturas dos dias mais frios, sendo que em julho, a diferença entre as médias das temperaturas mínimas chega a 1,4 ºC. A umidade relativa do ar também está entorno de 20% maior em Colombo, comparado a Curitiba, entretanto, como uma maior umidade relativa afeta a sensação térmica, há a percepção de um frio maior do que realmente é, especialmente nos meses de inverno.

Estas diferenças encontradas podem ser podem justificadas pelo fato da estação meteorológica de Colombo estar em meio suburbano onde ainda predominam campos, lagos, rios, florestas e gramados (mais de 80% do uso e cobertura da terra) e na de Curitiba predominam áreas construídas e impermeabilizadas (mais de 90 % do uso e cobertura da terra) que constituem ilhas de calor, como ficou demonstrado no estudo de uso e ocupação da terra do entorno das estações.

Além deste conhecimento sobre as diferenças climáticas entre as estações, este estudo traz contribuições em termos de metodológicos pois, o tratamento efetuado com os dados, desde a organização pareada e diária dos dados climáticos em planilhas, bem como a utilização da ANOVA, foi bastante eficiente para evidenciar as diferenças e pode ser empregada, com facilidade, em outros estudos semelhantes.

Além disso, ele dá subsídios ao planejamento urbanístico e paisagístico da RMC e pode ser utilizado como base em outros municípios, pois demonstra a importância da manutenção da vegetação nas áreas urbanas, como a criação de parques e a arborização das ruas para favorecer a diminuição da temperatura e o aumento da umidade relativa do ar.

Isto é de grande relevância nos dias atuais e futuros para fins de mitigação dos efeitos do aquecimento global, melhorando a sensação de bem-estar da população humana e animal.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Wilson Anderson Holler que, gentilmente, cedeu a imagem da estação meteorológica de Colombo.

REFERÊNCIAS

AYOADE J. O. **Introdução à climatologia para os trópicos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998.

BESSER, M. L.d; BRUMATTI, M.; SPISILA, A. L. **Mapa geológico e de recursos minerais do estado do Paraná**. Curitiba: CPRM, 2021.

CABRAL JÚNIOR, J.B.; SANTOS E SILVA, C.M.; ALMEIDA, H.A.; BEZERRA, B.G.; SPYRIDES, .H.C. Detecting linear trend of reference evapotranspiration in irrigated farming areas in Brazil's semiarid region. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 138, n. 1-2, p. 215-225, 2019.

CARAMORI, P. H.; Costa, G.C.Z.; CALDANA, N. S.; YADA JR., G.; MARTELOCIO, A.C.; WREGE, M. S. Adaptação ao aquecimento global com sistema agroflorestal de café e seringueira. In: Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 2019, Catalão. **Anais.** Congresso Brasileiro de Agrometeorologia. Goiânia: UFG, 2019.

CASTELHANO, F. J.; ROSEGHINI, W. F. F. Caracterização da dinâmica dos ventos em Curitiba-PR. GEOUSP – **Espaço e Tempo** (Online), v. 22, n. 1, p. 227-240, 2018. ISSN 2179-0892. Disponível em: http://dx.doi.org/10.11606/issn.2179-0892. geousp.2018.123088.

FRITZSONS, E.; MANTOVANI, L. E.; AGUIAR, A. V. Relação entre altitude e temperatura: uma contribuição ao zoneamento climático no estado do Paraná. **Revista de Estudos Ambientais**. v. 10, p. 40-48, 2008.

GOUDARD, G.; PINHEIRO, G. M.; MENDONCA, F. A. Variabilidade Pluvial e Eventos Extremos em Curitiba (PR). **Revista Equador**, v. 04, p. 1096-1104, 2015.

KRÜGER, E.; DUMKE, E.M.S. Estudo bioclimático sobre o planejamento urbano de Curitiba. In: IX Encontro Nacional e V Encontro Latino-Americano de Conforto no Ambiente Construído, 2007, Ouro Preto. **Anais** do IX ENCAC. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 2007.

KRUGER, E.; ROSSI, F. Quantificação da ilha de calor de Curitiba considerando aspectos de estabilidade atmosférica. **Revista Brasileira de Meteorologia,** São Paulo, v. 30, n. 4, p. 394-404, Dec. 2015. Disponível em:

http://old.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102786201500040039 4&lng=en&nrm=iso

LEAL, L.; BIONDI, D.; BATISTA, A. C. Influência das florestas urbanas na variação termo higrométrica da área intraurbana de Curitiba - PR. **Ciência. Florestal,** Santa Maria, v. 24, n. 4, p. 807-820, Dec. 2014.

