

Influência das diferentes tipologias de floresta urbana na atenuação dos extremos meteorológicos

Angeline Martini^{1*} Daniela Biondi² Antonio Carlos Batista²

¹ Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Engenharia Florestal, Avenida Purdue, s/nº, Viçosa-MG, CEP: 36.570-900.

² Universidade Federal do Paraná, Centro de Ciências Florestais e da Madeira, Av. Prof. Lothário Meissner, 632, Jardim Botânico, Curitiba-PR, CEP: 80.210-170.

*Author for correspondence: martini.angeline@gmail.com

Received: 20 February 2017 / Accepted: 14 August 2017 / Published: 30 September 2017

Resumo

As tipologias de floresta urbana podem atuar como ilhas de frescor para a cidade, proporcionando um microclima mais agradável. Desta forma, objetivo da pesquisa foi analisar os valores extremos das variáveis meteorológicas nas diferentes tipologias de floresta urbana existentes na cidade de Curitiba, abrangendo as estações do verão e inverno. Para isso foram selecionadas áreas de diferentes tipologias de floresta urbana na cidade de Curitiba-PR: Remanescente Florestal, Área Verde Antiga, Área Verde Moderna, Arborização de Ruas e Árvore Isolada. A influência no microclima foi analisada com base nos dados meteorológicos coletados a partir do método de pontos fixos. A análise dos extremos meteorológicos revelou que o Remanescente Florestal apresentou menores valores de temperatura máxima e maiores valores de umidade relativa nas estações do verão e inverno. Em contrapartida, os maiores valores de temperatura máxima ocorreram na tipologia Árvore Isolada na estação do verão e na Arborização de Ruas no inverno. Os valores de temperatura mínima também foram menores no Remanescente Florestal em ambas estações. Conclui-se que as tipologias de floresta urbana são essenciais para a atenuação dos extremos meteorológicos.

Palavras-chave: Arborização urbana; Microclima urbano; Estações do ano

Abstract

The typologies of urban forest can act as urban cool islands for the city, providing a more pleasant microclimate. In this way, main goal of the research was to analyze the extreme values of the meteorological variables in the different type of urban forest existing in the city of Curitiba, covering the seasons of the summer and winter. For this, areas of different types of urban forest were selected in the city of Curitiba-PR: Remaining Forest, Old Green Area, Modern Green Area, Street Trees and Isolated Tree. The influence on the microclimate was analyzed based on the meteorological data collected from the fixed point method. The analysis of meteorological extremes revealed that the Remaining Forest had lower values of maximum temperature and higher values of relative humidity in the seasons of summer and winter. In contrast, the highest values of maximum temperature occurred in the Isolated Tree typology in the summer season and in the winter in the Street Trees. The minimum temperature values were also lower in the Remaining Forest in both seasons. It is concluded that the typologies of urban forest are essential for the attenuation of meteorological extremes.

Key words: Afforestation; Urban microclimate; Seasons of the year

Introdução

A vegetação é um componente central da estrutura da paisagem urbana, tanto por motivos ecológicos, como do ponto de vista sociopsicológico, podendo influenciar significativamente na melhoria do bem-estar e da qualidade

de vida do homem (Grise 2015). Apesar de serem pequenos maciços verdes espalhados na malha urbana, exercem um papel importantíssimo na amenização climática das cidades e no seu comportamento ecológico, regional e global (Nascimento e Oliveira 2011).

Várias cidades ao redor do mundo estão buscando aumentar a área verde ou cobertura de vegetação como uma forma de gerir o calor urbano, melhorando simultaneamente a beleza, a biodiversidade e o valor recreativo (Adams e Smith 2014). Isto porque, a vegetação possibilita a existência de microclimas urbanos diferenciados por meio do sombreamento, da redução da velocidade dos ventos, da proteção solar ao ambiente urbano edificado, da redução das temperaturas urbanas, da evapotranspiração e da retenção de umidade do solo e do ar (Basso e Corrêa, 2014).

Essa ascensão da vegetação urbana ocorrida nas cidades nesta última década acaba por melhorar a paisagem, as condições ambientais e econômicas, a qualidade de vida e a saúde dos cidadãos (Jiang et al. 2015), favorecendo a habitabilidade das cidades (Jim et al. 2015). Isto se deve principalmente à sua capacidade única de controlar muitos dos efeitos adversos do meio urbano contribuindo para uma significativa melhoria da qualidade de vida (Volpe-Filik et al. 2007). Por esse motivo também, as árvores, as praças vegetadas, os parques e bosques, são citados como os melhores reguladores climáticos existentes (Leal 2012).

