

A Identidade Pluviométrica como ferramenta de gestão de águas pluviais urbanas

Giovana Proença Bastos

Universidade do Estado do Rio de Janeiro-Brasil
giovana_proenca@hotmail.com

Carlos Leonardo Galvão Rodrigues

Universidade do Estado do Rio de Janeiro-Brasil
carlosleo123@gmail.com

Roberta Santos de Souza

Universidade do Estado do Rio de Janeiro -Brasil
robertasantosdesouza95@gmail.com

Alfredo Akira Ohnuma Júnior

Universidade do Estado do Rio de Janeiro-Brasil
ik.lahac@gmail.com

ABSTRACT

The objective of this work is to analyze the rainfall behavior of five administrative areas of the city of Rio de Janeiro, based on the methodology of rainfall identity and the use of the long term average and intense rainfall events. The information used consists of the rainfall data analysis of the Rio Alerta System, with a historical series of 21 years, between 1997 and 2017. Five rainfall stations corresponding to the areas of influence of precipitation in the administrative areas of the city of Rio de Janeiro were selected. Since drainage issues are problems that devastate urban daily life with very intense flood events, if one observes the precipitation profile in the city of Rio de Janeiro one can have a more efficient urban planning, focused on structures works more effective drainage, targeting the locations where there is the most intense need of these interventions as well as the best time of the year to carry out the works.

Palavras-Chaves: *Pluviometric, drainage, pluviometric ID.*

1. INTRODUÇÃO

O avanço da urbanização nas grandes metrópoles tem ocasionado uma série de problemas de infraestrutura urbana, sobretudo quanto aos equipamentos e serviços públicos necessários ao funcionamento das cidades, como: abastecimento de água, esgotamento sanitário, coleta e destinação final de resíduos sólidos e a drenagem de águas pluviais urbanas (MIGUEZ, REZENDE e VERÓL, 2015).

Quando consolidadas áreas urbanas, são poucos os espaços disponíveis para acomodar os sistemas de drenagem, conforme a exigência dos parâmetros técnicos de dimensionamento das estruturas de escoamento da precipitação efetiva. Somente em 2010 às inundações causaram a desmobilização de mais de 179 milhões de pessoas e mais de 8000 perdas humanas. (FERREIRA e GHIMIRE, 2012). A deficiência dos sistemas de drenagem de águas pluviais tende a provocar inundações urbanas (TUCCI, 2005), na medida em que ocorrem eventos extremos de precipitação (SILVA e DEREZYSKI, 2014). Esses eventos podem ocasionar volumes intensos de precipitação

e estiagens prolongadas, como as registradas no ano de 2014, na Região Sudeste do Brasil, e jamais observadas na história de dados pluviométricos monitorados desde o ano de 1910 (ANA, 2015).

A observação de séries históricas consistidas da precipitação pluviométrica com análise minuciosa e simultânea de dados pode facilitar à interpretação de padrões sazonais muitas vezes distintos de estações próximas (DE PESSÔA, 2014) e que podem afetar no planejamento de sistemas de drenagem urbana e de abastecimento de água.

A identidade pluviométrica (ID Pluvio) é uma representação gráfica das características da precipitação quanto ao comportamento de padrões da distribuição da chuva em determinadas áreas (DE PESSOA, 2014). O conhecimento do regime pluviométrico de diferentes regiões é fundamental não somente para entender o comportamento e a dinâmica dos processos envolvidos da circulação da água na Terra, como também para identificar singularidades no comportamento das chuvas e possíveis interpretações de condições anormais de ocorrência em determinadas áreas.

Ocorre que áreas ocupadas de forma descontrolada nas cidades causam efeitos indesejados nos sistemas de ordenação das cidades de modo haver a necessidade de organizar administrativamente um conjunto de regiões. A cidade do Rio de Janeiro estabeleceu uma divisão setorial como medida para caracterizar, coordenar e planejar o espaço urbano, a partir de 5 regiões administrativas (DECRETO Nº 3158/1981).

