



CARACTERÍSTICAS FISIAGRÁFICAS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PIRACURUCA (CE-PI)

Francílio de Amorim dos Santos^(a), Lúcia Maria Silveira Mendes^(b), Maria Lúcia Brito da Cruz^(c)

^(a)Instituto Federal do Piauí / *Campus* Piripiri, E-mail: francilio.amorim@ifpi.edu.br

^(b)Universidade Estadual do Ceará / *Campus* do Itaperi, E-mail: lucia.mendes@uece.br

^(c)Universidade Estadual do Ceará / *Campus* do Itaperi, E-mail: mlbcruz@gmail.com

Eixo: GEOTECNOLOGIAS E MODELAGEM ESPACIAL EM GEOGRAFIA FÍSICA

Resumo

Os objetivos deste estudo foram identificar e caracterizar os elementos fisiográficos que compõem a bacia hidrográfica do rio Piracuruca (BHRP), para subsidiar pesquisas futuras voltadas ao planejamento e gestão dos recursos hídricos na referida bacia. A metodologia adotada consistiu no uso de modelo digital de elevação (MDE) para delimitação da bacia e análise de suas variáveis morfométricas. Os resultados evidenciaram que o padrão de drenagem da bacia é dendrítico, com sistema de drenagem de 6ª ordem. A BHRP sofre influência da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), com chuvas concentradas entre janeiro a maio. Observou-se predomínio de Neossolos na BHRP, que apresentam maior suscetibilidade em relação a processos erosivos, caso sejam utilizadas técnicas de manejo inadequadas. Constatou-se que a área possui relativa predisposição a inundações, devido fator forma (Ff) de 0,46, índice de circularidade (Ic) de 0,34, coeficiente de compacidade (Kc) de 1,7 e índice de rugosidade (Ir) que indica baixa predisposição a enchentes abruptas.

Palavras chave: Bacia de drenagem; elementos geoambientais; variáveis morfométricas.

1. Introdução

A bacia hidrográfica tem sido utilizada como elemento chave para estudos ambientais, pois se apresenta como um sistema aberto, permitindo trocas de matéria e energia entre seus elementos constituintes e, por conseguinte, o conhecimento de suas características fisiográficas fornece subsídios para a aplicação de adequadas técnicas de manejo e/ou conservação para o uso das terras nestas áreas. Fistarol *et al.* (2015, p.44) aponta que “[...] a bacia hidrográfica é uma unidade natural que recebe a influência da região que drena, é um receptor de todas as interferências naturais e antrópicas que ocorrem na sua área”.

Nesse contexto, têm sido utilizadas diversas técnicas para caracterização fisiográfica e, nesse sentido, Carelli *et al.* (2011) apontam que as técnicas de geoprocessamento são as principais ferramentas utilizadas para análise dos elementos físicos, cujo objetivo busca avaliar de forma integrada os sistemas naturais e possibilitam a otimização dos estudos dos recursos naturais. Nesse sentido, cita-se o uso de técnicas de delimitação automática de bacias hidrográficas em ambiente SIG, utilizando dados *Shuttle Radar Topography Mission (SRTM)*, como proposto por Alves Sobrinho (2010).



Duarte *et al.* (2007) buscaram extrair as características físicas e topográficas e correlaciona-las aos fatores de precipitação e temperatura da bacia hidrográfica do rio Tapacurá (PE), com a utilização de Sistemas de Informação Geográfica. Os autores constataram que os controles estruturais influenciaram a morfologia da bacia, que se apresenta alongada, irregular e com mudanças bruscas de direção dos rios. Nesse sentido, o cálculo do coeficiente de compacidade, do fator de forma e índice de circularidade apresentaram 1,8024, 0,1818 e 0,3034, respectivamente. Ressalta-se que quanto mais próximo a 1,0 estiverem os valores de Ff e Ic mais circular é a bacia e maior o potencial de transformação da chuva em escoamento, até a sua chegada ao setor de controle. O sistema de drenagem da área estudada é de 6ª ordem e sua densidade de drenagem foi estimada em 1,4892 km/km², fato que demonstra que a área exibe um sistema de drenagem com ramificação significativa.

Carelli *et al.* (2011), em estudo sobre a caracterização fisiográfica da bacia Olhos d'água em Feira de Santana/BA, identificou que o referido recurso hídrico apresenta média capacidade de drenagem, possuindo uma densidade de drenagem de 1,95 km/km², coeficiente de compacidade de 1,47 e fator de forma com valor de 0,28, que resulta em pouca susceptibilidade a enchentes em condições normais de precipitação, devido apresentar forma irregular, índice de circularidade de 0,45, ou seja, forma alongada. A área demonstra suscetibilidade potencial à inundação quando da ocorrência de um evento de maior concentração de chuvas, devido exibir alta densidade hidrográfica, degradação da vegetação, impermeabilização da área e concentração de residências às margens do curso hídrico.

