

Caracterização hidrológica de uma microbacia por sistema de informações geográficas (sig) objetivando identificar parâmetros pluviométricos

Hydrological characterization of a watershed by geographic information system (gis) aiming to identify rainfall parameters

Caracterización hidrológica de una cuenca por sistema de información geográfica (sig) con el objetivo de identificar parámetros de lluvia

Recebido: 07/01/2022 | Revisado: 12/01/2022 | Aceito: 27/01/2022 | Publicado: 29/01/2022

Eliezio Nascimento Barboza

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8100-9389>
Instituto Federal do Ceará, Brasil
E-mail: eliezio1999@outlook.com

Valdemir Fonseca da Silva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7871-5434>
Universidade Federal da Fronteira Sul, Brasil
E-mail: valsilverstone@hotmail.com

Agílio Tomaz Marques

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8364-5063>
Universidade Federal de Campina Grande, Brasil
E-mail: agiliotomaz@hotmail.com

Hiran Mendes Castro Filho¹

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1418-159X>
Universidad del Museo Social Argentino, Argentina
E-mail: hirancastro@gmail.com

Suzana Araújo dos Santos

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5955-9421>
Universidade Federal de Campina Grande, Brasil
E-mail: suzana.santos2007@yahoo.com.br

Matheus Matos Ferreira Silva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3905-1951>
Universidade Federal de Campina Grande, Brasil
E-mail: matheusmatosfs@gmail.com

Adryele Gomes Maia

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7433-7138>
Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Brasil
E-mail: adryelegm@gmail.com

Francisco Igor Dalles da Mata Vieira

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9219-9090>
Instituto Federal do Ceará, Brasil
E-mail: igordm@gmail.com

Resumo

O crescimento urbano das cidades brasileiras ocorreu de forma desordenada, sem planejamento ambiental e urbano, ocasionando diversos problemas para a população. Diversas cidades foram inicialmente ocupadas próximas aos rios e não levavam em consideração a dinâmica natural dos mesmos, ocorrendo desastrosas as enchentes e inundações pelos índices pluviométricos que proporcionam um aumento no volume dos corpos hídricos. No município do Crato não foi diferente, em que, atualmente, as áreas de escoamento da água no período de chuva encontram-se impermeabilizadas causando graves problemas para população, como fortes enchentes, processos, que privam a população de transitar com seus veículos e até mesmo a impossibilidade de tráfego dos moradores e acesso às suas residências. Dessa forma, o presente artigo objetiva definir parâmetros relacionados a distribuição espaço-temporal da precipitação e dados de vazão para a microbacia do rio Granjeiro. Sendo assim, delimitou-se a área da bacia hidrográfica do rio Granjeiro e dos seus cursos d'água, bem como aplicações de modelos estatísticos em dados pluviométricos da região e uma estimativa das intensidades e das vazões máximas pelo método racional, para determinados períodos de retorno. Verificou-se que grande parte das precipitações máximas anuais giram em torno de 75 a 100 mm, além de que, é observado que a distribuição de chuvas na região não necessariamente é uniforme e facilmente previsível.

Palavras-chave: Hidrologia; Inundações; Precipitação pluviométrica.

¹ Doutorando pela Universidad del Museo Social Argentino.

Abstract

The urban growth of Brazilian cities occurred in a disorganized way, without urban and environmental planning, causing several problems for the population. Several cities were initially occupied near the rivers and did not take into account their natural dynamics, causing disastrous floods and inundations due to rainfall rates that provide an increase in the volume of water bodies. In the city of Crato it was no different, in that, currently, the areas of water runoff in the rainy season are impermeable causing serious problems for the population, such as heavy flooding, processes, which deprive the population of transit with their vehicles and even the impossibility of traffic for residents and access to their homes. Thus, this paper aims to define parameters related to the spatial-temporal distribution of precipitation and flow data for the micro-basin of the Granjeiro river. Thus, the watershed area of the Granjeiro river and its watercourses were delimited, as well as applications of statistical models in rainfall data of the region and an estimate of the intensities and maximum flows by the rational method, for certain return periods. It was verified that most of the maximum annual precipitation is around 75 to 100 mm, and that the distribution of rainfall in the region is not necessarily uniform and easily predictable.

Keywords: Hydrology; Flooding; Pluviometric precipitation.

Resumen

El crecimiento urbano de las ciudades brasileñas ocurrió de forma desordenada, sin planificación ambiental y urbana, provocando varios problemas para la población. Varias ciudades fueron inicialmente ocupadas cerca de los ríos y no tuvieron en cuenta su dinámica natural, provocando inundaciones desastrosas e inundaciones por lluvias que proporcionan un aumento en el volumen de los cuerpos de agua. En la ciudad de Crato no fue diferente, en la cual, actualmente, las áreas de drenaje de agua en época de lluvias se encuentran impermeabilizadas provocando serios problemas a la población, como fuertes inundaciones, procesos, que privan a la población del tránsito con sus vehículos y incluso incluso la imposibilidad de circulación y acceso de los vecinos a sus viviendas. Así, el presente artículo tiene como objetivo definir parámetros relacionados con la distribución espaciotemporal de los datos de precipitación y caudal para la microcuenca del río Granjeiro. Así, se delimitó el área de la cuenca del río Granjeiro y sus cursos de agua, así como la aplicación de modelos estadísticos en datos pluviométricos de la región y una estimación de las intensidades y caudales máximos por el método racional, para determinados períodos de retorno. Se encontró que la mayor parte de las precipitaciones máximas anuales rondan los 75 a 100 mm, además de eso, se observa que la distribución de las precipitaciones en la región no es necesariamente uniforme y fácilmente predecible.