Nesse contexto, este artigo tem por objetivo representar a identidade pluviométrica de determinadas áreas da cidade do Rio de Janeiro-RJ a partir de dados de precipitação obtidos do Sistema Alerta Rio, como ferramenta de estudo na gestão de águas pluviais urbanas por áreas administrativas.

2. METODOLOGIA

A metodologia deste trabalho consiste inicialmente da seleção de estações pluviométricas com dados disponíveis de precipitação da cidade do Rio de Janeiro-RJ, obtidos do Sistema Alerta Rio (ALERTA RIO, 2018), da cidade do Rio de Janeiro-RJ. As estações foram selecionadas de modo correspondente as 5 áreas administrativas da cidade do Rio de Janeiro (DECRETO Nº 3158/1981), de modo a obter as informações necessárias para a construção das identidades pluviométricas associadas a cada área de planejamento (AP), a partir de critérios técnicos, como: (a) estação pluviométrica inserida na área administrativa ou área de planejamento da cidade; (b) disponibilidade de série temporal completa com dados diários de 21 (vinte e um anos) no intervalo entre 1997 e 2017); (c) menor número de falhas de dados disponíveis de precipitação e (d) maior intensidade pluviométrica anual dentre as estações pertencentes a cada região administrativa.

As estações pluviométricas do Sistema Alerta Rio (ALERTA RIO, 2018) selecionadas de modo associado às áreas de planejamento da cidade do Rio de Janeiro, estão apresentadas na Tabela 1 com a respectiva localização ilustrada na Figura 1.

Tabela 1. Estação pluviométrica do Sistema Alerta Rio e área de planejamento correspondente na cidade do Rio de Janeiro-RJ.

N	Estação Pluviométrica	Área de Planejamento
1	Saúde	AP 1
2	Rocinha	AP 2
3	Anchieta	AP 3
4	Recreio dos Bandeirantes	AP 4
5	Santa Cruz	AP 5

Figura 1. Localização das estações pluviométricas selecionadas do Sistema Alerta Rio correspondentes às Áreas de Planejamento da cidade do Rio de Janeiro.



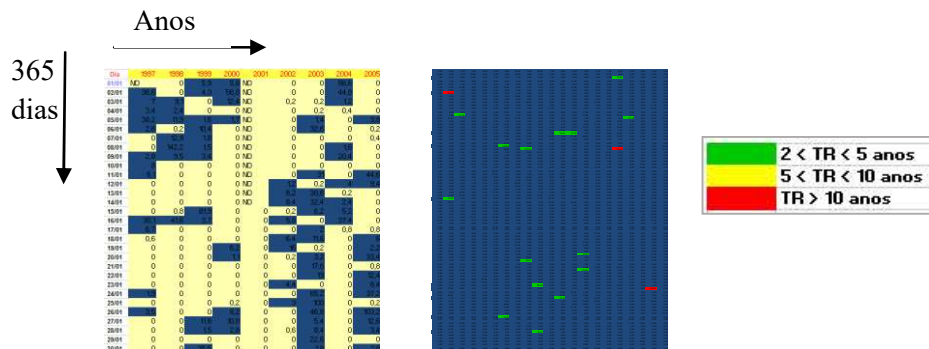
Fonte: Autor, 2018.

Os dados fornecidos pelo Sistema Alerta Rio compõem discretização temporal da chuva de 15 minutos, acumulados de 1 hora, 4 horas, 24 horas, 96 horas de cada mês de modo que para a representação de precipitação diária, os dados necessitam ser rearranjados, conforme acumulado de 24 horas, correspondente ao dia anterior.

Após selecionadas as estações pluviométricas, a série histórica disponível da precipitação de cada uma das estações é organizada anualmente em colunas representada pelo eixo X e diariamente em linhas pelo eixo Y (Figura 2). Dias chuvosos são condicionados na representação gráfica pela cor *azul escuro* e dias secos pela cor *amarelo claro*. Dias secos são considerados dias sem chuva ou com precipitação diária < 1 mm. Para sinalização de períodos decenais são utilizadas cores em *lilás* na década desde o primeiro ano observado da série até o último ano considerado da série.

