

# Informe Técnico-Científico de Prevenção de Desastres e Ordenamento Territorial

Diretoria de Hidrologia e Gestão Territorial | Departamento de Gestão Territorial

V. 2, N. 2 Rio de Janeiro, set. 2021 ISSN 2764-2054

## Caracterização Fisiográfica da Bacia do Ribeirão Xambioazinho, Xambioá – TO

### *Physiographic Characterization of the Ribeirão Xambioazinho Watershed, Tocantins State, Brazil*

Andressa Azambuja ([andressa.azambuja@cprm.gov.br](mailto:andressa.azambuja@cprm.gov.br))<sup>1</sup>Almir Conceição ([raimundo.conceicao@cprm.gov.br](mailto:raimundo.conceicao@cprm.gov.br))<sup>1</sup>Vitória Ribeiro Pereira ([vitoria.pereira@cprm.gov.br](mailto:vitoria.pereira@cprm.gov.br))<sup>2</sup><sup>1</sup> Serviço Geológico do Brasil - CPRM, Superintendência de Belém<sup>2</sup> Serviço Geológico do Brasil - CPRM, Superintendência de São Paulo

#### Abstract

*The physiographic characterization of a watershed is extremely useful as a complement to the study of susceptibility to gravitational mass movements and floods, through obtaining quantitative morphometric indexes that help in hydrological and environmental studies related to territorial management. Thus, this preliminary interpretation combined with field validation allows the optimization of decision-making regarding potential land use and occupation and better management regarding the possible susceptibility to floods and erosion.*

*Keywords: Physiographic Characterization, Watershed, Territorial Management.*

Palavras chave: Caracterização fisiográfica, Bacia hidrográfica, Gestão territorial.

#### INTRODUÇÃO

O objetivo deste estudo é complementar as análises do Projeto Cartas de Suscetibilidade a Movimentos Gravitacionais de Massa e Inundações através da obtenção de índices morfométricos quantitativos que auxiliarão nos estudos hidrológicos e ambientais relacionados a gestão territorial. Com isso, a interpretação preliminar aliada à validação de campo permitirá a otimização da tomada de decisão quanto aos potenciais uso e ocupação do solo e melhor gestão quanto à possível suscetibilidade à enchentes e erosões.

Os índices são calculados a partir de fórmulas e conceitos propostos por Villela e Mattos (1975) e tem como vantagem o conhecimento da dinâmica hídrica e vulnerabilidade ambiental pré-campo em tempo hábil e baixo custo, pois utilizando dados de Modelos Digitais de Elevação (MDE) e seus derivados é possível inferir o comportamento das sub-bacias de uma área, no que diz respeito ao seu potencial para inundações e para processos erosivos.

As sub-bacias são selecionadas para análise de acordo com a sua proximidade da área urbana municipal e considerando que sua área tem potencial para abrigar

futuramente vetores de expansão, os quais podem ser afetados por desastres naturais.

A caracterização é realizada a partir das características geométricas, do relevo e da rede de drenagem. Cada aspecto revela dados que são inseridos em equações matemáticas vastamente conhecidas na bibliografia e seus resultados descrevem o comportamento hidrológico da bacia.

#### ÍNDICES MORFOMÉTRICOS ANALISADOS

##### Coeficiente de compacidade (Kc)

É a relação entre o perímetro da bacia e a circunferência de um círculo de área igual à da bacia. Este coeficiente é um número adimensional que varia com a forma da bacia independente do seu tamanho, assim quanto mais irregular ela for, maior será o coeficiente de compacidade, ou seja, quanto mais próxima da unidade, mais circular será a bacia e será mais sujeita a enchentes (VILLELA; MATTOS, 1975). É dado por:

$$Kc = 0,28 \frac{P}{\sqrt{A}}$$

Onde:  $P$  é o perímetro em km  
e  $A$  é a área da bacia em km<sup>2</sup>.

### Fator de Forma (Kf)

É a relação entre a largura média e o comprimento axial da bacia. Em bacias de forma mais alongada e estreita, há menos possibilidade de ocorrência de chuvas intensas ao mesmo tempo em toda sua extensão, afastando assim, a condição ideal para ocorrência de cheias. É dado pela equação:

$$Kf = \frac{A}{C^2}$$

Onde:  $A$  é a área da bacia em  $\text{km}^2$   
e  $C$  é o comprimento axial da bacia em km.

### Índice de Circularidade (IC)

Ele tende para a unidade à medida em que a bacia se aproxima da forma circular e diminui à medida em que a forma se torna alongada. Segundo SCHUMM (1956 *apud* TRAJANO *et al.*, 2012), valores maiores que 0,51 mostram que a bacia tende a ser mais circular favorecendo os processos de inundação (picos de cheias). Os valores menores que 0,51 sugerem que a bacia tende a ser mais alongada, o que contribui para o processo de escoamento. A equação é dada por:

$$IC = \frac{12,57xA}{P^2}$$

Onde:  $A$  é a área da bacia em  $\text{km}^2$   
e  $P$  é perímetro da bacia em km.