LEMOS, J.S. Espacialização da Ilha de Calor do Aglomerado Urbano da Região Metropolitana de Curitiba (AU-RMC) em agosto de 2006 a partir da termografia de superfície. **Anais** do XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto-SBSR. São José dos Campos: INPE/SELPER, 2011.

MENDONÇA, F.; DANNI-OLIVEIRA, I. M. **Climatologia: noções básicas e climas do Brasil**. São Paulo: Oficina de Texto, 2007. 206 p.

MENDONÇA, F.; DUBREUIL, V. TERMOGRAFIA DE SUPERFÍCIE E TEMPERATURA DO AR NA RMC (REGIÃO METROPOLITANA DE CURITIBA/PR). **Raega - O Espaço Geográfico em Análise** [S.l.], v. 9, nov. 2005.

NERY, J. T. SILVA, E. S.; CARFAN, A. C. Distribuição da precipitação pluvial no Estado de São Paulo. VI Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica. **Anais...** v. 6, 2004.

NITSCHE, Pablo Ricardo; CARAMORI, Paulo Henrique; RICCE, Wilian da Silva; PINTO, Larissa Fernandes Dias. **Atlas Climático do Estado do Paraná**. Londrina (PR): IAPAR, 2019.

PROJETO MAPBIOMAS – Coleção [7] da Série Anual de Mapas de Uso e Cobertura da Terra do Brasil. Acesso em 12/12/2022. Disponível em: https://mapbiomas.org/

RODRIGUES, R. R.; TASCHETTO, A. S.; GUPTA, A. S.; FOLTZ, G. R. Common cause for severe droughts in South America and marine heatwaves in the South Atlantic. **Nature Geoscience,** Vol. 12, p. 620–626. 2019.

RONDON NETO, R. M. et al. CARACTERIZAÇÃO FLORÍSTICA E ESTRUTURAL DE UM FRAGMENTO DE FLORESTA OMBRÓFILA MISTA, EM CURITIBA, PR – BRASIL. **FLORESTA**, [S.l.], jun. 2002. ISSN 1982-4688. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/floresta/article/view/2366>. Acesso em: 26 abr. 2023. doi:http://dx.doi.org/10.5380/rf.v32i1.2366.

SANCHES, F. O.; SANTOS, E. F.; FERREIRA, R.V.; FIRMINO, G.V.; ALVES, M. O. Contribuição ao estudo do clima urbano em Uberaba (MG). **Revista Brasileira de Climatologia,** v. 1, p. 87-109, 2018.

SOUZA, C.M., Jr.; Z. SHIMBO, J.; Rosa, M.R.; PARENTE, L.L.; A. ALENCAR, A.; RUDORFF, B.F.T.; HASENACK, H.; MATSUMOTO, M.; G. FERREIRA, L.; SOUZA-FILHO, P.W.M.; de OLIVEIRA, S.W.; ROCHA, W.F.; FONSECA, A.V.; MARQUES, C.B.; DINIZ, C.G.; COSTA, D.; MONTEIRO, D.; ROSA, E.R.; VÉLEZ-MARTIN, E.; WEBER, E.J.; LENTI, F.E.B.; PATERNOST, F.F.; PAREYN, F.G.C.; SIQUEIRA, J.V.; VIERA, J.L.; NETO, L.C.F.; SARAIVA, M.M.; SALES, M.H.; SALGADO, M.P.G.; VASCONCELOS, R.; GALANO, S.; MESQUITA, V.V.; AZEVEDO, T. Reconstructing Three Decades of Land Use and Land Cover Changes in Brazilian Biomes with Landsat Archive and Earth Engine. **Remote Sens,** 12, 2735, 2020. https://doi.org/10.3390/rs12172735

WREGE, M. S.; STEINMETZ, S.; GARRASTAZÚ, M. C.; REISSER JR, C.; ALMEIDA, I. R. de; HERTER, F. G.; CARAMORI, P. H.; RADIN, B.; MATZENAUER, R.; BRAGA, H. J.; PRESTES, S. D.; CUNHA, G. R. da; MALUF, J. R. T.; PANDOLFO, C.. **Atlas Climático da Região Sul do Brasil: Estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul**. 1. ed. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, v. 1. 332 p.2011.

ZARO, G.C., CARAMORI, P.H., YADA JUNIOR, G.M. *et al*. Carbon sequestration in an agroforestry system of coffee with rubber trees compared to open-grown coffee in southern Brazil. **Agroforest Syst,** 94, 799–809, 2020. https://doi.org/10.1007/s10457-019-00450-z