

**PROBABILIDADE DE OCORRÊNCIA DE ALTAS TEMPERATURAS
DO AR E CHUVAS INTENSAS EM PIRACICABA/SP**

Flávio Henrique Mendes¹

¹Universidade de São Paulo – USP, Piracicaba/SP
E-mail: friquemendes@usp.br

Sônia Maria de Stefano Piedade²

²Universidade de São Paulo – USP, Piracicaba/SP
E-mail: soniamsp@usp.br

Luis Gustavo Mendes³

³Universidade de São Paulo – USP, Piracicaba/SP
E-mail: luis.gustavo.mendes@usp.br

António Manuel Saraiva Lopes⁴

⁴Universidade de Lisboa, Lisboa/PT
E-mail: antonio.lopes@campus.ul.pt

Demóstenes Ferreira da Silva Filho⁵

⁵Universidade de São Paulo – USP, Piracicaba/SP
E-mail: dfilho@usp.br

Resumo

Os Serviços Ecológicos proporcionados pela natureza são fundamentais para a manutenção da vida na Terra. Entretanto, nas cidades, nem sempre a vegetação é valorizada e muitas vezes compete o espaço por metro quadrado disponível. O objetivo desta pesquisa foi verificar as probabilidades de ocorrência de altas temperaturas do ar (a partir de 30°C) e intensa precipitação (a partir de 35 mm) em Piracicaba/SP, sob a justificativa das áreas verdes e da arborização urbana serem importantes meios na criação de microclimas mais agradáveis e aumentarem a infiltração da água no solo. A partir de dados registrados pela Estação Meteorológica da ESALQ/USP, de 1917 a 2017, utilizou-se a Distribuição Normal para a temperatura do ar e a Distribuição Binomial Negativa Truncada para a precipitação. Os resultados mostraram que temperaturas desconfortáveis ocorrem numa frequência de 38% dos casos, ou seja, média de 138 dias por ano, enquanto que as chuvas intensas tiveram média de 7,7 casos por ano, sendo mais críticas durante o verão. Para ambas as distribuições, os ajustes foram bons (teste de qui-quadrado). Isso demonstra a necessidade de políticas públicas que valorizem a presença da vegetação nas cidades, sobretudo em grandes centros urbanizados, para mitigar as altas temperaturas e prevenir enchentes, alagamentos e transtornos.

Palavras-chave: Serviços ecossistêmicos; Microclima; Alagamentos; Distribuição normal; Distribuição binomial negativa truncada.

PROBABILITY OF OCCURRENCE OF HIGH AIR TEMPERATURES AND HEAVY RAINS IN PIRACICABA/SP

Abstract

Ecosystem Services provided by nature are fundamental to the maintenance of life on Earth. However, in cities, vegetation is not always valued and often competes the space for available square meter. The objective of this research was to verify the probability of occurrence of high air temperatures (since 30°C) and intense precipitation (since 35 mm) in Piracicaba/SP/Brazil, under the justification of green areas and urban forestry to be important means to create more pleasant microclimates and increase the infiltration of water into the soil. From the data recorded by the ESALQ/USP Meteorological Station, from 1917 to 2017, was used Normal Distribution for the air temperature and Truncated Negative Binomial Distribution for the precipitation. The results showed that uncomfortable temperatures occur at a frequency of 38% of cases, i.e., average of 138 days per year, while heavy rains averaged 7.7 cases per year, being more critical during the summer. For both distributions, the adjustments were good (chi-squared test). This demonstrates the need of public policies that value the presence of vegetation in cities, especially in large urban centers, to mitigate high temperatures and prevent floods, inundations and disorders.

Keywords: Ecosystem services; Microclimate; Flooding; Normal distribution; Truncated negative binomial distribution.

PROBABILIDAD DE OCURENCIA DE ALTAS TEMPERATURAS DEL AIRE Y LLUVIAS INTENSAS EN PIRACICABA/SP

Resumen

Los Servicios Ecosistémicos proporcionados por la naturaleza son fundamentales para el mantenimiento de la vida en la Tierra. Sin embargo, en las ciudades, no siempre la vegetación es valorada y muchas veces compite con el espacio por metro cuadrado disponible. El objetivo de esta investigación fue verificar las probabilidades de ocurrencia de altas temperaturas del aire (a partir de 30°C) e intensa precipitación (a partir de 35 mm) en Piracicaba/SP, bajo la justificación de las áreas verdes y de la arborización urbana ser importantes medios en la creación de microclimas más agradables y aumentar la infiltración del agua en el suelo. A partir de datos registrados por la Estación Meteorológica de ESALQ/USP, de 1917 a 2017, se utilizó la Distribución Normal para la temperatura del aire y la Distribución Binomial Negativa Truncada para la precipitación. Los resultados mostraron que las temperaturas incómodas ocurren en una frecuencia del 38% de los casos, es decir, promedio de 138 días al año, mientras que las lluvias intensas tuvieron una media de 7,7 casos al año, siendo más críticas durante el verano. Para ambas distribuciones, los ajustes fueron buenos (prueba de chi-cuadrado). Esto demuestra la necesidad de políticas públicas que valoren la presencia de la vegetación en las ciudades, sobre todo en grandes centros urbanizados, para mitigar las altas temperaturas y prevenir inundaciones, inundaciones y trastornos.