A média de longo termo (MLT) da precipitação de cada dia pode ser representada em barras ou colunas que possibilitam visualizar dias de maiores precipitações médias. Eventos extremos são representados em matriz diferenciada por cores distintas, conforme estabelecido pelo tempo de recorrência (TR) da chuva, como: TR > 20 anos em vermelho; 10 < TR < 20 anos em amarelo; TR < 10 anos em verde.

Figura 2. Exemplo de matriz da identidade pluviométrica e de precipitações diárias intensas.



Fonte: Autor, 2018.

A média diária de longo termo (MLT) é obtida por meio do cálculo da precipitação média diária de cada dia do ano, de modo a permitir a representação gráfica da MLT para intervalos de 500 mm de precipitação, observados no ano todo. Esta representação também é conhecida como isoietas. Os dados de pluviometria também são analisados por meio de série histórica acumulada da precipitação diária desde o 1º dia do ano até o 365º.

Como instrumento de organização e compilação dos dados utilizou-se a Ferramenta de Análise de Séries Temporais (FRST) que apresenta informações visuais de forma rápida e acessível para avaliação. Esta ferramenta torna simples a identificação de variabilidades sazonais da precipitação, por meio da distribuição gráfica da chuva a partir do uso da identidade pluviométrica.

A FRST engloba uma representação em *pixel* dos dados das séries de precipitação em coordenadas de tempo associado em dias e anos, além da identificação de eventos extremos diários, conforme tratamento estatístico pelo método de distribuição de frequência de *Gumbel*. A determinação das precipitações intensas considera as máximas precipitações diárias dos anos da série histórica obtidas para período de retorno de 10, 5 e 2 anos (Equação 1).

$$x = \bar{x} - \sigma \left[0,45 + 0,7797 \cdot \ln \left(\ln \frac{TR}{TR-1} \right) \right] \quad (1)$$

Sendo x : precipitação diária intensa; \bar{x} : média das precipitações máximas anuais; σ : Desvio padrão da amostra; TR : Período de retorno em anos.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

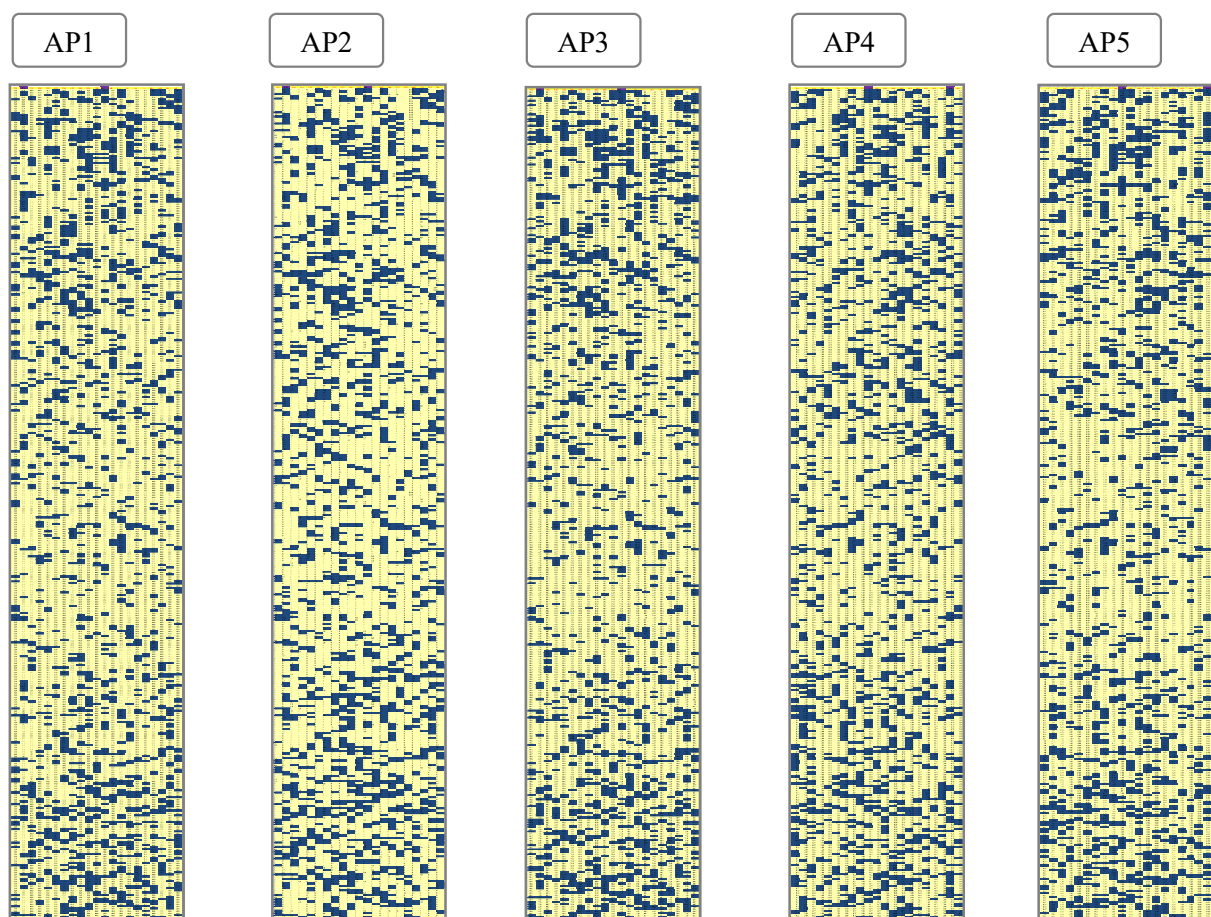
Ao consolidar os cálculos da identificação de dias chuvosos e secos, as médias diárias de longo termo (MLT) e a determinação das precipitações diárias intensas obteve-se a representação gráfica da identidade pluviométrica de cada uma das estações pluviométricas selecionadas para as áreas administrativas da cidade do Rio de Janeiro.