Fistarol *et al.* (2015) propuseram-se a analisar as características físicas da bacia do Rio de Ondas com a utilização de técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto. Seus resultados apontaram que a referida área possui coeficiente de compacidade estimado em 1,98 e o fator forma em 0,25, o que implica que não é sujeita a enchentes, devido apresentar forma irregular e alongada. A bacia possui drenagem pobre, pois sua densidade de drenagem foi estimada em 0,23 km/km² e em relação a sua altitude possui cotas que variam de 445 m a leste até 924 m a oeste. Cita-se, ainda, que a área apresenta baixa declividade, com a maior parte da área situada no intervalo entre as declividades de 0 a 10%.

Diante do exposto, esta pesquisa objetivou identificar e caracterizar os elementos fisiográficos que compõem a bacia hidrográfica do rio Piracuruca (BHRP), localizada entre os estados do Ceará e Piauí, como forma de subsidiar pesquisas futuras voltadas ao planejamento e gestão dos recursos hídricos na bacia homônima, para sua conservação e minimização das susceptibilidades a inundações.



2. Metodologia

Inicialmente, fez-se necessário adquirir modelo digital de elevação (MDE), folhas SA-24-Y-C e SB-24-V-A, da missão *Shuttle Radar Topography Mission (SRTM)*, com resolução espacial de 30 metros, junto ao site <<http://earthexplorer.usgs.gov/>>, do *United States Geological Service (USGS)*. Em seguida, procedeu-se ao uso da técnica de delimitação automática de bacias hidrográficas, que converte em vetores as feições de drenagem e os divisores de água, como atestam Alves Sobrinho (2010) e Silva e Moura (2013). A delimitação automática foi realizada via Sistema de Informação Geográfica (SIG) ArcGIS, versão 10 (ESRI, 2010), cuja licença foi adquirida pelo Laboratório de Geomática da Universidade Federal do Piauí (UFPI), cujos procedimentos e ferramentas utilizadas estão dispostas abaixo (Figura 1).

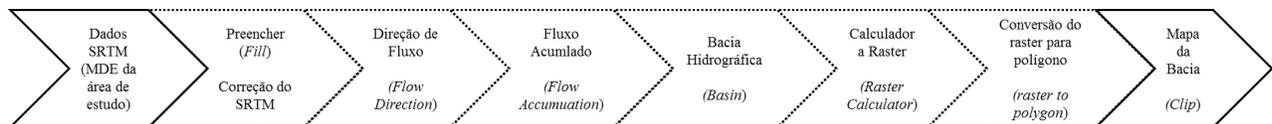


Figura 1 - Etapas realizadas para delimitação da bacia hidrográfica do rio Piracuruca (BHRP) a partir do MDE *SRTM* (USGS, 2015). Fonte: Adaptado de Alves Sobrinho (2010).

Após a delimitação da BHRP, procederam-se à análise das variáveis morfométricas considerando cinco parâmetros geométricos, quatro da rede de drenagem e cinco referentes ao relevo (Quadro 1).

Quadro 1 - Parâmetros morfométricos utilizados na análise da bacia hidrográfica do rio Piracuruca.

Variável	Parâmetro	Equação	Definição	Unidade
Geométrica	Área (A)	A	A = área da bacia em km ² .	km ²
	Perímetro (P)	P	P = perímetro da bacia em km ² .	km ²
	Fator forma da bacia (Ff)	$Ff = \frac{A}{L^2}$	A = área da bacia em km ² ; L = comprimento do eixo (km).	-
	Índice de circularidade (Ic)	$Ic = 12,57 \frac{A}{p^2}$	A = área da bacia em km ² ; p = perímetro da bacia em km ² .	-
	Coefficiente de compacidade (Kc)	$Kc = \frac{0,28p}{\sqrt{A}}$	A = área da bacia em km ² ; P = perímetro da bacia em km ² .	-
Rede de drenagem	Comprimento total dos cursos d'água (L total)	L	L = comprimento total dos cursos d'água (L total em km)	km
	Densidade de drenagem (Dd)	$Dd = \frac{Lt}{A}$	Lt = comprimento total dos canais em km; A = área da bacia em km ² .	km/km ²
	Coefficiente de manutenção (Cm)	$Cm = \frac{1}{Dd} \times 1000$	Dd = densidade de drenagem em km/km ² .	m ² /m ⁻¹
	Ordem dos cursos d'água	-	-	-
Relevo	Altitude mínima	H _{min}	H _{min} = altitude mínima	m
	Altitude máxima	H _{max}	H _{max} = altitude máxima	m
	Altitude média	$\frac{H_{min} + H_{max}}{2}$	H _{min} = altitude mínima; H _{max} = altitude máxima	m
	Amplitude altimétrica	H _t	H _t = amplitude altimétrica em m	m
	Índice de rugosidade (Ir)	Ir = H x Dd	H = amplitude altimétrica em m; Dd = densidade de drenagem em km/km ² .	-

Fonte: Soares e Souza (2012). Adaptado pelos autores (2017)



3. Localização da área em estudo

A BHRP drena uma área total de 7.625,9 km². A BHRP é uma bacia interestadual situando-se no norte dos estados do Ceará e Piauí (Figura 2), constituindo-se uma sub-bacia da bacia hidrográfica do rio Longá (BHRL). O rio Piracuruca nasce na Serra da Ibiapaba, a altura do município de São Benedito, no estado do Ceará, e deságua no rio Longá a altura do município de São José do Divino, já no estado do Piauí.