Palabras-clave: Servicios ecossistémicos; Microclima; Inundaciones; Distribución normal; Distribución binomial negativa truncada.

Introdução

Os benefícios que as pessoas obtêm da natureza, direta ou indiretamente, a fim da manutenção da vida no planeta, denomina-se “Serviços Ecossistêmicos” ou “Serviços Ambientais” (O ECO, 2014). De acordo com a Organização das Nações Unidas - ONU,

esses serviços dividem-se em provisão (alimentos, fibras, produtos bioquímicos, água doce), regulação (qualidade do ar, recursos hídricos, controle climático), cultural (recreação, educacional, estético) e suporte (ciclagem de nutrientes, formação de solo) (REID et al., 2005). Em Nova York (EUA), os benefícios anuais da arborização chegam a 153 milhões de dólares (NOWAK et al., 2018). Neste âmbito, as áreas verdes, com destaque para a arborização urbana, apresentam-se como elementos essenciais para a regulação microclimática, pois amenizam as altas temperaturas e facilitam a infiltração da água no solo (BURDEN, 2006).

A árvore é o meio mais eficiente para reduzir a temperatura do ar e gerar conforto microclimático (SHASHUA-BAR; PEARLMUTTER; ERELL, 2009). Apesar da vegetação herbácea e os gramados também contribuirão para a infiltração da água no solo, estes amortizam o calor ao nível dos pedestres em menor impacto, se comparado com aquela (NG et al., 2012).

Com aproximadamente um terço da área urbana coberta por árvores é possível reduzir a temperatura do ar em torno de 1°C (NG et al., 2012). Num contexto social, a sombra proveniente da arborização urbana é o principal benefício percebido pela população, conforme verificado em Santa Maria/RS (ROPPA et al., 2007), Uberlândia/MG (RIBEIRO, 2009) e Ubá/MG (PIZZIOLO et al., 2014). Quando a temperatura do ar atinge valores superiores a 30°C, o corpo humano experimenta sensações de desconforto (GOMES; AMORIM, 2003). Referente à precipitação, quando esta supera os 35 mm diários, podem causar desastres significativos, como alagamentos (SANCHES et al., 2018).

O objetivo foi verificar as probabilidades de ocorrência de altas temperaturas do ar (a partir de 30°C) e intensa precipitação (a partir de 35 mm) em Piracicaba/SP, sob a justificativa das áreas verdes e da arborização urbana serem importantes meios na criação de microclimas mais agradáveis e aumentarem a infiltração da água no solo, respectivamente.

Material e Métodos

Foram utilizados dados da Estação Meteorológica Convencional da ESALQ/USP, dos anos de 1917 a 2017, porém, devido a falhas no banco de dados (superiores a uma semana sem registro), excluíram-se os anos de 1971 a 1974, 1978 e 1988, totalizando 95 anos de série histórica, ou seja, 1140 meses.

A Estação situa-se em Piracicaba/SP, coordenadas geográficas 22° 42' 30" S e 47° 38' 00" W, clima tipo Cwa (conforme classificação de Köppen-Geiger), a 546 m de altitude e precipitação média de 1300 mm por ano (ENGENHARIA DE BIOSISTEMAS, 2018). Os registros em Piracicaba/SP tiveram início em 1917, entretanto, as instalações passaram por uma reforma entre novembro de 1972 e março de 1973, ocasionando interrupções na coleta de dados (ASSIS; VILLA NOVA, 1995).

As variáveis consideradas foram: temperatura máxima do ar a partir de 30°C (GOMES; AMORIM, 2003) e precipitação diária a partir de 35 mm (SANCHES et al., 2018). Desse modo, pela programação em *Visual Basic for Applications* (VBA), a série histórica foi descarregada para a compilação e processamento em MS Excel 2013.

Para cada variável fez-se uma tabela com a distribuição de frequências, sendo aplicada a Distribuição Normal para dados de temperatura e a Distribuição Binomial Negativa Truncada para a precipitação, sendo esta recomendada em análise de dados climatológicos para variáveis discretas em que a variância é maior que a média, como o número de dias com chuva de elevada intensidade, desde que sem a classe zero (ASSIS et al., 1996).

A função densidade de probabilidade (fdp) da Distribuição Normal é dada por:

$$f(x) = \{1/[\sigma * \sqrt{2\pi}] \} * e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}} \quad \text{(Equação 1)}$$

Considerando um conjunto de dados com $n > 80$, a quantidade e o tamanho das classes foram calculados de acordo com a fórmula de Sturges (1926):

$$c = 1 + 3,322 * \log(n) \quad \text{(Equação 2)}$$

A função densidade de probabilidade (fdp) da Distribuição Binomial Negativa Truncada é dada por:

$$p(x) = \left[\frac{w^k}{1-w^k} \right] * \left\{ \frac{[(k+x-1)!]}{(k-1)!x!} \right\} * (1-w)^x \quad \text{(Equação 3)}$$