Palabras clave: Hidrología; Inundaciones; Lluvia.

1. Introdução

De acordo com Tucci (2001), a Hidrologia se refere ao estudo da água, bem como sua ocorrência, percolação e disposição, propriedades físico-química. A hidrologia urbana, por sua vez, estuda as zonas urbanas que, em sua maioria, detém a superfície do solo impermeabilizada e faz a análise do impacto ocasionado pelo desenvolvimento das cidades com relação ao ciclo das águas e os meios para combater os efeitos negativos a partir do estudo do escoamento superficial (Martins, 2010).

Em análises hidrológicas, destaca-se os estudos na bacia hidrográfica. Para Araújo et al. (2009, p.1), “a bacia hidrográfica é o elemento fundamental de análise no ciclo hidrológico, principalmente na sua fase terrestre, que engloba a infiltração e o escoamento superficial”. Em uma bacia hidrográfica, suas características físicas assumem um importante papel, tendo em vista que no ciclo hidrológico podem influenciar no processo de infiltração, evapotranspiração e escoamento, seja superficial ou subsuperficial (Tonello et al., 2006). Logo, destaca-se a importância da delimitação da bacia em estudos hidrológicos, objetivando as análises morfométrica por meio de parâmetros como: densidade de drenagem, formas da bacia, fator de forma (kf), Coeficiente de Compacidade (kc), índice de circularidade e entre outros.

Neste sentido, destaca-se os estudos hidrológicos em bacias hidrográficas. A bacia de interesse deste estudo é a do rio Granjeiro, em que é o rio principal da microbacia da sub-bacia hidrográfica do rio Salgado, no qual drena parte do município do Crato/ CE e é afluente do rio Jaguaribe. Ele nasce na encosta da Chapada do Araripe (com declividade elevada, >70%) e possui talvegue de 8,0 a 0,1% (Lima Neto, 2008). A microbacia do rio Granjeiro abrange quase a totalidade do município de Crato e suas características de ocupação combinadas com relevos do entorno oeste da Chapada do Araripe e regimes pluviométricos superiores aos do semiárido favorecem a geração de inundações (Paiva, 2016).

Sendo assim, a presente pesquisa justifica-se pela necessidade de estudo de ordem hidrológica na bacia, visto que as áreas de escoamento da água no período de chuva encontram-se impermeabilizadas causando graves problemas para população,

como fortes enchentes, processos erosivos ativos, que privam a população de transitar com seus veículos e até mesmo a impossibilidade de tráfego dos moradores e acesso às suas residências.

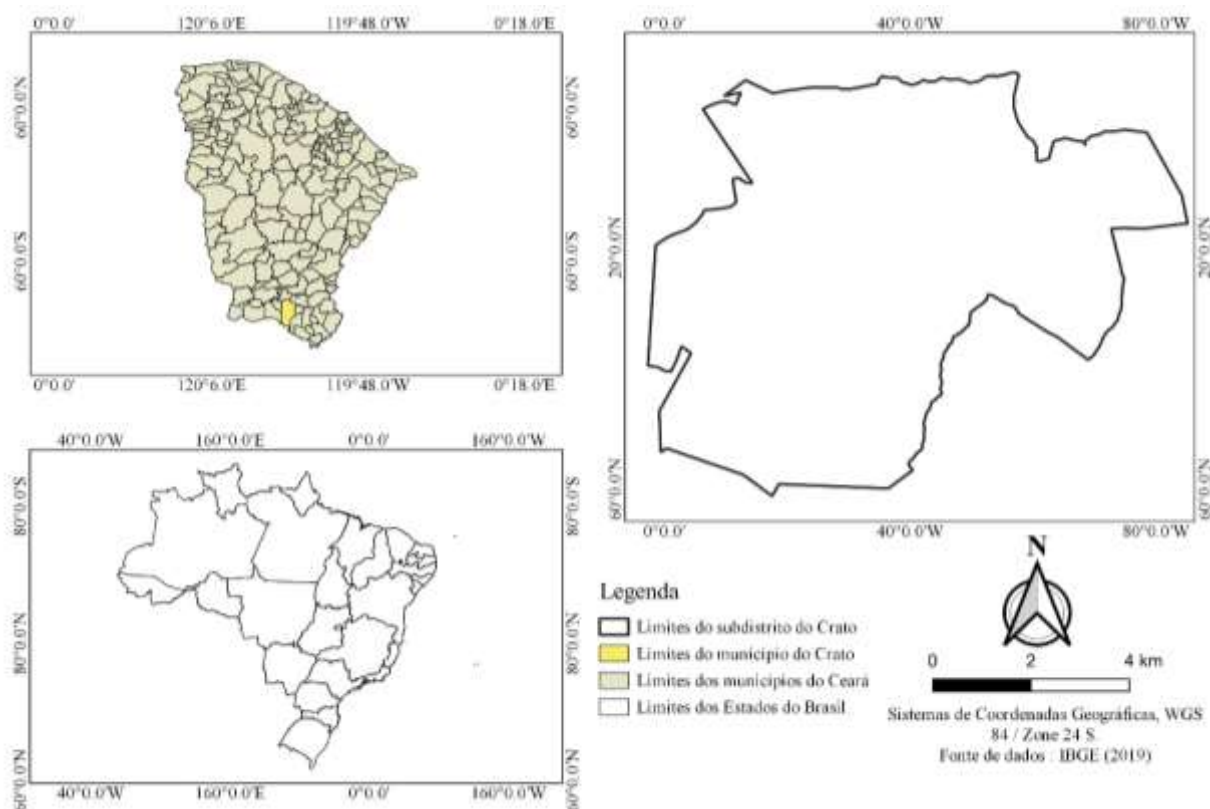
Dessa forma, torna-se necessário um estudo para quantificar o escoamento superficial gerado na área em estudo, através de modelagem chuva-vazão, para definir medidas eficientes na solução dos problemas causados pela falta de drenagem urbana. Neste sentido, o presente artigo objetiva definir parâmetros relacionados a distribuição espaço-temporal da precipitação e dados de vazão para a microbacia do rio Granjeiro.