Todas essas formas de vegetação situada dentro do perímetro urbano é definida como floresta urbana, podendo ser de domínio público ou particular e se dividindo em áreas verdes e arborização de ruas (Biondi 2015). Consegue possibilitar a criação de microclimas diferenciados por meio do sombreamento, da redução da velocidade dos ventos, da proteção solar ao ambiente urbano edificado, da redução das temperaturas urbanas, da evapotranspiração e da retenção de umidade do solo e do ar (Basso e Correa 2014). Assim, as áreas com floresta urbana proporcionam microclimas mais frios e criam ilhas de frescor urbanas localizadas (Kong et al. 2014), que são importantes para a saúde humana e sustentabilidade das cidades (Chen et al. 2014). Esses ambientes urbanos capazes de gerar um resfriamento localizado, originando às ilhas de frescor urbano, se contrapõe ao efeito de ilhas de calor urbano, amplamente divulgado (Shashua-Bar et al. 2009).

O termo ilha de calor urbano, *Urban Heat Island (UHI)*, se refere a uma anomalia térmica na qual a temperatura da superfície urbana se caracteriza por ser superior a da vizinhança periférica/rural (Hamada e Ohta 2010; Conti 2011; Chang e Li 2014). É um fenômeno climático associado com a urbanização (Kong et al. 2014), resultado da substituição de superfícies naturais por impermeáveis, não-evaporativas, tais como concreto e asfalto (Heinl et al. 2015). Pode-se dizer também, que é provocada pelo desequilíbrio entre os elementos construídos, naturais e a própria população (Nascimento e Oliveira 2011).

Segundo Conti (2011), no processo de urbanização, a remoção da vegetação e sua substituição por áreas construídas elevam os índices de albedo e, conseqüentemente, a superfície do solo passa a reter menor quantidade de energia, aumentando a refletância. Quanto mais elevado for o volume de energia armazenado, maior é o equilíbrio térmico. Porém, nas cidades verifica-se uma desorganização nesse mecanismo climático. A radiação que incide sobre as paredes e tetos dos edifícios se acumula na forma de energia durante o dia e, à noite é liberada para a atmosfera, alimentando as ilhas de calor.

A minimização dos efeitos das ilhas de calor urbanas é, portanto, um importante serviço ecossistêmico desempenhado pelas árvores urbanas (Sung 2013) e que precisa ser profundamente compreendido. Deste modo, o objetivo da pesquisa foi analisar os valores extremos das variáveis meteorológicas nas diferentes tipologias de floresta urbana existentes na cidade de Curitiba, abrangendo as estações do verão e inverno.

Material e Métodos

A pesquisa foi desenvolvida na cidade de Curitiba, que localiza-se a 934,6 m de altitude média e o marco zero está situado na latitude 25°25'40" S e longitude 49°16'23" W. Segundo a classificação de Köppen, o clima é do tipo Cfb, subtropical úmido, mesotérmico, sem estação seca, com verões frescos e invernos com geadas frequentes e ocasional precipitação de neve. Curitiba apresenta temperatura média anual de 17,8 °C e a umidade relativa média é de 80% (IPPUC 2016).

Buscou-se selecionar em Curitiba áreas que representassem as tipologias de floresta urbana mais frequentes nas cidades brasileiras: Remanescente Florestal; Área Verde Antiga (agrupamentos de árvores implantadas com paisagismo eclético); Área Verde Moderna (agrupamentos de árvores implantadas com paisagismo moderno); Arborização de Ruas (agrupamentos de árvores contínuo que acompanha o sistema viário); Árvore Isolada (indivíduo arbóreo único, plantado no sistema viário de forma espaçada).

Tendo em vista melhor representatividade, foram selecionadas três áreas para cada tipologia de floresta urbana, totalizando assim 15 locais de monitoramento, restritos à porção central da cidade, em vista de melhor caracterizar o ambiente urbano consolidado (Figura 1 e 2): Parque Natural Municipal Barigüi, Bosque Gutierrez e Bosque João Paulo II (Remanescente Florestal); Passeio Público, Praça Eufrásio Correia e Praça Carlos Gomes (Área Verde Antiga); Praça Nossa Senhora de Salette, Praça Alfredo Andersen e Jardinetete Henrique Knopholz (Área Verde Moderna); Rua Ângelo Lopes, Rua Brigadeiro Franco e Rua Guaratuba (Arborização de Ruas); *Lagerstroemia indica* L. localizada na Rua Sant'Ana n°. 395, *Lafoensia pacari* A.St.-Hil. localizada na Rua Brasília Itiberê n°. 295 e *Handroanthus chrysotrichus* (Mart. ex A.DC.) Mattos localizado na Rua Cel. João da Silva Sampaio n°. 648 (Árvore Isolada).