### Índice de Rugosidade (Ir)

É um relevante índice que associa a disponibilidade do escoamento hídrico superficial com seu potencial erosivo, expresso pela declividade média. Quanto maior for esse índice, maior será o risco de degradação da bacia. O coeficiente de rugosidade tem uma relação importante com os parâmetros hidrológicos, tais como: infiltração, umidade do solo, regulação do tempo do escoamento superficial e concentração da água das chuvas no canal principal. É dado por:

$$Ir = HDd$$

Onde:  $H$  é a diferença entre as cotas máxima e mínima (km) e  $Dd$  é a densidade de drenagem ( $\text{km}/\text{km}^2$ ).

### Ordem dos Cursos de Água

A ordem do rio principal definirá a extensão de ramificação na bacia e quanto maior o grau de ramificação da rede de drenagem maior a tendência para o pico de cheia. Este índice será obtido segundo Strahler (1957 *apud* VILLELA; MATOS, 1975).

### Densidade de Drenagem (Dd)

Indica a eficiência da drenagem na bacia, o que significa dizer que quanto maior a densidade de drenagem mais rapidamente a água do escoamento superficial originada pela chuva chegará à saída da bacia gerando hidrogramas com picos maiores e em menos tempo. É um dos parâmetros mais importantes pois funciona como índice demonstrativo do trabalho fluvial de erosão da superfície e, dessa forma, adquire importância como instrumento de análise da paisagem, sobretudo para a identificação de possíveis focos de suscetibilidade geomorfológica Soares *et al.* (2016 *apud* SILVA *et al.*, 2018). Além disso, é utilizada também para pré-avaliação em estudos de regionalização ou transposição de dados hidrológicos entre bacias de uma região, pois permite avaliar as semelhanças de escoamento entre bacias hidrográficas de tamanhos diferentes (mas com mesma escala do mapa). É calculada através da equação:

$$Dd = \frac{Li}{A}$$

Onde:  $Li$  é a somatória da extensão dos cursos d'água (efêmeros, intermitentes e perenes), em km e  $A$  é a área da bacia, em  $\text{km}^2$ .

### Sinuosidade (Sin)

Está relacionada à velocidade do escoamento nos canais de drenagem e, em síntese, sua relação com o solo em produzir erosão. Quanto maior a sinuosidade, maior será a dificuldade de se atingir o exutório do canal, portanto, a velocidade de escoamento será menor. Valores próximos a 1 indicam canais retilíneos, valores superiores a 2 indicam canais sinuosos e os valores intermediários indicam formas transicionais. É dada pela relação:

$$Sin = \frac{C}{Ct}$$

Onde:  $C$  é o comprimento do rio e  $Ct$  é o comprimento do rio medido em linha reta.

### Tempo de Concentração (tc)

É uma característica de extrema importância para o conhecimento do comportamento hidrológico da bacia, sobretudo, da chuva crítica e da vazão máxima do escoamento superficial, também denominada vazão de pico. Ele é função das características físicas da bacia e a sua magnitude influencia o pico e a forma do hidrograma do escoamento, sendo, por conseguinte, uma grandeza imprescindível para uma avaliação hidrológica eficaz.

O tempo de concentração ( $t_c$ ) é o tempo necessário para que toda a área da bacia contribua para o escoamento

**FALTA A CHAMADA DA FIGURA 1**

superficial na seção de saída. Ou seja, o tempo de concentração é o tempo que leva para que a água que choveu no ponto da bacia hidrográfica mais distante da foz possa chegar lá. Então, quando chove sobre uma bacia hidrográfica por um período maior que o tempo de concentração, toda a bacia contribui para o exutório, sendo alcançada a vazão máxima para essa chuva.

Para obter  $t_c$  existem na literatura várias equações empíricas. Dentre estas, foi usada aqui a de Kirpich (*California Culverts Practice*), que é dada por:

$$t_c = 57 \left( \frac{L^3}{H} \right)^{0,385}$$

Onde:  $L$  é o comprimento do rio, em km, e  $H$  é diferença de elevação entre o ponto mais remoto da bacia e o nível d'água na seção considerada, em m.

Ressalta-se que as fórmulas foram desenvolvidas para bacias específicas. Por isso é importante que a partir das primeiras medições o  $t_c$  seja estimado hidrológicamente, a fim de confirmar ou não o valor obtido pela análise morfométrica.