2. Metodologia

2.1 Caracterização da área de estudo

A microbacia de interesse nesse estudo é a do Rio Granjeiro, no qual está localizada no município do Crato (Figura 1), mais especificamente na Metropolitana do Cariri (RMC). A sede do município do Crato apresenta como coordenadas geográficas 7°14'03" de Latitude (S) e 39°24'34" de Longitude (W) (Pinheiro & Silva, 2019). A Figura 1 apresenta a localização do subdistrito em relação ao município.

Figura 1: Mapa de localização do subdistrito de Crato, Ceará.



Fonte: Autores (2021).

A Figura 1 representa a localização do subdistrito Crato em relação ao município de Crato, Ceará. O município limita-se ao norte com Caririáçu e Farias Brito, ao sul com o Estado de Pernambuco e Barbalha, a Leste com Barbalha, Juazeiro do Norte e Caririáçu e a oeste com Nova Olinda, Santana do Cariri e o Estado de Pernambuco (IPECE, 2015).

No município, destaca-se os aspectos geomorfológicos da chapada do Araripe na paisagem nordestina, possuindo mais de 180 km no seu eixo maior e 30 km de largura (Guerra & Sampaio, 1996). A presença da Chapada do Araripe distingue o Crato de outras cidades nordestinas pela diferença climática pela influência direta do efeito orográfico da Chapada, integrando um topo clima (Lima, 2015).

O sistema hídrico da região é constituído por mananciais de superfície, poços profundos, particulares e nascentes. Os depósitos nessa região ligados aos sedimentos da Bacia Sedimentar do Araripe, recobrimo o embasamento Pré-Cambriano Gnaíssico-migmatítico da Província Borborema (Lima, 2015).

O município de Crato apresenta um relevo dissecado pelos rios que drenam o município, e pela ação das águas pluviais que também têm o seu papel no modelado do relevo (Guerra & Sampaio, 1996). A topografia de Crato é acidentada e o relevo varia de 399 a 702 m de altitude. No Oeste, Sudoeste e Sul as altitudes apresentaram-se como mais elevadas, nas demais áreas as altitudes são menores.

O município está inserido a microbacia do Rio Granjeiro sendo favorecido pela ocorrência de chuvas orográficas, com valores de precipitações pluviométricas mais elevadas do que outros municípios do Cariri (Silva, 2015). O período chuvoso da região é de janeiro a abril, com valores superiores à média, já o período de seca é de maio a dezembro, com valores a baixos da média de precipitação pluviométrica, exceto em dezembro. O mês de maior precipitação é em março com média de 258.3 mm e o mês com menor quantidade de precipitação pluviométrica é em agosto, com média de 2.5 mm no mês. O período de seca no município de extremamente intenso, com cinco meses do ano no qual a precipitação é basicamente inexistente.

2.2 Procedimentos metodológicos

Primeiramente realizou-se a delimitação da bacia hidrográfica, no qual utilizando-se de um modelo digital de elevação (MDE), que é oriundo da imagem SRTM, na qual foi possível obter por meio do projeto TOPODATA – INPE, o qual possui uma resolução espacial de 30 metros. A região de interesse está presente na carta SB-24-Y-D, com centro de latitude 7°27'S e longitude 39°45'W.

Para processamento e a criação de modelos hidrológicos precisos, utilizou-se o *software* ArcGIS®. Inicialmente foi realizado o georreferenciamento dos dados MDE, utilizando um sistema de coordenadas planas, para que o *software* possa identificar a localização das camadas seguintes. Na ferramenta *Arc hydro*, o *software* irá analisar os dados altimétricos do *raster* MDE e a partir da rede de drenagem, delimitar as microbacias da área.

Entre os plugins do *software*, utilizou-se a ferramenta *fill skins*, as ferramentas *flow Direction* e *flow acumulation*, as ferramentas *stream definition* e *stream segmentation*, *catchment grid delineation* e a ferramenta *catchment polygon processing*. Por último, com o *adjoint catchment processing*, foram definidas as microbacias com a sua rede própria de drenagem em formato vetor, pronto para a delimitação individual das bacias. Através da ferramenta *drainage point processing*, foi apresentado os pontos de drenagem de cada bacia, e a ferramenta *batch point Generation*, foi definido o ponto de drenagem da área de interesse. Por último, com o *watershed delineation*, a(s) microbacia(s) são delimitadas e prontas para a análise de forma individual, apresentando todos os cursos d'água.

2.2.1 Características física da bacia

O comprimento da linha de maior profundidade no leito de um rio foi extraído no *software* ArcGIS, através de ferramentas de medição. Já a declividade (*i*) foi calculada pela Equação 1, no qual relaciona o desnível altimétrico do terreno (Δh) em m, com a extensão do rio (*L*) também em m.

$$i = \frac{\Delta h}{L} \quad (1)$$

O tempo de concentração, por sua vez, é a duração em que o fluido fica retido na superfície (Queiroz & Alves, 2020). Neste estudo, utilizou-se a Equação de Picking, que relaciona o comprimento do talvegue (*L_t*) em km e a declividade (*i*) em m/m (Equação 2).

$$T_c = 57 \left(\frac{L^2}{I} \right)^{0,385} \quad (2)$$

A precipitação histórica foi obtida através dos postos pluviométricos da região, no qual são disponibilizados pela Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME). O preenchimento das falhas de dados pluviométricos foi realizado através de regressão linear simples, no qual foi aplicado correlacionando as precipitações do posto com falhas, com dados de um posto vizinho, atentando-se para que os dados analisados referenciem um período comum de tempo.