Onde $x = 1, 2, 3...$

Essa distribuição possui dois parâmetros, w e k , obtidos pelos dois primeiros momentos, calculados por:

$$w = \left(\frac{\bar{x}}{s^2}\right) * \left(1 - \frac{f}{n}\right) \quad (\text{Equação 4})$$

$$k = \frac{w\bar{x} - \frac{f}{n}}{1-w} \quad (\text{Equação 5})$$

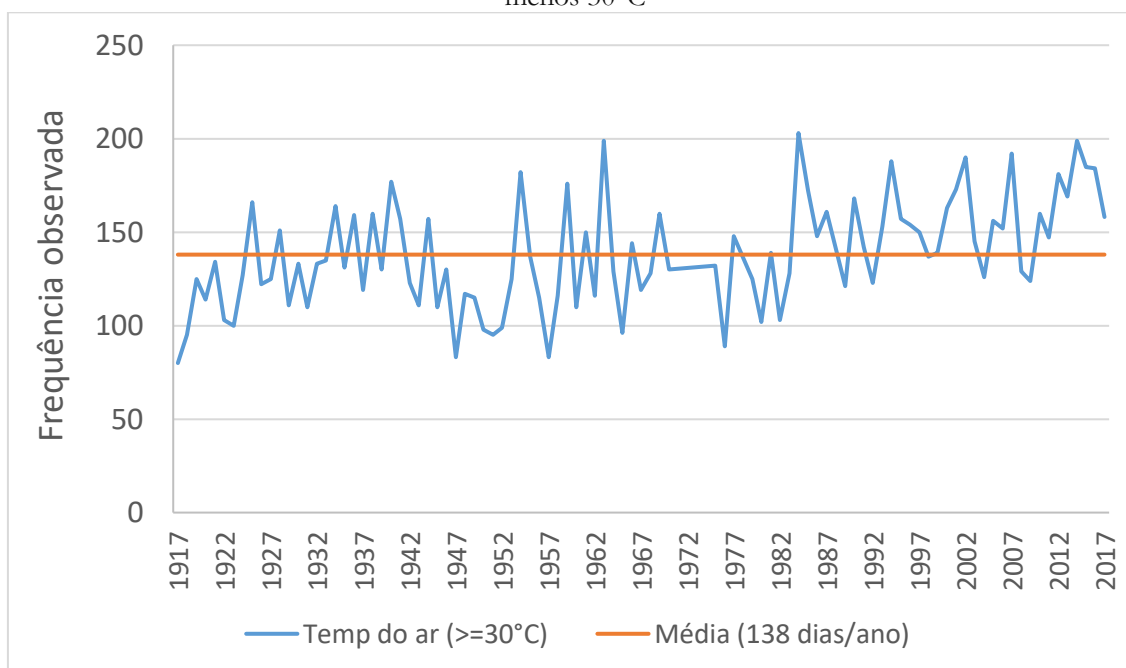
Onde \bar{x} = média, s^2 = variância, f = frequência do primeiro valor de x , n = soma das frequências.

Na sequência, aplicou-se o teste de aderência (qui-quadrado), para verificar se os ajustes foram bons. Para complementar a pesquisa, referente à variável precipitação, elaborou-se o mapa de altimetria da cidade, a fim de analisar a geografia local com as cotas, a partir do radar ALOS-PALSAR, resolução espacial de 12,5 m.

Resultados e Discussões

Nessa série histórica de Piracicaba/SP, para a temperatura do ar maior ou igual a 30°C, a frequência observada variou de 80 a 203 dias por ano, apresentando média de 138 dias que podem ser considerados desconfortáveis termicamente, percebendo uma tendência do aumento da quantidade de dias quentes no ano a partir da década de 1980 (Figura 1).

Figura 1: Frequência observada para a quantidade de dias por ano com temperatura do ar de pelo menos 30°C



Fonte: Estação da ESALQ/USP.

Desde a divulgação do primeiro relatório, em 1990, o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, sigla em inglês), órgão vinculado à ONU, vem acompanhando as mudanças climáticas. Em seu mais recente relatório, o *Special Report 15* (SR15), de outubro de 2018, revelou uma elevação de 1,5°C na temperatura do ar (IPCC, 2018). Entretanto, este fato não é consenso: Ribeiro (2010), há nove anos atrás, já destacava as incertezas quanto às reais consequências desse aquecimento global, tanto na temperatura quanto nos regimes de chuvas. Quanto ao posicionamento das pessoas, por meio da mídia, Carneiro e Toniolo (2012), ao compilarem 676 notícias, descobriram haver dualidade de pensamentos entre a concordância plena de que as causas sejam exclusivamente antrópicas e sua completa negação, ou seja, se o aquecimento global realmente tem origem antrópica.

A Tabela 1 mostra as classes de frequências observadas, esperadas e o cálculo das probabilidades de ocorrência de dias quentes, sendo $N = 95$; $c = 8$ classes; amplitude (a) = 15; média = 138 dias; variância = 839,82 e desvio padrão = 28,98. As probabilidades foram calculadas por meio da Equação 1, enquanto que a quantidade de classes (c), pela Equação 2.