A Figura 3 ilustra as identidades pluviométricas correspondentes às áreas de planejamento (AP) 1, 2, 3, 4 e 5, obtidas respectivamente das estações pluviométricas Saúde, Rocinha, Anchieta, Recreio dos Bandeirantes e Santa Cruz. Pode-se observar na Figura 3 que, embora haja peculiaridades

específicas de cada região, há padrões no comportamento da distribuição das chuvas no tempo e no espaço das áreas selecionadas. Observa-se uma maior concentração maior da distribuição das chuvas nos períodos entre novembro e março, e um período mais seco no intervalo entre abril e outubro.

A área de planejamento AP2, associada à estação pluviométrica da Rocinha, apresenta um perfil mais homogêneo de distribuição da precipitação durante todo o ano. Por outro lado, as áreas de planejamento AP1 e AP3, representadas pelas estações Saúde e Anchieta, respectivamente, apresentam comportamento menos homogêneo, com menos dias chuvosos, embora também nota-se precipitações mais concentradas entre novembro e março.

Figura 3. Identidade Pluviométrica das áreas administrativas da cidade do Rio de Janeiro-RJ, associadas às estações pluviométricas do Sistema Alerta Rio.



Fonte: Autor, 2018.

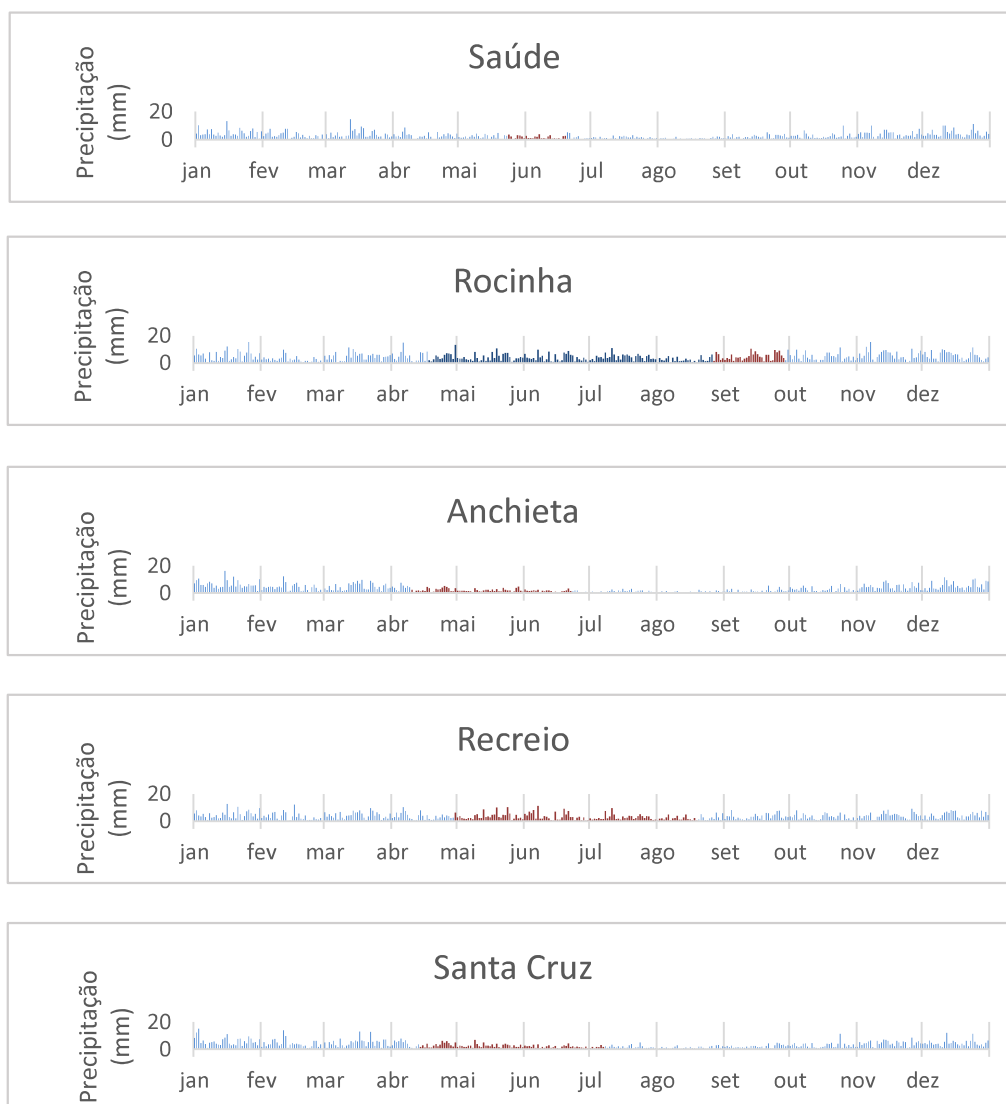
De forma geral, as identidades pluviométricas observadas na Figura 3, correspondentes às áreas de planejamento AP1, AP2, AP3, AP4 e AP5 da cidade do Rio de Janeiro, apresentam comportamento análogo, com singularidades pontuais na distribuição da chuva. As áreas de planejamento AP4 e AP5 possuem similaridades na distribuição das chuvas, com breves divergências.

Embora a representação das identidades pluviométricas facilite a interpretação na observação do padrão da distribuição das chuvas em determinadas regiões, é fundamental observar detalhes de

eventuais discrepâncias de modo a garantir a caracterização do regime pluviométrico das áreas de interesse.

As médias diárias de longo termo (MLT) são representadas por meio do gráfico de isoietas com dados de precipitação média diária da série histórica analisada. A Figura 4 ilustra as MLT's de cada área de planejamento da cidade do Rio de Janeiro.

Figura 4. Médias diárias de longo termo (MLT's) correspondentes às áreas de planejamento da cidade do Rio de Janeiro.