Após o preenchimento das falhas, foi necessário verificar a homogeneidade dos dados obtidos. Essa etapa verifica mudanças na série temporal, utilizando o diagrama de dupla massa. Esse método consiste em acumular os valores diários do posto analisado de forma mensal, e compará-lo com a média acumulada mensal dos postos vizinhos, fazendo assim uma comparação regional dos dados de chuva (Bertoni & Tucci, 2001).

Realizou-se a análise de frequência dos dados de precipitação considerando a série total de dados, série parcial ou série anual, onde foi verificadas as precipitações máximas ao longo das séries anuais e feito uma distribuição de frequência, seguindo modelos probabilísticos. Posteriormente, foi necessário dividir esses valores em intervalos, e em cada um desses intervalos é medido uma frequência com que essas precipitações ocorreram.

Foi realizada uma classificação dos valores, do maior para o menor valor, atribuindo o valor de m para sua ordem na classificação e n para a quantidade de anos a qual estão sendo analisados, para que assim, possam ser aplicados (Equação 3).

$$F = \frac{m}{n} \quad (3)$$

Necessitou-se verificar a adequabilidade ao modelo probabilístico. Logo, foi utilizado o teste de aderência Qui-quadrado, onde K é referente aos resultados possíveis, E_i corresponde aos resultados ocorridos e O_i aos resultados esperados (Equação 4).

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \quad (4)$$

A curva IDF, por sua vez, calculada de acordo com a Equação 5, em que i representa a intensidade da chuva em mm/min, T_r o tempo de retorno, em anos, t a duração da chuva em min, e a , b , c , s e n são parâmetros específicos determinados para cada local.

$$i = \frac{a \cdot T_r^b}{(t + c)^d} \quad (5)$$

Como o município do Crato não dispõe de pluviógrafos, Sobrinho (2011) estimou os coeficientes da Equação 5 para o município de Crato, através de dados pluviométricos, reproduzindo resultados confiáveis (Tabela 1).

Tabela 1: Parâmetros da equação de chuvas intensas para o município de Crato-CE.

Variável	a	b	c	N	s
Crato	20,24	0,0769	5,45	0,723	-2,99

Fonte: Adaptado de Sobrinho (2011).

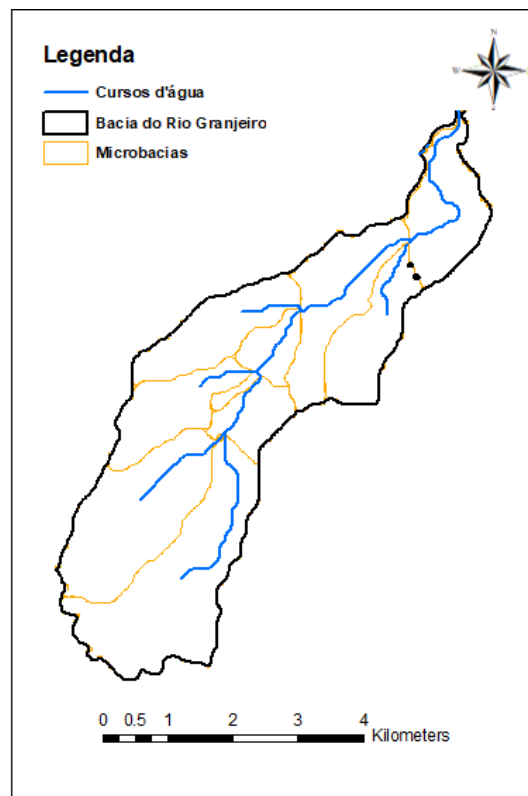
Para estimar a vazão de projeto, empregou-se o método racional, em que considera a duração da precipitação intensa igual ao tempo de concentração da bacia, adota um coeficiente único de perdas denominado C, não avalia o volume da cheia e a distribuição temporal das vazões (Equação 6), em que C é coeficiente de perda (obtido através Tucci (2001) *apud* ASCE (1969)); I é a intensidade da precipitação em mm/min; A é a área da bacia em km², K é o fator de correlação (para as unidades citadas, Q a vazão em m³/s;

$$Q = \frac{C \cdot I \cdot A}{K} \quad (6)$$

3. Resultados e Discussões

Delimitou-se a bacia hidrográfica, bem como os rios principais e secundários. A área delimitada foi de 1,75% da área total do município, no entanto, está situado em uma área de grande concentração urbana, com comércios e áreas residenciais, necessitando um estudo hidrológico para a região, com potencial de desenvolvimento. A área possui 9 microbacias em sua constituição, além de um rio principal e 4 rios secundários, como mostra a Figura 2.

Figura 2: Delimitação da bacia.



Fonte: Autores (2021).

Com a delimitação, foi extraído parâmetros geométricos para a definição do tempo de concentração (T_c), conforme

mostrado na Tabela 2. Através desses dados, foi possível calcular o tempo de concentração da bacia hidrográfica do rio granjeiro, resultando em um valor de 78,3 min.

Tabela 2: Dados da microbacia.