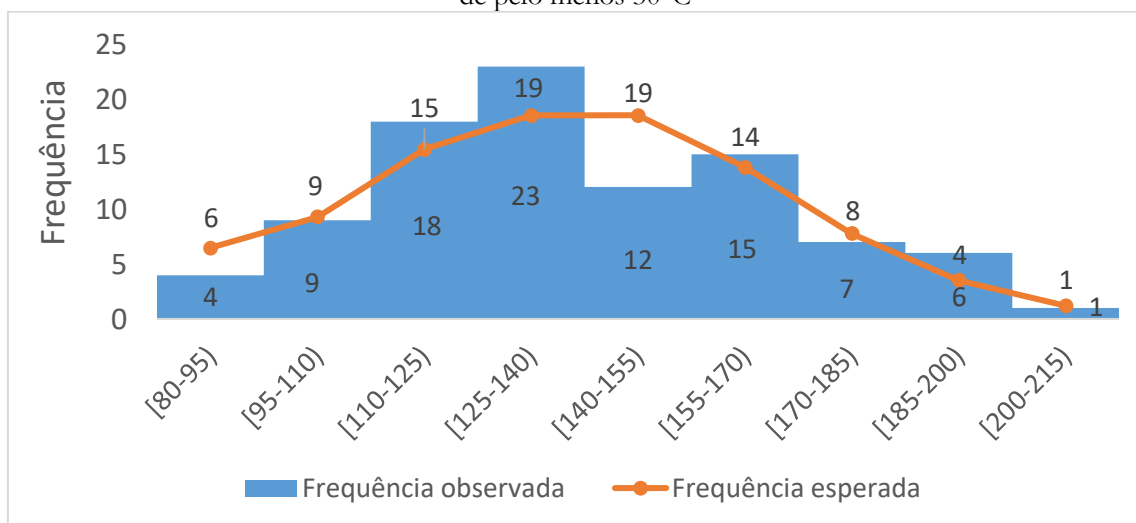
Tabela 1: Cálculo das probabilidades de ocorrência de dias quentes, sendo “x” o intervalo da classe, “f obs” a frequência observada, “f(xi)” a probabilidade de ocorrência e “f esp” a frequência esperada

x	f obs	f(xi)	f esp
80 --- 95	4	0,0681	6
95 --- 110	9	0,0979	9
110 --- 125	18	0,1627	15
125 --- 140	23	0,1952	19
140 --- 155	12	0,1951	19
155 --- 170	15	0,1453	14
170 --- 185	7	0,0820	8
185 --- 200	6	0,0371	4
200 --- 215	1	0,0126	1
Total	95	1,00	95

Fonte: Os próprios autores.

A representação gráfica pode ser visualizada na Figura 2.

Figura 2: Representação gráfica para a distribuição normal, referente à variável temperatura do ar, de pelo menos 30°C



Fonte: Estação da ESALQ/USP.

Para verificar se o ajuste foi bom, calculou-se o Teste de Aderência (qui-quadrado), considerando $\alpha = 0,05$; $n = 8$ (cujos valores acima de 3 foram agrupados); $p = 2$; graus de liberdade = 5 ($n-p-1$), obtendo-se X^2 calculado < X^2 tabelado ($6,029 < 11,070$) (Tabela 2). Desse modo, não rejeita-se H_0 ; portanto, o ajuste foi bom e os dados têm Distribuição Normal.

Tabela 2: Teste de Aderência para a temperatura do ar

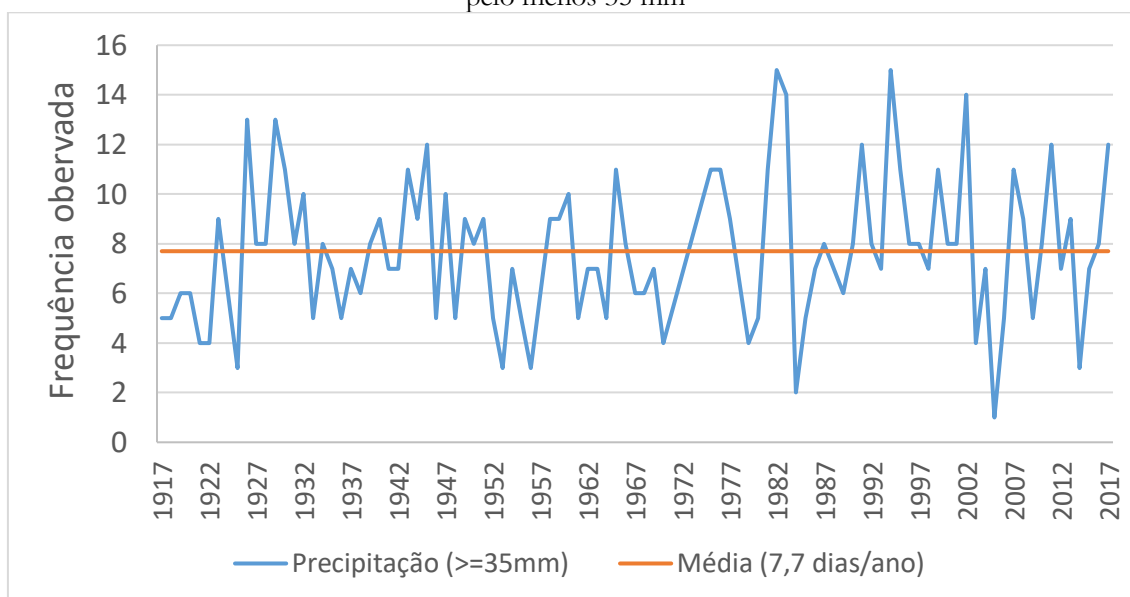
ni	f obs	f esp	$(f \text{ obs} - f \text{ esp})^2 / f \text{ esp}$
1	4	6	0,943
2	9	9	0,010
3	18	15	0,419
4	23	19	1,071
5	12	19	2,304
6	15	14	0,104
7	7	8	0,080
8	7	5	1,100
			6,029