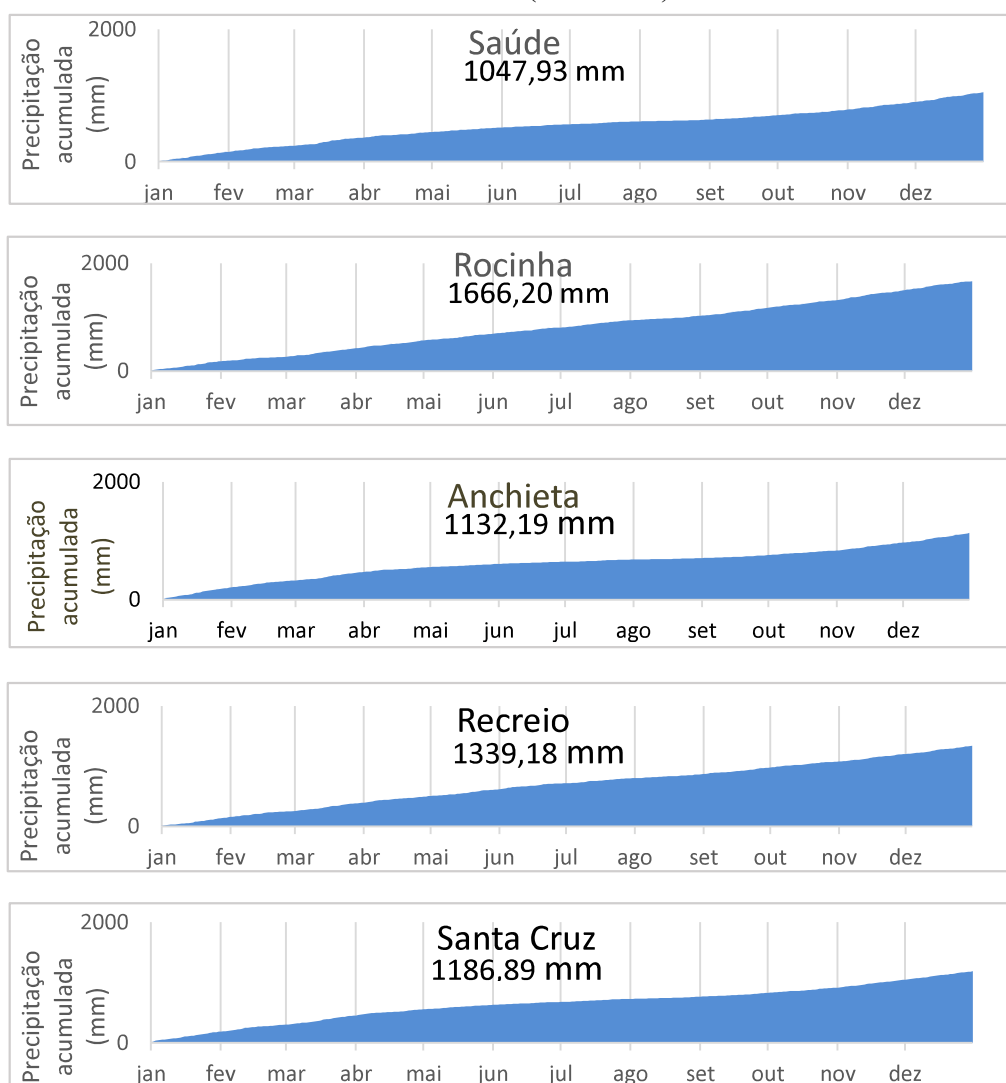
Fonte: Autor, 2018.

As áreas de planejamento AP3 e AP5, correspondente às estações Anchieta e Santa Cruz, apresentam um perfil similar da distribuição da precipitação ao longo do ano. A área de planejamento AP2, associada a estação da Rocinha, foi a única que obteve ao menos 3 (três) parcelas de 500 mm de

precipitação durante o ano. De forma geral, a precipitação ocorre praticamente o ano todo, com aumento no primeiro quarto e último quarto do tempo de todas as estações observadas.

Os acumulados da média da precipitação diária, obtidos das MLT's, apresentam totais anuais obtidos em cada área de planejamento. As áreas de planejamento AP3 e AP5 obtiveram resultados aproximados da precipitação diária acumulada, inclusive nas parcelas correspondentes aos intervalos de 500 mm provavelmente por receberem influência do corredor urbano situado entre as encostas do Parque Estadual da Pedra Branca (INEA, 1974) e da Área de Proteção Ambiental de Gericinó-Mendanha (INEA, 2005). A Figura 5 ilustra os acumulados da precipitação diária da MLT correspondente as áreas de planejamento da cidade do Rio de Janeiro.