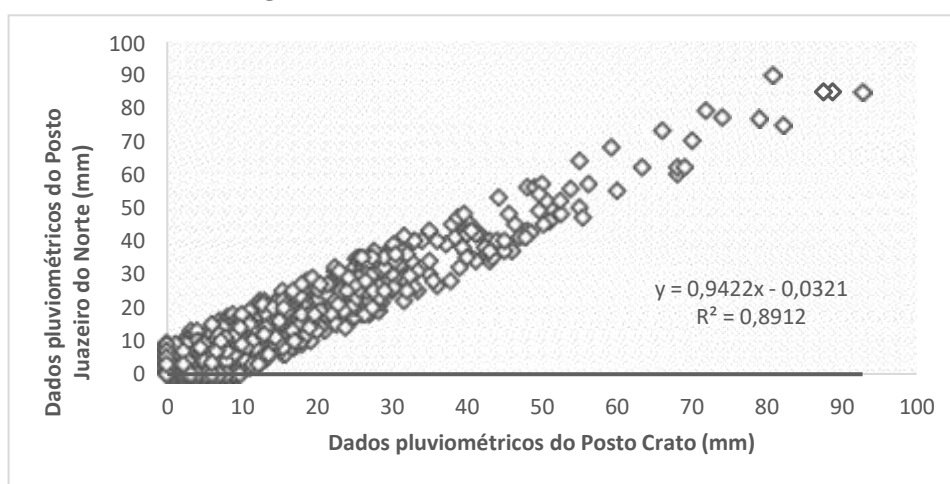
Variável	Siglas	Dados	Unidade
Área total	A	19,87	km ²
Comprimento do talvegue	Lt	7,67	km
Declividade média do curso d'água principal	Dp	2,47	%

Fonte: Autores (2021).

Para a análise pluviométrica da bacia foi escolhido o posto de Crato, localizado na região central da área de estudo. A sua escolha se justifica pela sua localização e por possuir um grande número de séries pluviométricas sem interrupções. Na etapa de análise de dados pluviométricos, foi necessário o preenchimento de falhas do posto pluviométrico do Crato. Para isso, utilizou-se como referência os dados do posto localizado em Juazeiro do Norte a uma distância de aproximadamente 13 km. O posto foi escolhido por possuir um número baixo de falhas e uma série histórica semelhante ao posto influente da bacia, além de ser um dos mais próximos ao posto a ser analisado.

Os dados do posto do Crato apresentam falhas consideráveis, principalmente no ano de 2012. Assim, foi considerado o período anterior a essas falhas para a plotagem do gráfico de dispersão mostrado na Figura 7. Foi necessário o ajuste com a exclusão de valores muito distantes da linha de tendência, para que assim possa haver um melhor desempenho na análise. Com o auxílio do *software* Microsoft Excel, e utilizando de regressão linear simples, chegou-se ao gráfico mostrado na Figura 3.

Figura 3: Preenchimento de Falhas.

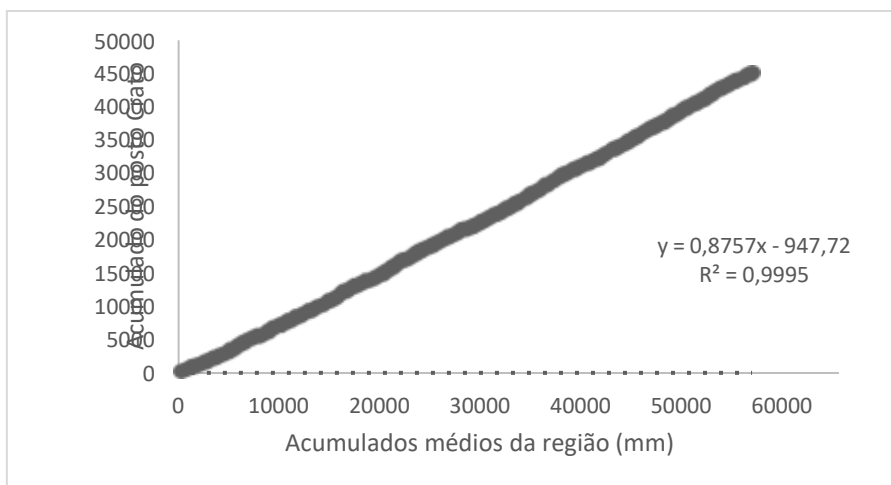


Fonte: Autores (2021).

O valor de R^2 apresentado no gráfico mostra o quão próximos os valores estão da linha ajustada, nesse caso cerca de 89,12%. Com a equação y , é possível chegar ao valor referente a falha diária do posto analisado, utilizando o parâmetro x , referente ao dado registrado de um posto próximo, neste caso, localizado em Juazeiro do Norte. Para a análise de consistência dos dados do posto pluviométrico de Crato, foi acumulado os dados de forma mensal, da mesma forma para o posto pluviométrico de Juazeiro do Norte, que será usado como base de comparação. Após isso, utilizando o *software* Microsoft Excel, gerado o gráfico

mostrado na Figura 4.

Figura 4: Análise de consistência.