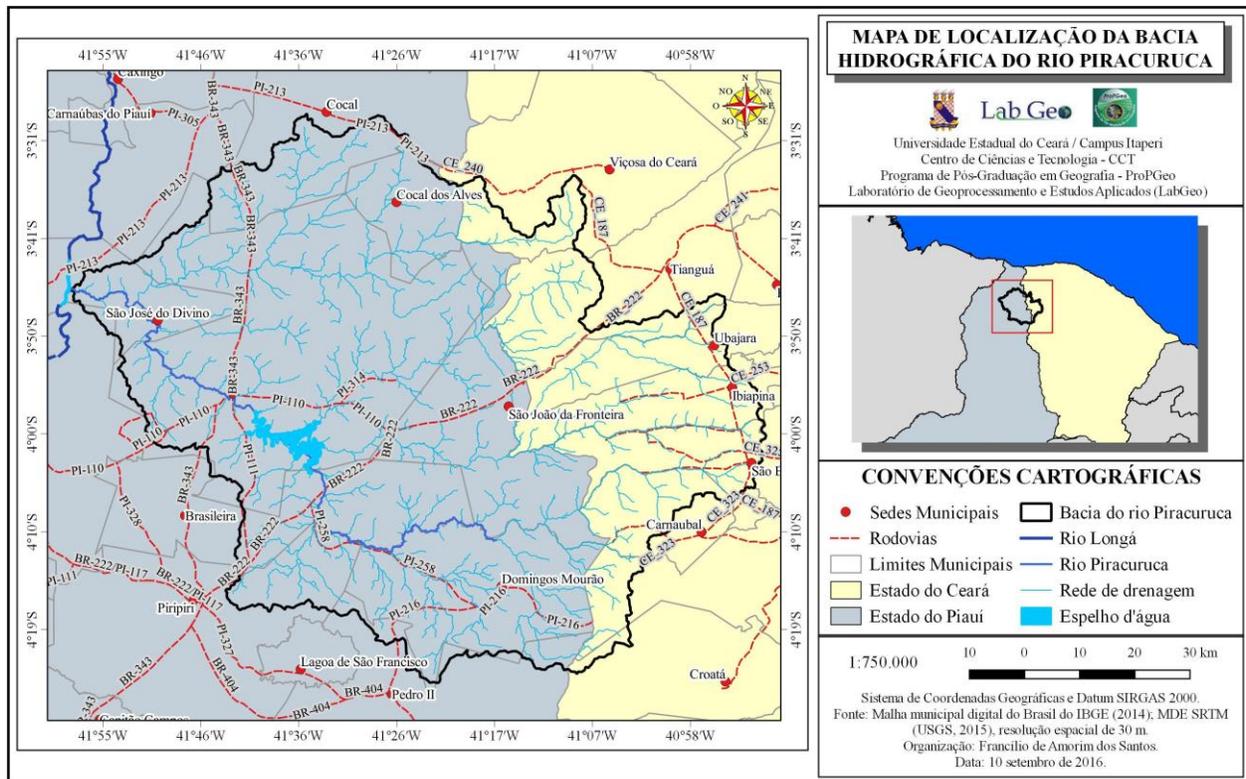


Figura 2 - Localização da bacia hidrográfica do rio Piracuruca (BHRP), obtido através da extração de bacias via dados de altimetria do MDE SRTM (USGS, 2015).

Predomina na BHRP o tipo climático subúmido úmido, embora ocorram também os tipos subúmido seco e úmido. A referida bacia apresenta totais de precipitação pluviométrica anual média que variam de 710 mm a 1.710 mm e temperatura anual média no intervalo entre 20°C a 27°C. Essas características são provenientes da localização da BHRP, que sofre influência da Serra da Ibiapaba, ou seja, devido efeito orográfico (SANTOS e CRUZ, 2016).



4. Resultados e discussão

4.1. Análises Fisiográficas

A bacia hidrográfica do Rio Piracuruca (BHRP) estende-se por seis diferentes formações geológicas (Figura 3). Pode-se observar que o Grupo Serra Grande ocupa 37% da área da BHRP e é formação por conglomerados, arenitos e intercalações de siltitos e folhelhos (CPRM, 2006). A formação Pimenteiras é a segunda mais extensa da bacia estudada, abrangendo 23,6% do referido curso hídrico, sendo formada por arenitos, siltitos e folhelhos (CPRM, 2006). A terceira formação mais extensa é a formação Cabeças, que se distribui por 21,8% da área estudada, sendo formada por arenitos e siltitos (CPRM, 2006). As outras três formações distribuem-se por 12,6%, 4,9% e 0,1% da bacia, respectivamente, Depósitos Colúvio-Eluviais, Formação Sardinha e Formação Longá.