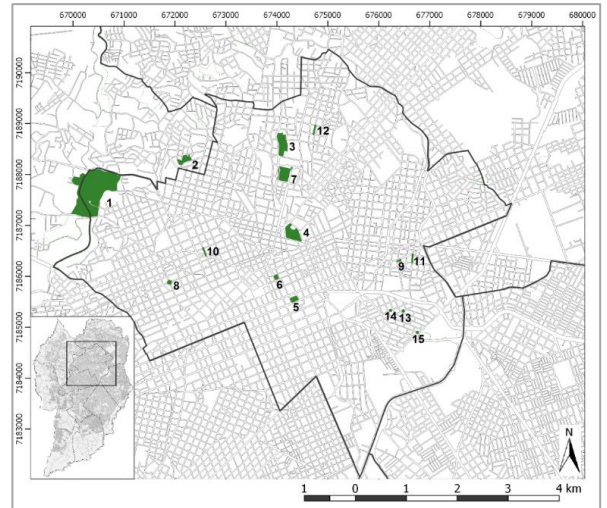


Figura 1. Localização das áreas selecionadas para monitoramento microclimático na cidade de Curitiba-PR.

NOTA: Remanescente Florestal: 1 - Parque Barigüi; 2 - Bosque Gutierrez; 3 - Bosque João Paulo II; Área Verde Antiga: 4 - Passeio Público; 5 - Praça Eufrásio Correia; 6 - Praça Carlos Gomes; Área Verde Moderna: 7 - Praça Nossa Senhora de Salette; 8 - Praça Alfredo Andersen; 9 - Jardinetete Henrique Knopholz; Arborização de Ruas: 10 - Rua Brigadeiro Franco; 11 - Rua Ângelo Lopes; 12 - Rua Guaratuba; Árvore Isolada: 13 - *Lagerstroemia indica*; 14 - *Lafoensia pacari*; 15 - *Handroanthus chrysotrichus*.



Figura 2. Imagens das áreas selecionadas para análise da influência da floresta urbana no microclima.

NOTA: Remanescente Florestal: 1 - Parque Barigüi; 2 - Bosque Gutierrez; 3 - Bosque João Paulo II; Área Verde Antiga: 4 - Passeio Público; 5 - Praça Eufrásio Correia; 6 - Praça Carlos Gomes; Área Verde Moderna: 7 - Praça Nossa Senhora de Salette; 8 - Praça Alfredo Andersen; 9 - Jardinetete Henrique Knopholz; Arborização de Ruas: 10 - Rua Brigadeiro Franco; 11 - Rua Ângelo Lopes; 12 - Rua Guaratuba; Árvore Isolada: 13 - *Lagerstroemia indica*; 14 - *Lafoensia pacari*; 15 - *Handroanthus chrysotrichus*.

O microclima das diferentes tipologias de floresta urbana foi analisado com base nos dados meteorológicos coletados a partir do método de pontos fixos. As variáveis meteorológicas coletadas com registradores *data logger* modelo Hobo® RH & Temp., da marca Onset foram temperatura (°C) e umidade relativa do ar (%).

Os registradores Hobo® foram instalados no centro de cada área de interesse, em mini abrigos meteorológicos a 4 m do solo. Os mini abrigos foram confeccionados com uma

seção de tubo PVC de 150 mm de comprimento e 100 mm de diâmetro, com aberturas nas laterais e revestidos externamente com papel alumínio, fechados por duas tampas. Foram fixados no tronco das árvores na posição vertical, com auxílio de uma fita abraçadeira de nylon.

O monitoramento das variáveis meteorológicas foi realizado simultaneamente entre as quinze áreas selecionadas, nos dias 20 a 22 de fevereiro de 2014 (verão) e 28 a 30 de julho de 2014 (inverno). As datas foram definidas com base no histórico climático da cidade. Por questões de segurança e outras possíveis interferências humanas, a coleta das variáveis meteorológicas teve duração de 48 horas, com tomada contínua em intervalos de 1 minuto, iniciando-se às 12 h e totalizando 2882 leituras. Os dias foram caracterizados como de céu limpo e sem previsão de chuva. Antes de cada período de coleta, os registradores Hobo® passaram por processo de aferição, para evitar a ocorrência de erros sistemáticos.