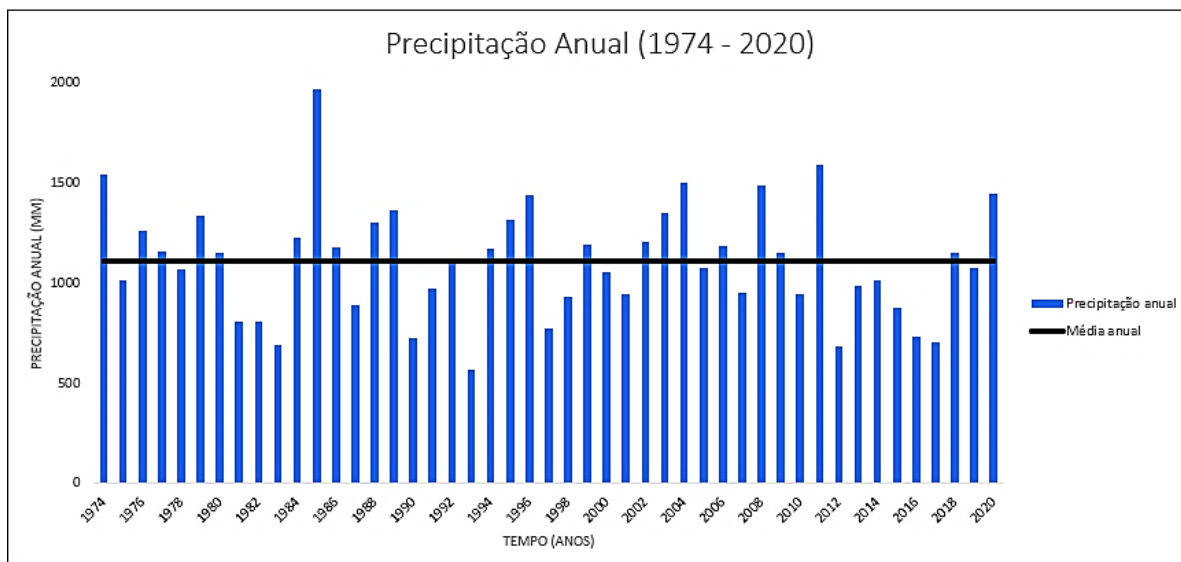


Fonte: Autores (2021).

A Figura 4, com $R^2 = 0,99$, mostra uma linearidade dos dados do posto analisado em relação aos postos circunvizinhos, sem uma visível alteração de inclinação. Logo, é possível afirmar que os dados do posto em questão não possuem inconsistências e podem ser considerados homogêneos.

Além disso, também utilizando os dados, foi possível gerar o gráfico mostrado na Figura 5, que mostra a precipitação anual registrada no posto pluviométrico, além da precipitação anual média registrada, durante a série temporal de 1974 a 2020.

Figura 5: Valores de precipitação (ano).



Fonte: Autores (2021).

Além disso, verificou-se as precipitações médias diárias máximas anuais na bacia, que giram em torno de 99,04 mm. Valor esse que em aproximadamente 53,20% dos anos, não é alcançado, porém, existem casos excepcionais, como no ano de 2011, onde foi registrado precipitações de até 162 mm

Na etapa de distribuição de frequência, dividiu-se as precipitações máximas em intervalos de 25 mm de chuva,

gerando então sete classes de 0 à 175 mm, considerando f_i como a frequência observada, equivalente a quantidade de vezes que os valores de precipitação máxima correspondente aos intervalos de limite se repetem, F_e a frequência esperada, calculada com base na distribuição gama realizada, utilizando os coeficientes. Os valores do teste de Qui-quadrado foram: $A=0,04$; $\alpha=13,64$; $\beta=7,39$; $\Gamma(\alpha)=2452810442,54$. Os parâmetros de distribuição de frequência estão apresentados na Tabela 3.

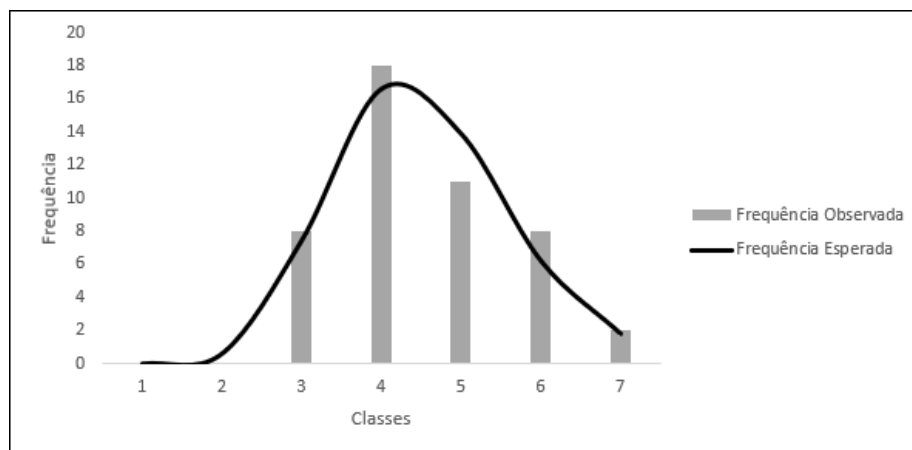
Tabela 3: Parâmetros de distribuição de frequência.

Nº da Classe	Limite Inferior	Limite Superior	F_i	x_i	$f_i \cdot x_i$	$\ln(x)$	$\ln(x) \cdot f_i$	Dist. Gama Acum.	F_e	Qui-Quadrado
1	0	25	0	12,5	0	2,53	0,00	2,18E-05	0	0,001
2	25	50	0	37,5	0	3,62	0,00	1,31E-02	1	0,613
3	50	75	8	62,5	500	4,14	33,08	1,72E-01	7	0,041
4	75	100	18	87,5	1575	4,47	80,49	5,24E-01	17	0,121
5	100	125	11	112,5	1237,5	4,72	51,95	8,19E-01	14	0,592
6	125	150	8	137,5	1100	4,92	39,39	9,52E-01	6	0,517
7	150	175	2	162,5	325	5,09	10,18	9,90E-01	2	0,019
Σ			47		4737,5		215,094			1,905

Fonte: Autores (2021).