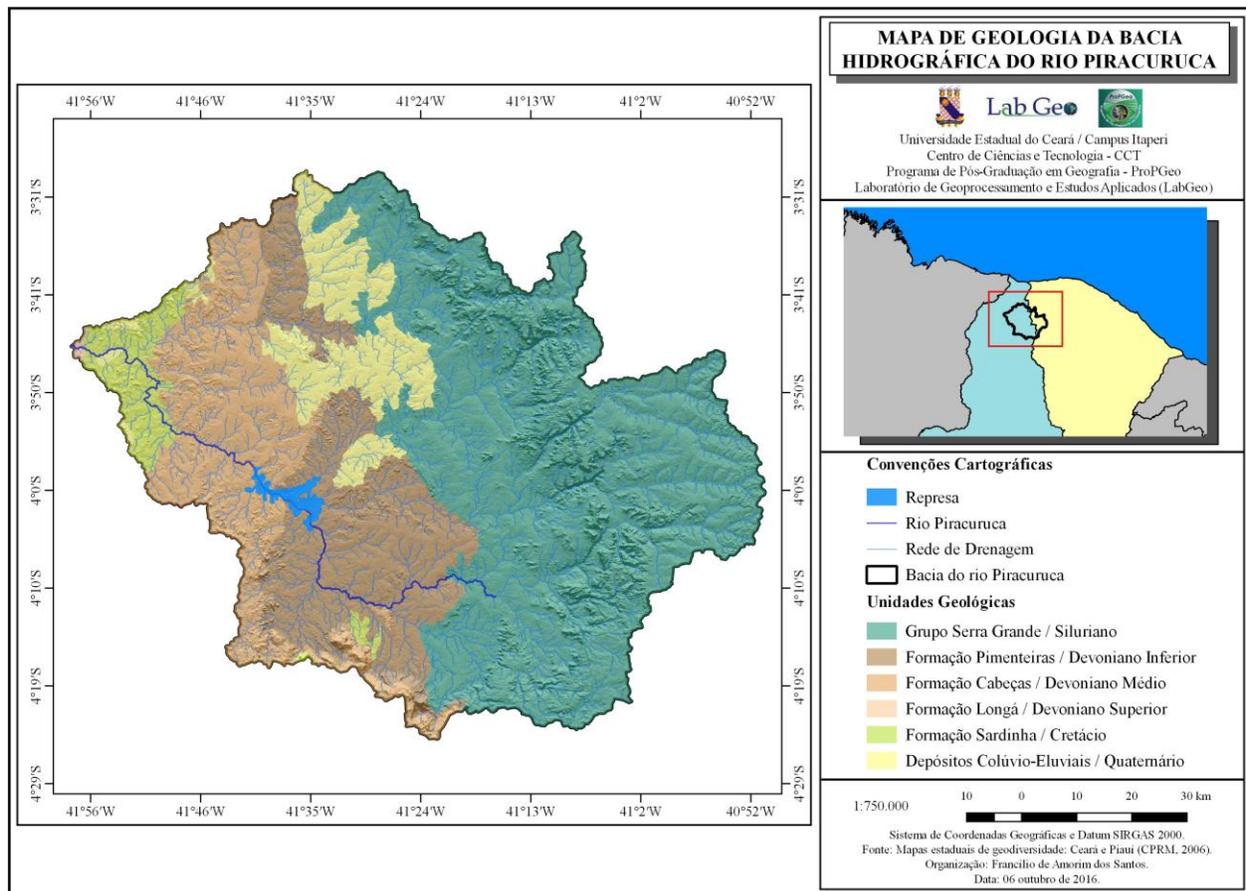


Figura 3 - Esboço geológico da bacia hidrográfica do rio Piracuruca (BHRP), obtido via dados vetoriais da geodiversidade estadual do Ceará e do Piauí (CPRM, 2006).

O rio, que tem suas nascentes no município cearense de São Benedito, surge a mais de 893 m de altitude na Serra da Ibiapaba. O mesmo após percorrer cerca de 200 km e deságua no município de São José do



Divino, já no estado do Piauí, com cotas abaixo de 46 m. Nesse sentido, pode-se afirmar que o rio principal da BHRP apresenta um desnível médio de 4,2 m/km. Diga-se, ainda, que a BHRP apresenta rios com padrão de drenagem dendrítica, segundo classificação de Christofolletti (1980), e é classificada como um sistema de drenagem de 6ª ordem (Figura 4), de acordo com a proposta de Strahler (1952), tendo o Piracuruca como seu rio principal.