Figura 5. Precipitação acumulada das MLT's correspondentes às áreas de planejamento da cidade do Rio de Janeiro (escala: 1/1).



Fonte: Autor, 2018.

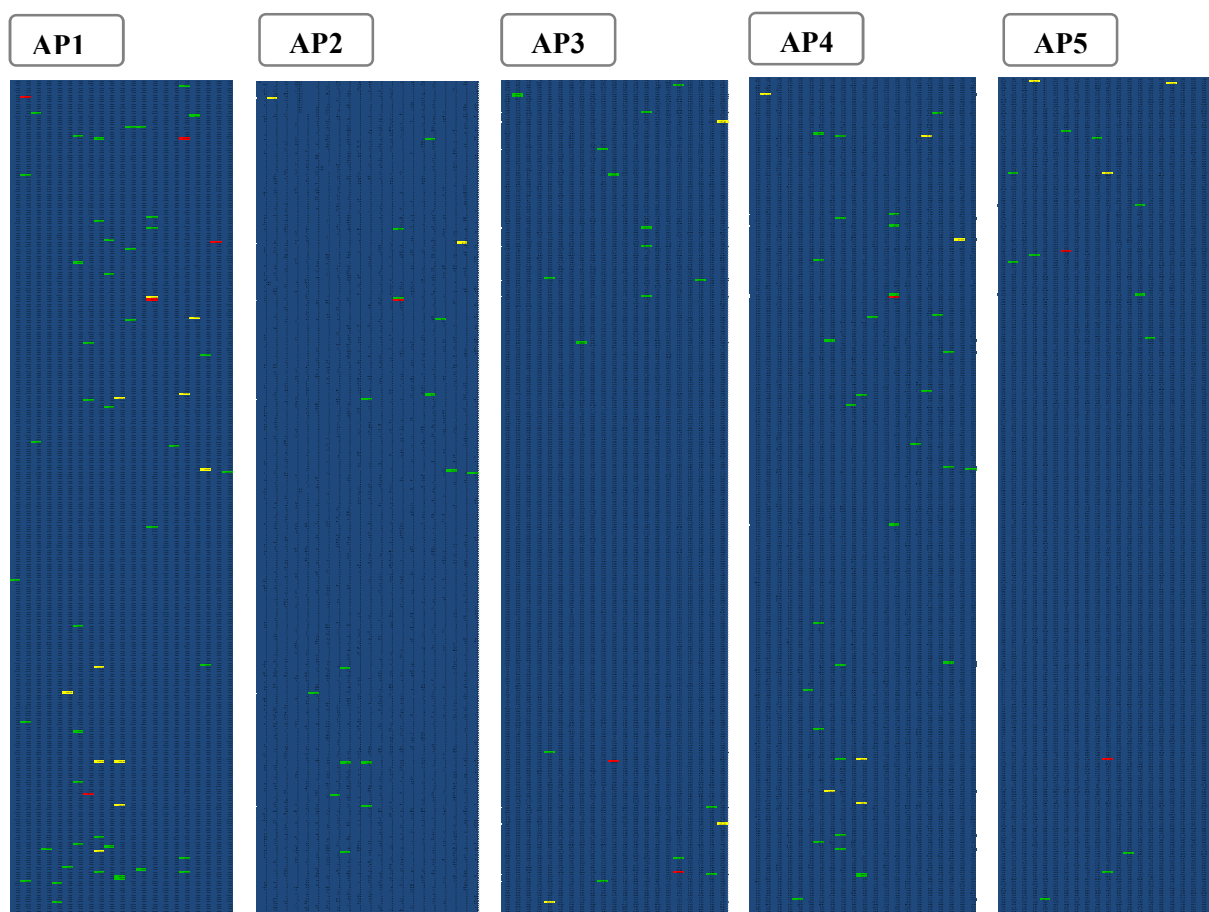
A área de planejamento AP2, representada pela estação da Rocinha, obteve o maior total acumulado anual das regiões administrativas analisadas com cerca de 1600 mm de chuva no ano,

sobretudo por grande parte da área estar configurada geograficamente entre o mar e o Maciço da Tijuca. Por outro lado, a área de planejamento AP1, principal região central da cidade do Rio de Janeiro, obteve menor total acumulado anual da precipitação diária, com forte influência da Baía de Guanabara, com valor aproximado de 1050 mm ao ano.