Com esses parâmetros, obteve-se o grau de liberdade igual a 6, e um intervalo de confiança adotado de 99,5%, onde utilizando a tabela de Qui-quadrado de Pearson e Hartley (1966), obtêm-se um Qui quadrado tabelado de 16,7, superior ao calculado, o que mostra que a distribuição gama utilizada é compatível com a análise. Assim, é possível traçar o gráfico de distribuição de frequência observada e a frequência esperada, como é mostrado na Figura 6.

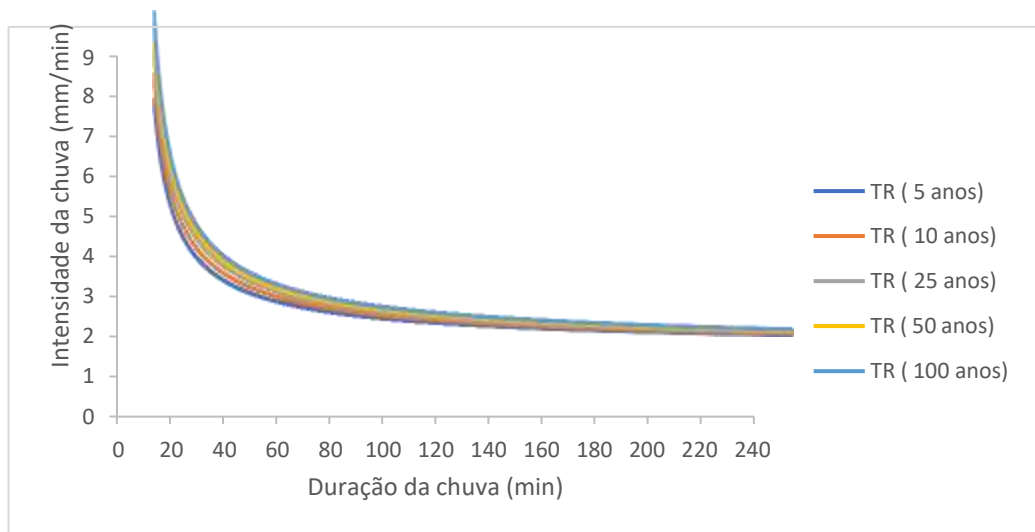
Figura 6: Distribuição de frequência de chuvas observada e esperada.



Fonte: Autores (2021).

No que se refere o cálculo de intensidade de chuvas, o tempo de duração da precipitação variou de 0 a 240 min e o tempo de retorno estabelecido foi de 5, 10, 25,50 e 100 anos. Assim, foi possível traçar o gráfico com as intensidades de chuva no eixo da ordenada e tempo de duração de chuva no eixo da abscissa, onde cada curva representa o tempo de retorno utilizado, conforme a Figura 7.

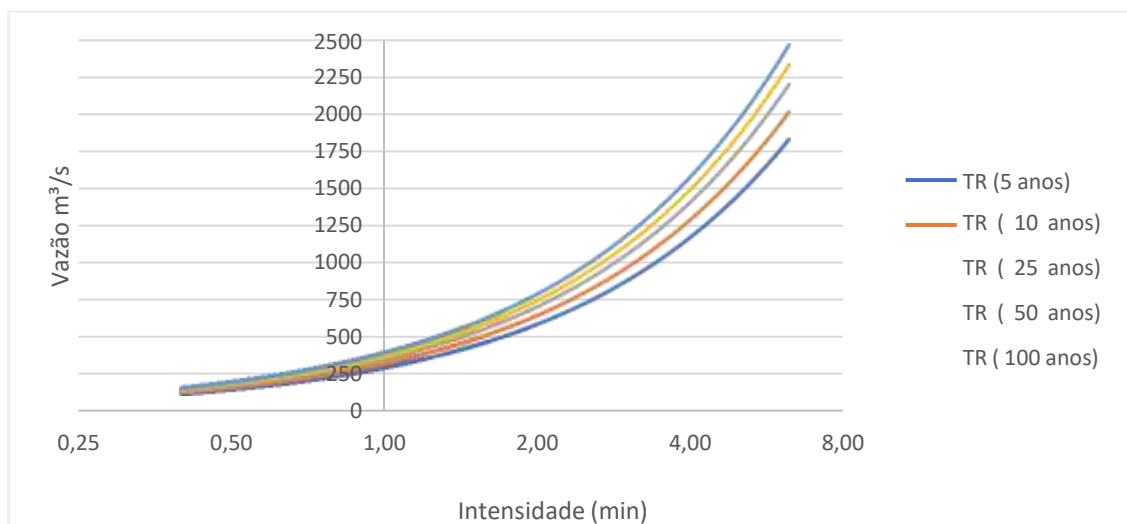
Figura 7: Intensidades calculadas pela equação IDF segundo Sobrinho (2011)



Fonte: Autores (2021).

Com isso, foi possível estimar as vazões utilizando o método racional. Foi considerando um valor de 0,88 por se tratar de uma microbacia urbana, onde a parte mais sucessível a enchentes é coberta por concreto. Assim, calculou-se as vazões utilizando dados de intensidade mostrados na Figura 7, é gerado o gráfico que apresenta os valores de vazão correspondente a intensidade, para cada período de retorno, como é mostrado nas Figura 8.

Figura 8: Gráfico de vazão e intensidade.



Fonte: Autores (2021).

Com os gráficos acima, foi possível estimar a vazão atuante na microbacia para chuvas de duração inferior a 240 min e intensidades calculadas para tempos de retorno de 5, 10, 25, 50 e 100 anos, podendo ser utilizado para aplicações práticas em processos de dimensionamento de estruturas drenagem. A Tabela 4 apresenta o cálculo das vazões utilizando a duração da chuva igual à do tempo de concentração da bacia.

Tabela 4: Estimativa das vazões pelo método racional.