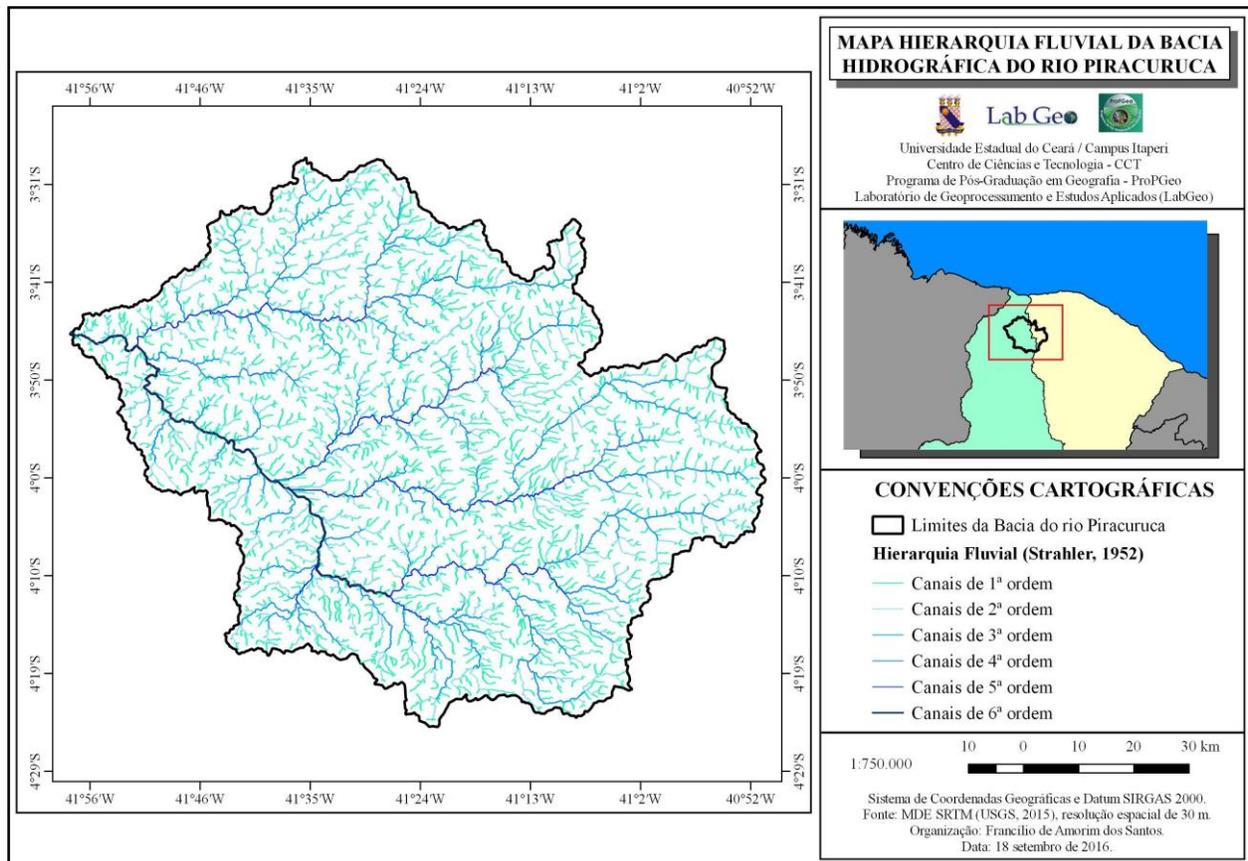


Figura 4 - Hierarquia fluvial da bacia hidrográfica do rio Piracuruca, conforme proposta de Strahler (1952).

A BHRP sofre influência da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), que produz chuvas concentradas principalmente de janeiro a maio. Com a espacialização dos dados de precipitação pluviométrica dos postos da Agência Nacional de Águas (ANA) pode-se visualizar que as chuvas na BHRP variam de 710 a 1.710 mm anuais (Figura 5). Ao passo que o maior nível de precipitação localiza-se na parte centro-leste (1.110 a 1.310 mm anuais), esta exibe influência do fator orográfico oriundo a Serra da Ibiapaba. A parte Sudeste a Sul destaca-se por apresentar totais pluviométricos típicos do semiárido (710 a 810 mm anuais).