Fonte: Os próprios autores.

Quanto à precipitação intensa (a partir de 35 mm), variou de 1 a 15 dias por ano, com média de 7,7 casos anuais (Figura 3), capazes de gerar possibilidades de alagamentos e demais transtornos. Como limitação desta pesquisa, precipitações menores que 35 mm também podem causar transtornos, se ocorrerem num curto espaço de tempo (questão de minutos ou poucas horas), conforme verificado pelas notícias da mídia local, o que aumentaria a média de ocorrências ao ano, mas tal dado não está disponível na Estação Meteorológica Convencional da ESALQ/USP, apenas na Automática, com dados a partir de 1997.

Assim como observado para a variável temperatura máxima do ar, a partir da década de 1980, houve aumento da quantidade de casos com chuvas intensas no ano, sendo a frequência mínima (um evento - 2005) e a máxima (15 eventos - 1982 e 1994) registradas durante esse período da série histórica. A estação mais crítica foi o verão, marcada pelos altos índices de pluviosidade para Piracicaba/SP, sobretudo os meses de dezembro, janeiro e fevereiro, responsáveis por 55,8% das ocorrências.

Figura 3: Frequência observada para a quantidade de dias por ano com precipitação intensa, de pelo menos 35 mm



Fonte: Estação da ESALQ/USP.

No Brasil, o regime de chuvas tropicais intensas no verão do Sudeste e inverno do Nordeste representa um desafio para a drenagem das cidades, cujas ruas impermeáveis e solos compactados contribuem para o escoamento superficial (BEZERRA; FERNANDES, 2000). Para Nicodemo e Primavesi (2009), como consequência do aquecimento global, é esperado um aumento na intensidade de chuvas, o que exigirá uma estrutura urbana mais eficiente para a drenagem da chuva, a fim de evitar enchentes mais destruidoras. Nessa linha de raciocínio, em pesquisa feita por Silva e colaboradores (2010), espécies de grande porte, como a sibipiruna (*Poincianella pluviosa* (DC.) L. P. Queiros) e a tipuana (*Tipuana tipu* (Benth.) Kuntze), encontradas comumente na arborização urbana de cidades brasileiras, assim como em Piracicaba/SP, são capazes de reter até 60% da chuva nas primeiras duas horas, apresentando, segundo os autores, grande potencial de redução de enchentes e consequente alagamentos nas cidades. De igual modo, Xiao and McPherson (2002) encontraram valores entre 15% (*Jacaranda mimosifolia*) e 66% (*Tristania conferta*) de interceptação da chuva, a depender do tamanho e da densidade de copa. Ademais, uma árvore de médio porte é capaz de interceptar aproximadamente 10 mil litros de precipitação por ano (CUFR, 2002). Reter grande volume de chuva, sobretudo no início do evento, que costuma ser de maior intensidade, é essencial para o equilíbrio hidrológico urbano e controle do escoamento

superficial nas cidades, uma vez que, em vias públicas, este escoamento pode chegar a 80% (PAULEIT; DUHME, 2000).

A Tabela 3 mostra as classes de frequências observadas, esperadas e o cálculo das probabilidades da ocorrência de chuvas intensas, sendo $n = 95$; média = 7,7 dias; variância = 8,7; parâmetro $w = 0,8775$ e parâmetro $k = 54,9365$. As probabilidades foram calculadas por meio da Equação 3, tomando por base os parâmetros w e k das Equações 4 e 5, respectivamente.