Os dados meteorológicos coletados foram descarregados no computador e transferidos para o programa Excel, onde foram processados. A análise dos extremos meteorológicos foi realizada partir da determinação dos valores máximos e mínimos de temperatura e umidade relativa em todas as áreas selecionadas. Além disso, analisou-se também a amplitude de variação desses dados.

Para cada tipologia foi determinada uma média, originada das três áreas que compõe essa mesma tipologia, com a qual se gerou também a amplitude de variação. Também foi constatada a necessidade de apresentar os valores extremos propriamente dito, encontrados em cada tipologia. Por esse motivo, foram elaborados gráficos de máximas e mínimas por estação do ano. Sendo assim, para cada tipologia apresentou-se o maior valor de temperatura máxima obtido em uma das áreas selecionadas da tipologia e o menor valor de temperatura mínima, o que também foi realizado para a umidade relativa.

Resultados e discussões

Os valores máximos e mínimos de temperatura e umidade relativa foram determinados para cada área selecionada e com estes dados foram calculadas as médias para cada tipologia (Tabela 1).

De modo geral, a vegetação tende a estabilizar as variáveis microclimáticas em sua volta, reduzindo os valores extremos, o que já foi sugerido por Dimoudi e Nikolopoulou (2003). Detalhadamente, observa-se que a temperatura máxima no Remanescente Florestal foi a menor média registrada, nas duas estações do ano, já a maior média ocorreu nos exemplares de Árvore Isolada, sendo que no inverno a Arborização de Ruas apresentou valor mais elevado.

Tabela 1. Média dos valores extremos de temperatura e umidade relativa do ar e amplitude no verão e inverno

Tipologias	Temperatura (°C)								
	Máxima			Mínima			Amplitude		
	Verão	Inverno	Média	Verão	Inverno	Média	Verão	Inverno	Média
Parque Barigüi	29,5	15,6	22,6	18,3	11,4	14,8	11,2	4,2	7,7
Bosque Gutierrez	28,6	14,9	21,7	17,6	11,0	14,3	10,9	3,9	7,4
Bosque João Paulo II	27,1	15,2	21,2	17,1	11,4	14,3	10,0	3,9	6,9
Remanescente Florestal	28,4	15,2	21,8	17,7	11,3	14,5	10,7	4,0	7,3
Passeio Público	28,3	16,4	22,3	19,0	11,4	15,2	9,3	5,0	7,1
Praça Eufráasio Correia	29,1	16,4	22,7	19,4	11,4	15,4	9,7	5,0	7,3
Praça Carlos Gomes	28,3	16,0	22,2	19,4	11,4	15,4	8,9	4,6	6,8
Área Verde Antiga	28,6	16,3	22,4	19,3	11,4	15,3	9,3	4,9	7,1
Praça N. Sra. de Salette	27,9	15,6	21,8	18,7	11,8	15,2	9,3	3,9	6,6
Praça Alfredo Andersen	27,5	15,6	21,6	19,0	11,4	15,2	8,5	4,2	6,4
Jard. Henrique Knopholz	30,3	16,0	23,2	18,7	11,4	15,0	11,7	4,6	8,1