Tr (anos)	t (min)	i (mm/min)	C	A (km ²)	Q (m ³ /s)
5		0,87			252,37
10		0,95			278,36
25	78,3	1,05	0,88	19,87	305,60
50		1,12			325,33
100		1,18			345,43

Fonte: Autores (2021).

Sendo assim, a Tabela 4 mostra os valores para diferentes tempos de retorno, em que variou de 252,37 para 5 anos até 345,43, para 10 anos.

4. Considerações Finais

A partir deste estudo, foi possível verificar que grande parte das precipitações máximas anuais giram em torno de 75 a 100 mm, além de que, é observado que a distribuição de chuvas na região não necessariamente é uniforme e facilmente previsível, podendo ocorrer precipitações com valores muito acima da média em séries não muito chuvosas, como ocorrido nos anos de 1992, 2004 e 2015.

A partir dos dados encontrados, verificou-se que os dados são aceitáveis quando comparados a estudos anteriores, além de contribuir com uma base atualizada de dados pluviométricos, resultando em uma maior precisão para estudos posteriores. Considerando ainda, que dados de intensidade de chuva e vazão gerados podem servir como base de estudo para a aplicação de outros métodos de distribuição ao longo do tempo, ou ainda, como parâmetro para projetos de drenagem urbana na região, podendo assim beneficiar a população e minimizar os impactos causados pelas cheias.

Referências

- Araújo, L. E. et al. (2009). Bacias hidrográficas e impactos ambientais. *Qualitas Revista Eletrônica*, 8(1).
- Basso, Raviel Eurico et al. (2016). Revisão das isozonas de chuvas intensas do Brasil. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, 21, 635-641.
- Bertoni, J. C., Tucci, C. E. M. (1993). Precipitação. *Hidrologia: ciência e aplicação*, 2, 177-242.
- Costa Saraiva, A. L. B. da., Do Vale, C. C., & Zanella, M. E. (2017). Comportamento dos Elementos Climáticos no Município de Mossoró (RN) e os Impactos na Saúde Humana. *Revista GeoInterações*, 1(1), 87-105.
- IPECE. Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará. (2015). *Perfil e Municipal*. <http://www.ipece.ce.gov.br>
- Lima Neto, R. T. et al. (2008). Análise morfométrica e ambiental da microbacia hidrográfica do rio Granjeiro, Crato/CE. *Rem: Revista Escola de Minas*, 61, 365-369.
- Martins, C. M. T. et al. (2010). Hidrologia urbana: conceitos básicos. *Série Cursos Técnicos*, n. 1.
- Moreira, A. A. C. (2013). *Modelagem hidrológica da bacia hidrográfica do Rio Granjeiro – Crato-CE: composição do cenário atual e simulações de uso e ocupação do solo*. 2013. 163 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil: Recursos Hídricos) - Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2013.
- Naghetini, M., & Pinto, É. J. de A. (2007). *Hidrologia estatística*. CPRM.
- Pfaffetter, O. (1957). Chuvas intensas no Brasil: relação entre precipitação, duração e frequência de chuvas em 98 postos com pluviógrafos. *Rio de Janeiro: DNOCS*.
- Pinheiro, M. A. et al. (2015). Análise e Classificação das Formas de Uso e Ocupação do Solo da Microbacia do Rio Granjeiro, Crato/CE. In: *Congresso Brasileiro de ciência do Solo*, 35(1), 1-4.
- Shams, J. C. A., Giacomeli, D. C., & Sucomine, N. M. (2009). Emprego da arborização na melhoria do conforto térmico nos espaços livres públicos. *Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana*, 4(4), 01-16.
- Silva Brito, D., & Silva, J. M. O. (2012). Estudo dos impactos pluviométricos e os eventos extremos no município de Crato–CE. *Revista Geonorte*, 3(8), 964–

976-964-976.

Silva, J. M. O. (2015). Uso do Sensoriamento Remoto para a estimativa da temperatura de superfície na Microbacia do Rio Granjeiro/Crato-Ceará. *Geosaberes: Revista de Estudos Geoeducacionais*, 6(2), 130-144.

Silveira, A. L. L. da. (2005). Desempenho de Fórmulas de Tempo de Concentração em Bacias Urbanas e Rurais. *RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, 10(1), 5-23.

Sobrinho, V. F. (2011). *Aplicação do método das isozonas na obtenção das equações IDF de chuvas intensas dos municípios de Juazeiro do Norte, Barbalha e Crato – CE*. 72 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2011.

Tibúrcio, E. C., & Castro, M. A. H. de. (2007). Uso de Sistema de Informação Geográfica para Determinação de Vazões Máximas em Projetos de Hidrologia. In: *Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*, 17(1), 1-20.

Tonello, K. C. et al. (2006). Morfometria da bacia hidrográfica da Cachoeira das Pombas, Guanhães-MG. *Revista Árvore*, 30(5), 849-857.

Tonello, K. C. (2005). *Análise hidroambiental da bacia hidrográfica da cachoeira das Pombas, Guanhães, MG*. Tese (Doutorado em Ciências Florestal) – Universidade Federal de Viçosa.

Torrice, J. J. T. (1974). *Práticas hidrológicas*. Transcon.

Tucci, C. E. M. (2001). Hidrologia Ciência e Aplicação. (2a ed.), Editora da UFRGS.

Tucci, C. E. M. (1993). Água no meio urbano. *Livro água doce*, 1-40.

Tucci, C. E. M. (2003). Drenagem urbana. *Ciência e cultura*, 55(4), 36-37.

Villela, S. M., & Mattos, A. (1975). *Hidrologia aplicada*. McGraw-Hill do Brasil.