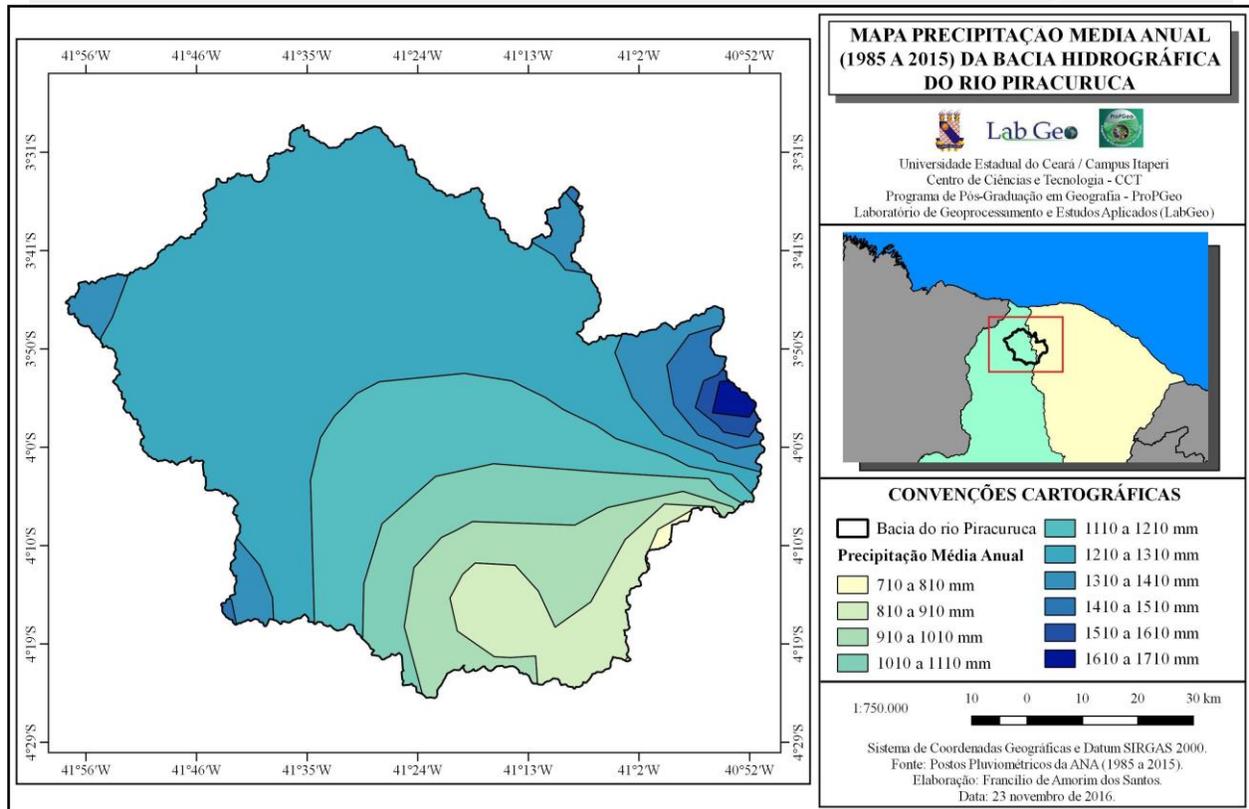


Figura 5 - Precipitação pluviométrica anual média (mm) da bacia hidrográfica do rio Piracuruca (BHRP), obtido por meio dos dados das planilhas dos postos pluviométricos da ANA (2016).

Na BHRP predominam os Neossolos Quartzarênicos Órticos, visto que se distribuem por 36,2% da área (Figura 6). A segunda maior abrangência diz respeito aos Neossolos Litólicos Distróficos, que se distribuem por 21,7% da referida bacia de drenagem. A terceira que se destaca está relacionada aos Latossolos Amarelos Distróficos, abrangendo 9,4% da bacia. Nesse sentido, é possível observar que em sua maior parte a BHRP apresenta solos jovens e como tal merecem atenção e técnicas de manejo adequadas, quando do seu uso para o desenvolvimento de atividades humanas.

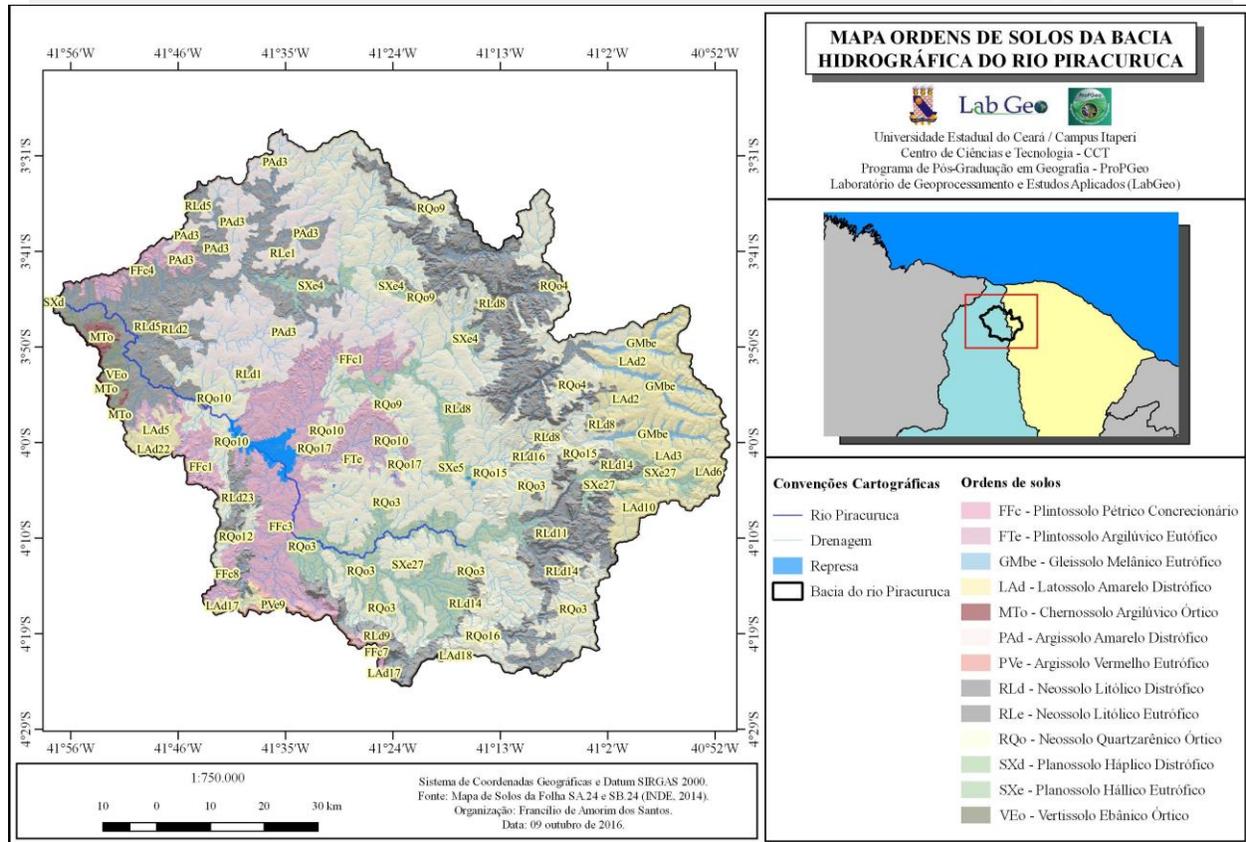


Figura 6 - Esboço das ordens de solos da bacia hidrográfica do rio Piracuruca (BHRP), obtido mediante dados vetoriais da INDE (2014).