Tipologias	Umidade relativa (%)						Amplitude				
	Verão	Máxima	Inver	Médi	Verão	Mínima	Inver	Médi	Verão	Inver	Médi
Área Verde Moderna	28,6	15,7	22,2	18,8	11,5	15,1	9,8	4,2	7,0		
Rua Brigadeiro Franco	29,5	16,8	23,1	19,4	11,8	15,6	10,1	5,0	7,5		
Rua Guaratuba	28,7	17,9	23,3	18,7	11,4	15,0	10,0	6,5	8,3		
Rua Ângelo Lopes	31,1	17,9	24,5	18,8	11,0	14,9	12,3	6,9	9,6		
Arborização de Ruas	29,8	17,5	23,6	19,0	11,4	15,2	10,8	6,1	8,5		
<i>Lagerstroemia indica</i>	31,9	17,5	24,7	19,0	11,0	15,0	12,9	6,5	9,7		
<i>Lafoensia pacari</i>	33,2	16,4	24,8	19,0	11,4	15,2	14,1	5,0	9,6		
<i>Handroanthus chrysotrichus</i>	34,3	17,5	25,9	19,0	11,4	15,2	15,3	6,1	10,7		
Árvore Isolada	33,1	17,1	25,1	19,0	11,3	15,1	14,1	5,9	10,0		
Parque Barigüi	99,2	94,5	96,9	41,3	73,0	57,2	57,9	21,5	39,7		
Bosque Gutierrez	99,0	98,2	98,6	44,7	81,1	62,9	54,3	17,1	35,7		
Bosque João Paulo II	100,0	94,5	97,3	52,2	79,9	66,1	47,8	14,6	31,2		
Remanescente Florestal	99,4	95,7	97,6	46,1	78,0	62,0	53,3	17,7	35,5		
Passeio Público	89,3	94,5	91,9	41,9	71,0	56,5	47,4	23,5	35,5		
Praça Eufráasio Correia	89,4	91,6	90,5	38,4	66,2	52,3	51,0	25,4	38,2		
Praça Carlos Gomes	87,1	91,6	89,4	40,3	68,0	54,2	46,8	23,6	35,2		
Área Verde Antiga	88,6	92,6	90,6	40,2	68,4	54,3	48,4	24,2	36,3		
Praça N. Sra. de Salette	91,9	89,2	90,6	43,1	70,6	56,9	48,8	18,6	33,7		
Praça Alfredo Andersen	95,0	91,6	93,3	44,2	73,7	59,0	50,8	17,9	34,4		
Jard. Henrique Knopholz	89,3	94,5	91,9	34,9	71,7	53,3	54,4	22,8	38,6		
Área Verde Moderna	92,1	91,8	91,9	40,7	72,0	56,4	51,3	19,8	35,6		
Rua Brigadeiro Franco	91,9	91,6	91,8	35,4	68,8	52,1	56,5	22,8	39,7		
Rua Guaratuba	95,0	94,5	94,8	41,9	63,3	52,6	53,1	31,2	42,2		
Rua Ângelo Lopes	92,4	98,2	95,3	30,4	63,0	46,7	62,0	35,2	48,6		
Arborização de Ruas	93,1	94,8	93,9	35,9	65,0	50,5	57,2	29,7	43,5		
<i>Lagerstroemia indica</i>	89,4	98,2	93,8	37,1	55,8	46,5	52,3	42,4	47,4		
<i>Lafoensia pacari</i>	89,3	100,0	94,7	33,1	68,3	50,7	56,2	31,7	44,0		
<i>Handroanthus chrysotrichus</i>	89,3	94,5	91,9	28,5	66,5	47,5	60,8	28,0	44,4		
Árvore Isolada	89,3	97,6	93,5	32,9	63,5	48,2	56,4	34,0	45,2		

Conforme afirmam Hernandez et al. (2002), as florestas exercem importante papel na atenuação da temperatura máxima do ar quando comparadas com ambientes mais abertos, devido a barreira proporcionada pelo dossel das copas das árvores que impedem a penetração no interior da floresta da maior parte da radiação solar. Essa menor quantidade de radiação solar incidente implica em menor aquecimento do solo, que por consequência emite menos radiação de ondas longas e menor aquecimento do ar no espaço entre o solo e as copas das árvores.

Com relação à temperatura mínima, a menor média também ocorreu no Remanescente Florestal nas duas estações, sendo que no inverno o valor nos exemplares de Árvore Isolada foi igual ao do Remanescente Florestal. A temperatura mínima na Área Verde Antiga foi a menor registrada, sendo que no inverno o valor da tipologia Arborização de Ruas foi igual ao da Área Verde Antiga e o da Área Verde Moderna foi maior.

Cruz e Lombardo (2007) também verificaram essa mesma tendência no estudo realizado na cidade de Ponta Grossa-PR. Os autores constataram que as temperaturas máximas foram mais baixas sob a vegetação e as temperaturas mínimas ficaram mais elevadas em relação à área com menos arborização.