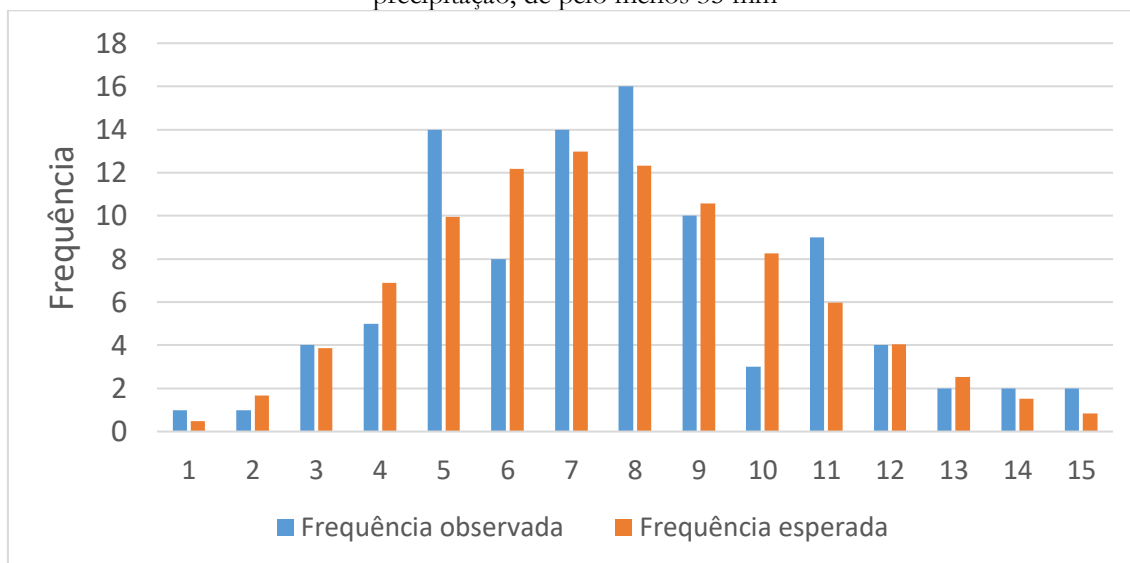
Tabela 3: Cálculo das probabilidades de ocorrência de chuvas intensas, sendo “xi” a quantidade de dias, “f obs” a frequência observada, “p(xi)” a probabilidade de ocorrência e “f esp” a frequência esperada

xi	f obs	p(xi)	f esp
1	1	0,0051	0
2	1	0,0176	2
3	4	0,0408	4
4	5	0,0725	7
5	14	0,1047	10
6	8	0,1282	12
7	14	0,1367	13
8	16	0,1297	12
9	10	0,1111	11
10	3	0,0871	8
11	9	0,0630	6
12	4	0,0424	4
13	2	0,0268	3
14	2	0,0159	2
15	2	0,0090	1
Total	95	0,9905	95

Fonte: Os próprios autores.

A representação gráfica pode ser visualizada na Figura 4.

Figura 4: Representação gráfica para a distribuição binomial negativa truncada, referente à variável precipitação, de pelo menos 35 mm



Fonte: Estação da ESALQ/USP.

Para verificar se o ajuste foi bom, calculou-se o Teste de Aderência (qui-quadrado), considerando $\alpha = 0,05$; $n = 10$ (cujos valores acima de 3 foram agrupados); $p = 2$; graus de liberdade = 7 ($n-p-1$), obtendo-se X^2 calculado $< X^2$ tabelado ($5,292 < 14,067$) (Tabela 4). Desse modo, não rejeita-se H_0 ; portanto, o ajuste também foi bom, cujo conjunto de dados foi adequado para a Distribuição Binomial Negativa Truncada.

Tabela 4: Teste de Aderência para a precipitação intensa

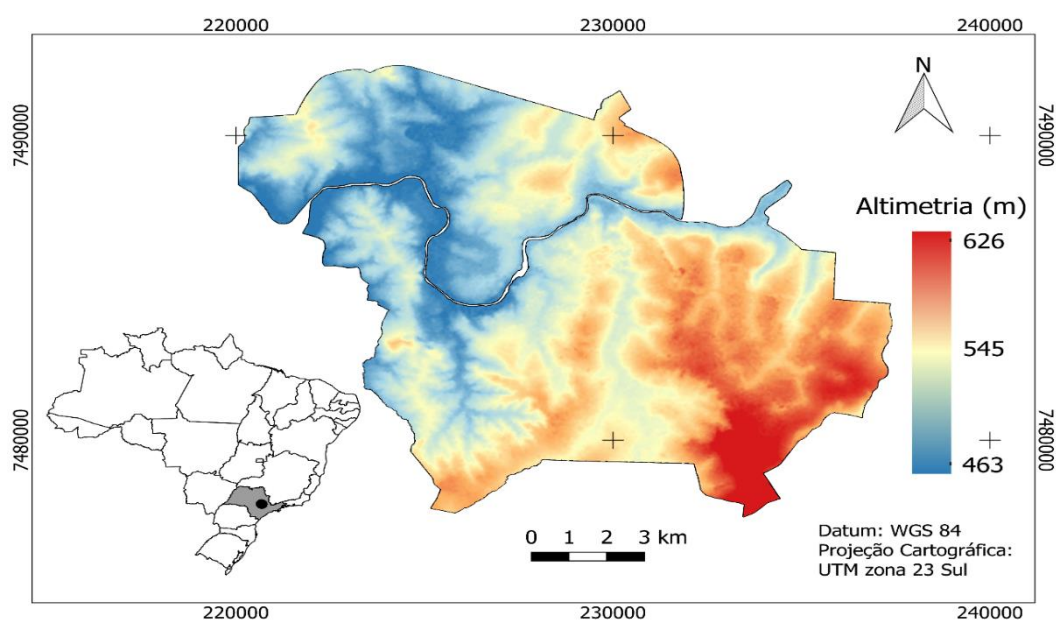
n_i	f obs	f esp	$(f \text{ obs} - f \text{ esp})^2 / f \text{ esp}$
1	6	6	0,000
2	5	7	0,571
3	14	10	1,600
4	8	12	1,333
5	14	13	0,077
6	16	12	1,333
7	10	11	0,091
8	12	14	0,286
9	4	4	0,000
10	6	6	0,000
			5,292

Fonte: Os próprios autores.