A representação dos eventos extremos de precipitação é observada na Figura 6, conforme tratamento estatístico para períodos de retorno de 10, 5 e 2 anos.

Os resultados obtidos de eventos pluviométricos extremos (Figura 6) revelam que regiões com maior total acumulado anual, como na região da Rocinha (AP2) possuem pouca ocorrência de precipitações intensas e vice-versa, ou seja, áreas com baixa pluviosidade anual, como na área da Saúde (AP1) tendem a apresentar maior ocorrência de precipitações intensas.

Figura 6. Representação gráfica de eventos de precipitação intensa para períodos de recorrência de 10, 5 e 2 anos, conforme as áreas de planejamento na cidade do Rio de Janeiro.



Fonte: Autor, 2018.

4 CONCLUSÃO

O estudo das identidades pluviométricas compatibilizado às áreas de planejamento da cidade do Rio de Janeiro permite concluir que:

- (a) há padrões na distribuição da precipitação nas áreas estudadas, sobretudo por apresentarem proximidade geográfica entre os postos de medições das chuvas;
- (b) apesar de similaridade na representação das identidades pluviométricas, houve bastante divergência na identificação e ocorrência de eventos extremos de precipitação;
- (c) a representação gráfica do comportamento do regime pluviométrico pode auxiliar na gestão das águas pluviais urbanas, como ferramenta de apoio na tomada de decisões e de implementação aos serviços de drenagem urbana e de prevenção e combate aos desastres naturais, como inundações urbanas e deslizamento de encostas.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à FINEP pelo Projeto de Manejo de Águas Pluviais em Meio Urbano (MAPLU), Chamada Pública de Saneamento Ambiental e Habilitação nº 07/2009, ao CNPq Chamada Universal MCTI/CNPq nº 14/2014 com processo nº 457688/2014-9 e ao CETREINA/UERJ pelas bolsas ID Bolsa nº 7205 e ID Bolsa nº 7206 pelo apoio financeiro ao desenvolvimento desse projeto.

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Programa de Desenvolvimento do Setor Água. Interáguas. Ministério do Meio Ambiente. Ministério da Integração Nacional. Ministério das Cidades. 2015.
- DE PESSÔA, J.A. Pluviometric ID: precipitation characteristics at a glance. *Atmosph. Sci. Lett.* 2014.
- FERREIRA, S; GHIMIRE, R. Forest cover, socioeconomics, and reported flood frequency in developing countries. **Water Resources Research**, Vol 48, ago 2012.
- INEA. Lei Estadual de Criação do Parque Estadual da Pedra Branca nº 2377/1974. Instituto Estadual do Ambiente. Rio de Janeiro. 1974.
- INEA. Decreto Estadual de Criação da Área de Proteção Ambiental de Gericinó-Mendanha nº 38183/2005. Instituto Estadual do Ambiente. Rio de Janeiro. 1974.
- MIGUEZ, M.G; RESENDE, O.M; VERÓL, A.P. **Drenagem Urbana: Do Projeto Tradicional à Sustentabilidade**, 1.ed. CAMPUS, v.1, 2015.
- RIO DE JANEIRO. DECRETO Nº 3158 DE 23 DE JULHO DE 1981. Estabelece a denominação, a codificação e a delimitação dos bairros da Cidade do Rio de Janeiro. 1981.



Sustentabilidade Urbana

14ª Jornada Urbanere e 2ª Jornada Cires



SILVA, W.L.; DEREZYNSKI, C.P. Caracterização Climatológica e Tendências Observadas em Extremos Climáticos no Estado do Rio de Janeiro. **Anuário do Instituto de Geociências**. UFRJ. Vol 37-2. P. 123-138. 2014.

TUCCI, C.E.M. Gestão de Águas Pluviais Urbanas. Saneamento para todos 4. Programa de Modernização do Setor Saneamento Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental Ministério das Cidades. Brasília. 2005.