Os menores valores de temperatura máxima observados por tipologia de floresta urbana foram no Bosque João Paulo II (Remanescente Florestal), Praça Carlos Gomes (Área Verde Antiga), Praça Alfredo Andersen (Área Verde Moderna), Rua Brigadeiro Franco (Arborização de Ruas) e exemplar *Lagerstroemia indica* (Árvore Isolada). Já as maiores médias de temperatura mínima ocorreram no Parque

Barigüi (Remanescente Florestal), Praça Carlos Gomes e Eufrázio Correia (Área Verde Antiga), Praça Nossa Senhora de Salette (Área Verde Moderna), Rua Brigadeiro Franco (Arborização de Ruas) e exemplares de *Lafoensia pacari* e *Handroanthus chrysotrichus* (Árvore Isolada).

A umidade relativa seguiu a tendência inversa, uma vez que o Remanescente Florestal registrou a maior média, no entanto, no inverno os exemplares de Árvore Isolada apresentaram valores superiores ao do Remanescente Florestal. Este também registrou a mínima umidade relativa superior às demais tipologias, em ambas as estações. A menor média de umidade relativa mínima foi observada nos exemplares de Árvore Isolada, nas duas estações do ano.

As maiores médias de umidade relativa máxima e mínima observadas por tipologia de floresta urbana foi no Bosque João Paulo II (Remanescente Florestal), Passeio Público (Área Verde Antiga), Praça Alfredo Andersen (Área Verde Moderna) e exemplar *Lafoensia pacari* (Árvore Isolada). A tipologia Arborização de Ruas apresentou maior média de umidade relativa máxima na Rua Ângelo Lopes e maior média de umidade relativa mínima na Rua Guaratuba.

De modo geral, a amplitude de temperatura foi menor na Área Verde Moderna e maior nos exemplares de Árvore Isolada. Mas ao se analisar separadamente as duas estações do ano, pode-se observar que a menor amplitude no verão ocorreu na Área Verde Antiga e no inverno no Remanescente Florestal. A maior amplitude, no entanto, foi observada nos exemplares de Árvore Isolada nas duas estações.

A menor amplitude de temperatura entre as áreas, observada por tipologia de floresta urbana ocorreu no Bosque Gutierrez (Remanescente Florestal), Passeio Público (Área Verde Antiga), Praça Alfredo Andersen (Área Verde Moderna), Rua Brigadeiro Franco (Arborização de Ruas) e exemplar de *Lafoensia pacari* (Árvore Isolada).

Os estudos de Velasco (2007) foram mais conclusivos a este respeito, pois a autora, ao analisar o microclima de ambientes com diferentes porcentagens de cobertura arbórea na cidade de São Paulo, constatou que a amplitude térmica é inversamente proporcional à porcentagem de vegetação presente na área. Logo, a área com maior quantidade de vegetação apresentou menor amplitude térmica. O que também foi verificado por Cruz e Lombardo (2007) na cidade de Ponta Grossa.

Essa variação entre as áreas que apresentaram menor amplitude de temperatura nas diferentes estações reflete o benefício microclimático da floresta urbana como um todo, pois não foi apenas o Remanescente Florestal que proporcionou esse efeito, as outras tipologias também apresentaram efeito similar. Para Hasenack et al. (2010), o amortecimento à incidência de energia por parte da vegetação arbórea é o responsável por criar, na camada de ar entre a superfície e o dossel, um microclima com amplitudes térmicas bem inferiores às amplitudes térmicas de áreas mais abertas.

Além disso, segundo Weingartner (1994), esse efeito é maior durante o verão, porque nesta estação a densidade foliar e a evapotranspiração das plantas são mais intensas. Em contrapartida, no inverno, com a redução da radiação solar, da temperatura do ar e da alteração na fenologia das plantas, há uma diminuição da diferença da amplitude.

A menor variação de umidade relativa média foi registrada no Remanescente Florestal e na Área Verde Moderna, já a maior ocorreu nos exemplares de Árvore Isolada. A análise por estação do ano permite observar que a menor variação no verão ocorreu na Área Verde Antiga e no inverno no Remanescente Florestal. A maior variação no verão ocorreu na Arborização de Ruas e no inverno nos exemplares de Árvore Isolada.

A menor variação de umidade relativa entre às áreas observada por tipologia de floresta urbana, verificou-se no João Paulo II (Remanescente Florestal), Praça Carlos Gomes (Área Verde Antiga), Praça N. Sra. de Salette (Área Verde Moderna), Rua Brigadeiro Franco (Arborização de Ruas) e exemplar de *Lafoensia pacari* (Árvore Isolada).

Em todas as tipologias foi possível observar que a amplitude de temperatura e a variação da umidade relativa foram maiores no verão do que no inverno, sendo em média 5,5 °C e 28 unidades mais alta.