O conhecimento da Geografia é fundamental para o planejamento urbano. Por meio do radar ALOS/PALSAR foi possível identificar as áreas mais altas em Piracicaba/SP.

Esta informação é importante uma vez que estes locais são estratégicos para a gestão das áreas verdes e da arborização urbana, pois promovem a interceptação da água da chuva e sua consequentemente infiltração, evitando que o escoamento superficial siga para as áreas mais baixas e cause enchentes, alagamentos e transtornos. A Figura 5 destaca, em vermelho, que estas áreas se concentram nas zonas leste e sul.

Figura 5: Mapa de altimetria de Piracicaba/SP, com cotas variando de 463 m a 626 m



Fonte: Elaborado no programa QGIS 2.18, a partir do radar ALOS/PALSAR.

Conclusões

Na série histórica estudada, a frequência de ocorrência de dias desconfortáveis para Piracicaba/SP foi de pouco mais de um terço (38%), quando a temperatura máxima do ar ultrapassou 30°C. Quanto às intensas precipitações (a partir de 35 mm), por se tratar de um evento climático mais raro, ocorre numa frequência média de 7,7 casos por ano, variando de 1 a 15 eventos anuais, ou seja, todo ano ocorre a possibilidade de alagamentos, que vai depender da quantidade de superfície impermeável.

Independentemente de quem seja o responsável pelo aquecimento global e se este realmente estiver ocorrendo ou não, é fato que a partir da década de 1980, em Piracicaba/SP, houve aumento da quantidade de dias quentes e de chuvas intensas no ano. Isso demonstra a necessidade de políticas públicas que valorizem a presença da vegetação nas cidades,

sobretudo em grandes centros urbanizados, a fim de amenizar as altas temperaturas e prevenir enchentes, alagamentos e transtornos.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001. Os autores também agradecem ao colega Luiz Augusto Leite Ribeiro pela tabulação dos dados.

Referências

ASSIS, F.N.; VILLA NOVA, N.A. Modelagem da ocorrência e da quantidade de chuva em Piracicaba. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 52, n. 1, 1995.

ASSIS, F.N.; ARRUDA, H.V.; PEREIRA, A.R. **Aplicações de estatística à climatologia: teoria e prática**. Pelotas: UFPel, 1996.

BEZERRA, M.C.L.; FERNANDES, M.A. **Cidades sustentáveis: subsídios à elaboração da Agenda 21 brasileira**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2000.

BURDEN, D. **Urban Street Trees: 22 Benefits Specific Applications**. Orlando: Glatting Jackson and Walkable Communities Inc., 2006.

CARNEIRO, C.D.R.; TONIOLO, J.C. A Terra 'quente' na imprensa: confiabilidade de notícias sobre aquecimento global. **História, Ciências, Saúde-Manguinhos**, v. 19, n. 2, p. 369-389, 2012.

CENTER FOR URBAN FOREST RESEARCH (CUFR). **Fact Sheet 4: Control Stormwater Runoff with Trees**. 2002. Disponível em: <https://www.fs.fed.us/psw/topics/urban_forestry/products/CUFR_182_UFfactsheet4.pdf>. Acesso em: 12 fev. 2019.

ENGENHARIA DE BIOSISTEMAS. **Série de Dados Climatológicos do Campus Luiz de Queiroz de Piracicaba, SP**. Disponível em: <<http://www.leb.esalq.usp.br/leb/postocon.html>>. Acesso em: 25 nov. 2018.

GOMES, M.A.S.; AMORIM, M.C.C.T. Arborização e conforto térmico no espaço urbano: estudo de caso nas praças públicas de Presidente Prudente (SP). **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 7, n. 10, p. 94-106, 2003.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). Global Warming of 1.5°C. Disponível em: <<https://www.ipcc.ch/sr15/>>. Acesso em: 11 fev. 2019.

NG, E; CHEN, L.; WANG, Y.; YUAN, C. A study on the cooling effects of greening in a high-density city: An experience from Hong Kong. **Building and Environment**, v. 47, p. 256-271, 2012.

NICODEMO, M.L.F.; PRIMAVESI, O. **Por que manter árvores na área urbana?** São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2009.

NOWAK, D. et al. **The urban forest of New York City**. Resource Bulletin NRS-117. Newtown Square: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Northern Research Station. 2018. <https://doi.org/10.2737/NRS-RB-117>.

O ECO. **O que são Serviços Ambientais**. 2014. Disponível em: <<https://www.oeco.org.br/dicionario-ambiental/28158-o-que-sao-servicos-ambientais/>>. Acesso em: 26 nov. 2018.