4.2. Análises morfométricas

O estudo possibilitou identificar que a área estudada exibe fator forma (Ff) de 0,46, considerado um valor médio e, desse modo, pode-se afirmar que a BHRP apresenta uma forma intermediária (Quadro 2). Ressalta-se que uma forma mais irregular dificulta o acúmulo rápido da água das chuvas e, por conseguinte, menor predisposição a eventos extremos de inundações. Logo, o índice aponta relativa probabilidade a eventos de inundações a exemplo do Ff de 0,61 encontrado para a Bacia do rio Seridó (RN/PB), no estudo de Pereira Neto (2015). O mesmo autor afirma que “[...] o aporte hídrico no canal fluvial tende a se concentrar em um menor espaço de tempo (com o pico de vazão ou deflúvio)” (PEREIRA NETO, 2015, p.256).

O índice de circularidade (Ic) foi de 0,34, indicando que a BHRP tende a apresentar uma forma mais alongada que circular, não favorecendo processos de inundação, pois esse tipo de forma produz um escoamento mais bem distribuído no tempo e, conseqüentemente, baixo potencial a enchentes. Um valor semelhante foi identificado por Ferreira *et al.* (2010), em estudo na bacia hidrográfica do Açude Cachoeira



II, em Serra Talhada (PE), com I_c de 0,37, indicando menor risco a grandes cheias sob condições normais de pluviosidade anual, ao passo que a topografia apresenta-se favorável ao escoamento superficial.

Quadro 2 - Características morfométricas analisadas da bacia hidrográfica do rio de Piracuruca (BHRP).

Variáveis	Parâmetro	Unidade
Geométrica	Área (A)	7.625,9 km ²
	Perímetro (P)	526,4 km ²
	Fator forma da bacia (Ff)	0,46
	Índice de circularidade (Ic)	0,34
	Coefficiente de compacidade (Kc)	1,7
Rede de drenagem	Comprimento total dos cursos d'água (L total)	6.046,5 km
	Densidade de drenagem (Dd)	0,8 km/km ²
	Coefficiente de manutenção (Cm)	1.250 m ² /m ⁻¹
	Ordem dos cursos d'água	6 ^a
Relevo	Altitude mínima (H_{min})	46 m
	Altitude máxima (H_{max})	893 m
	Altitude media	469,5 m
	Amplitude altimétrica máxima	847 m
	Índice de rugosidade (Ir)	677,6

A forma alongada da bacia é corroborada pelo coeficiente de compacidade (Kc) de 1,7, não favorecendo a ocorrência de picos de enchentes e, por outro lado, possibilitando maior escoamento. Ferreira *et al.* (2010) encontrou o Kc de 1,63 para a bacia do rio Seridó e propõe que a mesma apresenta susceptibilidade ao escoamento devido ser mais alongada.

Em relação aos parâmetros da rede de drenagem, o comprimento total dos cursos d'água (L total) da BHRP é de 6.045,5 km. Sua densidade de drenagem (Dd) foi estimada em 0,8 km/km², indicando uma rede de drenagem regular. O seu coeficiente de manutenção (Cm) demonstrou a necessidade de 1.250 m² para manter perene cada metro de seus canais. Cabe, ainda, mencionar que a soma do comprimento de todos os canais da bacia é 6.046,5 km.

Em relação ao relevo da bacia em estudo, o mesmo apresenta cota altimétrica mínima de 46 m e máxima de 893 m, por conseguinte média altimétrica de 469,5 m e amplitude de 847 m. No que tange ao índice de rugosidade (Ir) a área apresenta um relevo dissecado em colinas e vertentes curtas, o que define baixa predisposição a enchentes abruptas.

5. Conclusões

O conhecimento das características fisiográficas constitui-se importante elemento para compreensão da dinâmica geoambiental, bem como identificação das potencialidades e limitações de uma bacia



hidrográfica, que no presente estudo teve como objeto a bacia hidrográfica do rio Piracuruca (BHRP), visando subsidiar as práticas humanas e minimizar os riscos a desastres naturais.

A área estudada é uma bacia interestadual, devido o rio Piracuruca ter suas nascentes no município cearense de São Benedito, há mais de 890 m de altitude na Serra da Ibiapaba, e desaguar no município de São José do Divino, estado do Piauí, com cotas de 46 m. Pode-se observar, ainda, que a BHRP assenta-se sobre formações geológicas com diferentes litologias, cuja composição abrange principalmente conglomerados, arenitos, siltitos e folhelhos, que com técnicas apropriadas podem ser explorados.

A BHRP apresenta influência da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), que promove concentração de chuvas entre janeiro a maio. A área exibe, também, concentração de chuvas no lado cearense, devido o fator orográfico proveniente da Serra da Ibiapaba, enquanto a parte Sudeste e Sul possui totais pluviométricos típicos de clima subúmido seco a semiárido. Predominam na área da bacia os Neossolos (Quartzarênicos Órticos e Litólicos Distróficos), que devido serem pouco desenvolvidos exibem maior possibilidade de degradação quando do uso de técnicas de manejo e/ou conservação inadequadas.