Ao se analisar os valores máximos e mínimos de temperatura e umidade relativa registrados em cada tipologia, por estação do ano pode-se verificar essa mesma tendência (Figura 3).

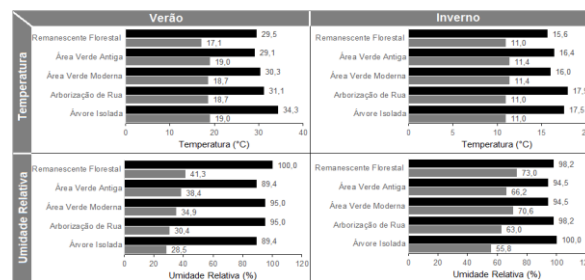


Figura 3. Valores extremos de temperatura e umidade relativa do ar no verão e inverno

A temperatura máxima no verão foi mais alta nos exemplares de Árvore Isolada e mais baixa na Área Verde Antiga. No inverno, foi mais alta na Arborização de Ruas e mais baixa no Remanescente Florestal. A temperatura mínima no verão foi mais alta na Área Verde Antiga e Árvore Isolada e mais baixa no Remanescente Florestal. No inverno os valores foram semelhantes entre as tipologias. O Remanescente Florestal, Arborização de Ruas e Árvore Isolada apresentaram registro mínimo de 11 °C e a Área Verde Antiga e Moderna registraram 11,4 °C.

A umidade relativa máxima no verão foi mais alta no Remanescente Florestal e mais baixa na Área Verde Antiga e Árvore Isolada. No inverno, foi mais alta nos exemplares de Árvore Isolada e mais baixa na Área Verde Antiga e Moderna. A umidade relativa mínima, no verão e inverno, foi mais alta no Remanescente Florestal e mais baixa nos exemplares de Árvore Isolada.

Vale destacar que a temperatura mínima sofre pouca variação entre as tipologias, sendo que no inverno o valor registrado foi semelhante entre todas as áreas. Este resultado indica que na estação mais fria a vegetação não proporciona um ambiente mais frio, como já observado por Martini et al. (2013).

Conclusões

As tipologias de floresta urbana são essenciais para a atenuação dos extremos meteorológicos. A análise revelou que o Remanescente Florestal apresentou menores valores de temperatura máxima e maiores valores de umidade relativa nas estações do verão e inverno. Em contrapartida, os maiores valores de temperatura máxima ocorreram na tipologia Árvore Isolada na estação do verão e na Arborização de Ruas no inverno.

Os valores de temperatura mínima também foram menores no Remanescente Florestal em ambas as estações, no entanto, destaca-se, que no inverno esses valores foram iguais aos dos exemplares de Árvore Isolada.

Com relação a amplitude de temperatura, observou-se menor valor na Área Verde Moderna e maior nos exemplares de Árvore Isolada. Para a umidade relativa, a menor variação foi registrada no Remanescente Florestal e na Área Verde

Moderna e maior amplitude nos exemplares de Árvore Isolada. Contudo, ocorreram variações de acordo com a estação do ano para as duas variáveis.

Agradecimentos

À Fundação Araucária de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Paraná pelo financiamento à compra dos equipamentos.