PAULEIT, S; DUHME, F. Assessing the environmental performance of land cover types for urban planning. **Landscape and Urban Planning**, v. 52, n. 1, p. 1-20, 2000.

PIZZIOLO, B.V.; TOSTES, R.; SILVA, K.; ARRUDA, V.M. Arborização urbana: Percepção ambiental dos moradores dos bairros Bom Pastor e Centro da cidade de Ubá/MG. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 18, n. 3, p. 1162-1169, 2014.

REID, W.V. et al. Millennium Ecosystem Assessment. **Ecosystems and human well-being: Synthesis**. Washington: World Resources Institute, 2005.

RIBEIRO, F.A.B.S. Arborização urbana em Uberlândia: percepção da população. **Revista da Católica**, Uberlândia, v. 1, n. 1, p. 224-237, 2009.

RIBEIRO, W.C. Impactos das mudanças climáticas em cidades no Brasil. **Parcerias Estratégicas**, Brasília, v. 13, n. 27, p. 297-322, 2010.

ROPPA, C.; FALKENBERG, J.R.; STANGERLIN, D.M.; BRUN, F.G.K.; BRUN, E.J.; LONGHI, S.J. Diagnóstico da percepção dos moradores sobre a arborização urbana na Vila Estação Colônia – Bairro Camobi, Santa Maria – RS. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, v. 2, n. 2, p. 11-30, 2007.

SANCHES, R.G.; NEVES, G.Z.F.; SANTOS, B.C.; SILVA, M.S.D.; PEREIRA, D.N.B.; TECH, A.R.B. Intense Rainfall in São Carlos/SP: Determination of Threshold Values Using Climate Indices and Their Spatio-Temporal Repercussion. **American Journal of Climate Change**. v. 7, n. 3, p. 388-401, 2018.

SHASHUA-BAR, L.; PEARLMUTTER, D.; ERELL, E. The cooling efficiency of urban landscape strategies in a hot dry climate. **Landscape and Urban Planning**, v. 92, n. 3-4, p. 179-186, 2009.

SILVA, L.F.; LIMA, A.M.L.P.; SILVA FILHO, D.F.; COUTO, H.T.Z. Intercepção da chuva por duas espécies arbóreas em áreas verdes urbanas. **Cerne**, Lavras, v. 16, n. 4, p. 547-555, 2010.

STURGES, H.A. The choice of a class interval. **Journal of the American Statistical Association**, v. 21, n. 153, p. 65-66, 1926.

XIAO, Q; McPHERSON, E.G. Rainfall interception by Santa Monica's municipal urban forest. **Urban Ecosystems**, v. 6, n. 4, p. 291-302, 2002.

Sobre os autores (Informações coletadas do Lattes em 17/03/2019)

Flávio Henrique Mendes

Doutorando em Ciências Florestais (USP). Mestre em Ciências (USP), em 2016. Formado em Engenharia Florestal e Licenciatura em Ciências Agrárias na mesma universidade, em 2013. Trabalha nos seguintes temas: arborização urbana, educação e aprendizagem, marketing, planejamento urbano, identificação de espécies arbóreas, simulações microclimáticas, conforto ambiental urbano, paisagismo, sensoriamento remoto, SIG, geoprocessamento, mapeamento, tomografia de impulso e risco de queda de árvore.

Sônia Maria de Stefano Piedade

Possui graduação em Engenharia Agrônoma pela Universidade de São Paulo (1981), mestrado em Agronomia (Estatística e Experimentação Agrônoma) pela Universidade de São Paulo (1984) e doutorado em Agronomia (Estatística e Experimentação Agrônoma) pela Universidade de São Paulo (1992). Atualmente é professor associado (2017) da Universidade de São Paulo. Tem experiência na área de Agronomia, com ênfase principalmente Estatística experimental e Amostragem.

Luis Gustavo Mendes

Licenciado em Ciências Agrárias pela USP/ESALQ, Engenheiro Agrônomo e Mestre em Engenharia de Sistemas Agrícolas pela mesma Instituição. Possui experiência na área de máquinas agrícolas, fruticultura temperada e tropical. Possui experiência profissional em docência para ensino médio e em agricultura de precisão e máquinas agrícolas John Deere (AMS).

António Manuel Saraiva Lopes

Universidade de Lisboa, Instituto de Geografia e Ordenamento do Território

Demóstenes Ferreira da Silva Filho

Professor Livre docente da Universidade de São Paulo. Possui larga experiência em ferramentas de diagnóstico de árvores. É líder do grupo de pesquisa Silvicultura urbana do CNPq e foi bolsista de produtividade em pesquisa de 2012 a 2014. Foi coordenador do curso de Gestão Ambiental da ESALQ de 2008 a 2010 e desde essa data possui inovadora disciplina de Resolução de Problemas Florestais junto ao Curso de Engenharia Florestal.

Como citar esse artigo

MENDES, F. H. et al. Probabilidade de ocorrência de altas temperaturas do ar e chuvas intensas em Piracicaba/SP. In: **Revista Geografia em Atos** (Geotatos online), v. 01, n. 09, p. 51-65, 2019.

Recebido em: 2019-03-01

Accito em: 2019-03-10