Quando analisados os parâmetros morfométricos da BHRP, pode-se constatar que a mesma possui relativa probabilidade a enchentes, visto que apresenta fator forma (Ff) de 0,46, índice de circularidade (Ic) de 0,34 e coeficiente de compacidade (Kc) de 1,7, além de índice de rugosidade (Ir) que aponta baixa predisposição a enchentes abruptas. Entretanto, é importante frisar que esses índices foram mensurados para a bacia de modo geral, devendo-se aplica-los para conhecimento de forma setorizada e, como tal, identificar a real predisposição do alto, médio e baixo curso da BHRP a eventos de enchentes.

6. Referências

ALVES SOBRINHO, T. Delimitação automática de bacias hidrográficas utilizando dados SRTM. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.30, n.1, p.46-57, jan./fev. 2010.

CARELLI, L.; LOPES, P.P. Caracterização Fisiográfica da Bacia Olhos D'água em Feira de Santana/BA: Geoprocessamento Aplicado à Análise Ambiental. **Boletim Goiano de Geografia**. Goiânia, v. 31, n. 2, p. 43-54, jul./dez. 2011.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia fluvial**. Volume 1 - O canal fluvial. São Paulo: Edgard Blücher, 1981.

_____. **Geomorfologia**. 2.ed. rev. e ampl. São Paulo: Edgard Blücher, 1980.

CPRM - Serviço Geológico do Brasil. Ministério de Minas e Energia. **Mapas estaduais de geodiversidade**: Piauí. Rio de Janeiro: CPRM. 2006. Documento cartográfico em arquivo vetorial. Disponível em <http://geobank.sa.cprm.gov.br>. Acesso em janeiro de 2014.

DUARTE, C.C.; GALVÍNIO, J.D.; CORRÊA, A.C.B.; ARAÚJO, M.S.B. Análise fisiográfica da Bacia Hidrográfica do rio Tapacurá- PE. **Revista de Geografia**, Recife: UFPE – DCG/NAPA, v. 24, nº 2, mai/ago. 2007.

FERREIRA, C.W.S.; LIMA, C.S.; CAVALCANTI, L.C.S.; SANTOS, A.H.O. Caracterização morfométrica da Bacia Hidrográfica do Açude Cachoeira II, no município de Serra Talhada - PE, Brasil. In: VI Seminário Latino



Americano de Geografia Física, II Seminário Ibero Americano de Geografia Física. **Anais...** Universidade de Coimbra, Maio de 2010.

FISTAROL, P.H.B.; BRANDOLFF, R.S.; SANTOS, J.Y.G. Análise Fisiográfica da Bacia do Rio de Ondas - BA. In: XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, INPE, João Pessoa-PB, Brasil. **Anais...** 25 a 29 de abril de 2015. p.5469-5476.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Malha municipal digital do Brasil:** situação em 2014. Rio de Janeiro: IBGE, 2014. Disponível em: <ftp://geofpt.ibge.gov.br/malhas_digitais/>. Acesso em 04 de abril de 2016.

_____. **Cidades.** Disponível em <www.cidades.ibge.gov.br>. Acesso em 10 de setembro de 2016.

PEREIRA NETO, M.C. Análise areal como subsídio aos estudos integrados da Bacia Hidrográfica do rio Seridó (RN/PB). **Revista Equador (UFPI)**, Vol. 5, Nº 4 (Edição Especial 03), p.250-261. 2015.

SANTOS, F.A.; CRUZ, M.L.B. Balanço hídrico climatológico da Bacia Hidrográfica do rio Piracuruca, Nordeste do Brasil. In: I Congresso Internacional da Diversidade do Semiárido - I CONIDIS. **Anais...** 10 a 12 de novembro, Campina Grande (PB), 2016.

SILVA, J.R.; MOURA, A.C.M. Delimitação automática de sub-bacias hidrográficas no município de Ouro Preto-MG. In: XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, INPE, Foz do Iguaçu, PR, Brasil. **Anais...** 13 a 18 de abril de 2013. p. 4496-4502.

SOARES, M.R.G.J.; SOUZA, J.L.M. Análise morfométrica da Bacia Hidrográfica do Rio Pequeno em São José dos Pinhais (PR). **Geografia (Londrina)**, Londrina, v. 21, n. 1, p.019-036, jan./abr. 2012.

STRAHLER, A.N. Hypsometric analysis of erosional topography. **Geological Society of America Bulletin**, n. 63, p.111-1141, 1952.

USGS - United States Geological Service (Serviço Geológico dos Estados Unidos). Earth Explorer - **Digital Elevation** – SRTM 1 Arc-Second Global. 2015. Disponível em <<http://earthexplorer.usgs.gov/>>. Acesso em 23 de novembro de 2015.

Agradecimentos

Agradecemos ao Laboratório de Geomática, da Universidade Federal do Piauí (UFPI) / *Campus* Universitário Ministro Petrônio Portela, por ceder espaço e permitir o uso do *software* ArcGIS, licenciado para o referido laboratório.