Referências

- Adams MP, Smith PL (2014) A systematic approach to model the influence of the type and density of vegetation cover on urban heat using remote sensing. *Landscape and Urban Planning*, 132: 47-54. doi: 10.1016/j.landurbplan.2014.08.008
- Basso JM, Corrêa RS (2014) Arborização urbana e qualificação da paisagem. *Paisagem e Ambiente*, 34:129-148. doi: 10.11606/issn.2359-5361.v0i34p129-148
- Biondi D (2015) Floresta urbana: conceitos e terminologias. In: Biondi D (ed). *Floresta Urbana*. Curitiba: A autora, p. 11-27.
- Chang C, Li M (2014) Effects of urban parks on the local urban thermal environment. *Urban Forestry & Urban Greening*, 13:672-681. doi: 10.1016/j.ufug.2014.08.001
- Chen A, Yao XA, Sun R, Chen L (2014) Effect of urban green patterns on surface urban cool islands and its seasonal variations. *Urban Forestry & Urban Greening*, 13: 646-654. doi: 10.1016/j.ufug.2014.07.006
- Conti JB (2011). *Clima e meio ambiente*. 7.ed. São Paulo: Atual. 96p.
- Cruz GCF, Lombardo MA (2007). A importância da arborização para o clima urbano. In: *II Seminário Nacional Sobre Regeneração Ambiental de Cidades*, Londrina, Brasil.
- Dimoudi A, Nikolopoulou M (2003) Vegetation in the urban environment: microclimatic analysis and benefits. *Energy and Buildings*, 35(1): 69-76. doi: 10.1016/S0378-7788(02)00081-6
- Grise MM (2015) *Caracterização da floresta urbana de Curitiba-PR por meio de sensoriamento remoto de alta resolução espacial*. Tese, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná. 147p.
- Hamada S, Ohta T (2010) Seasonal variations in the cooling effect of urban green areas on surrounding urban areas. *Urban Forestry & Urban Greening*, 9: 15-24. doi: 10.1016/j.ufug.2009.10.002
- Hasenack H, Cordeiro JLP, Hoffmann GS (2010) Macroclima, o clima regional e mesoclima, o clima local. In: SESC (ed) *O clima na Reserva Particular de Patrimônio Natural SESC Pantanal*. Rio de Janeiro: SESC p.61-90.
- Heinl M, Hammerle A, Tappeiner U, Leitinger G (2015) Determinants of urban-rural land surface temperature differences – A landscape scale perspective. *Landscape and Urban Planning*, 134:33-42. doi: 10.1016/j.landurbplan.2014.10.003
- Hernandes JL, Pedro Junior MJ, Bardin L (2002) Diferenças estacionais entre variáveis microclimáticas para ambientes de interior de mata, vinhedo e posto meteorológico em Jundiá (SP). *Bragantia*, 61(2):169-180. doi: 10.1590/S0006-87052002000200010
- Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Curitiba – IPPUC (2016) *Curitiba em dados*. Disponível em:<http://curitibaemdados.ippuc.org.br/Curitiba_em_dados_Pesquisa.htm>.
- Jiang B, Larsen L, Deal B, Sullivan WC (2015) A dose-response curve describing the relationship between tree cover density and landscape preference. *Landscape and Urban Planning*, 139: 16-25. doi: 10.1016/j.landurbplan.2015.02.018
- Jim CY, Lo AY, Byrne JA (2015) Charting the green and climate-adaptive city. *Landscape and Urban Planning*, 138: 51-53. doi: 10.1016/j.landurbplan.2015.03.007
- Kong F, Yin H, Wang C, Cavan G, James P (2014) A satellite image-based analysis of factors contributing to the green-space cool island intensity on a city scale. *Urban Forestry & Urban Greening*, 13: 846-853. doi: 10.1016/j.ufug.2014.09.009
- Leal L (2012) *A influência da vegetação no clima urbano da cidade de Curitiba – PR*. Tese, Universidade Federal do Paraná. 172p.
- Martini A, Biondi D, Batista AC (2013) Influência da arborização de ruas na atenuação dos extremos meteorológicos no microclima urbano. *Enciclopédia Biosfera* 9(17):1685-1695.
- Nascimento DTF, Oliveira IJ (2011) Análise da evolução do fenômeno de ilhas de calor no município de Goiânia/GO (1986 - 2010). *Boletim Goiano de Geografia*, 31(2): 113-127. doi: 10.5216/bgg.V31i2.16849.
- Shashua-Bar L, Pearlmuter D, Erell E (2009) The cooling efficiency of urban landscape strategies in a hot dry climate. *Landscape and Urban Planning*, 92:179-186. doi: 10.1016/j.landurbplan.2009.04.005
- Sung CY (2013) Mitigating surface urban heat island by a tree protection policy: A case study of The Woodland, Texas, USA. *Urban Forestry & Urban Greening*, 12: 474-480. doi: 10.1016/j.ufug.2013.05.009
- Velasco GDN (2007) *Potencial da arborização viária na redução do consumo de energia elétrica: definição de três áreas na cidade de São Paulo – SP, aplicação de questionários, levantamento de fatores ambientais e estimativa de Graus-Hora de calor*. Tese, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo. 123p.
- Volpe-Filik A, Silva LF, Lima AMLP (2007) Avaliação da arborização de ruas do bairro São Dimas na cidade de Piracicaba/SP através de parâmetros qualitativos. *Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana*, 2(1): 34-43.
- Weingartner GS (1994) *Análise do efeito termoluminoso de sombreamento da arborização urbana de Porto Alegre – RS*. Dissertação, Faculdade de Arquitetura, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 293p.