**METODOLOGIA**

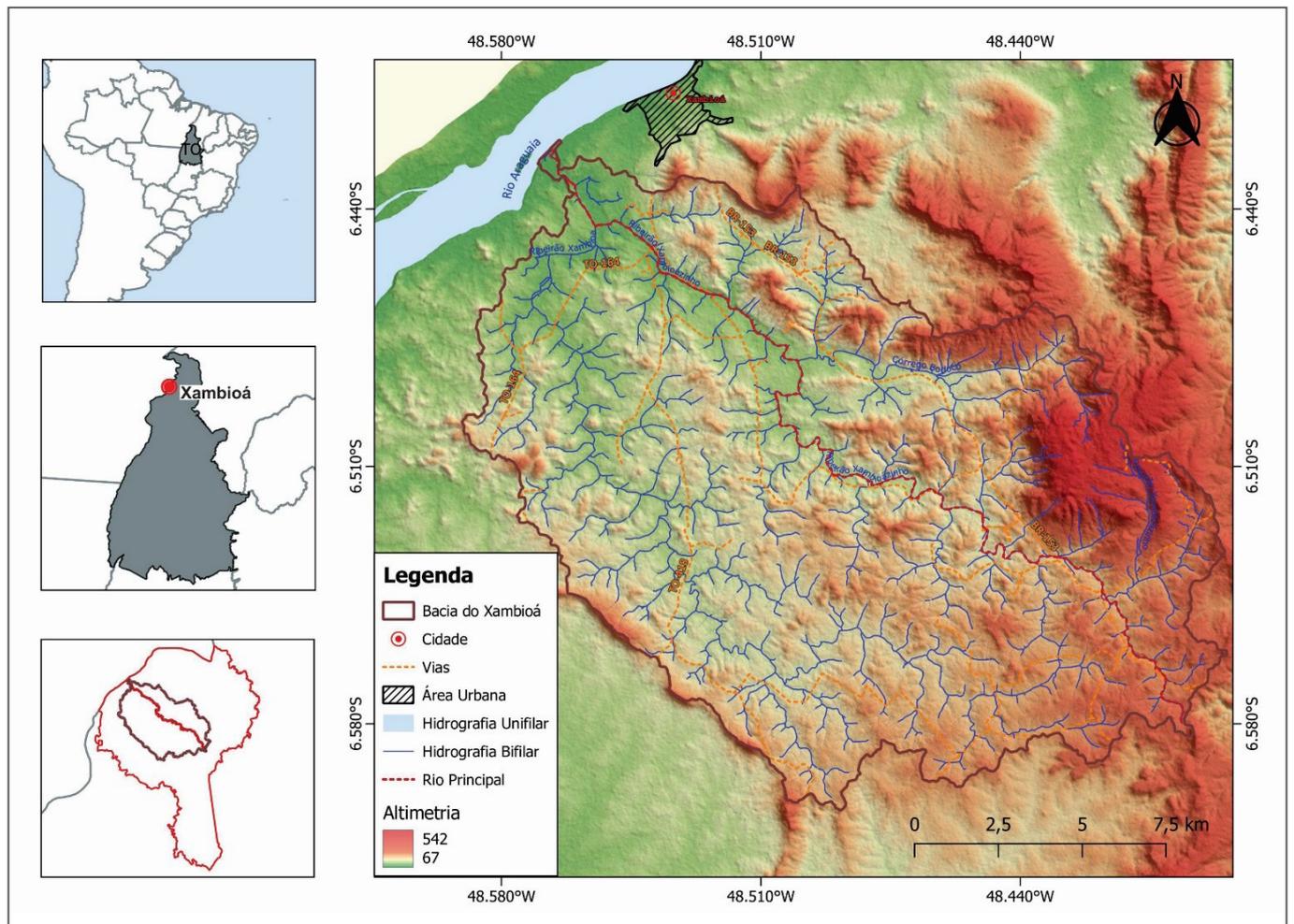
A análise foi realizada em ambiente SIG, por meio do ArcGis 10.7 (ESRI®). O dado de entrada principal foi o MDE/STRM reamostrado para 12,5 m, proveniente da ortorretificação de imagens ALOS/PALSAR (ASF, 2015). Este modelo, foi pré-processado e corrigido para análises hidrológicas.

Também foram utilizadas imagens *Google Earth*, a partir do *Quick Map Service*.

A partir do MDE pré-processado, foram extraídos os seguintes parâmetros para a bacia:

- Área (A);
- Perímetro (P);
- Amplitude ();
- Cursos d'água;
- Curso d'água principal;
- Comprimento axial;
- Ordem de drenagem.

Foram também elaborados mapas de declividade (Figura 2) e mapa hipsométrico (Figura 3) para análise visual.



**FIGURA 1** - Mapa de localização da bacia em estudo. (Elaborada pelos autores).

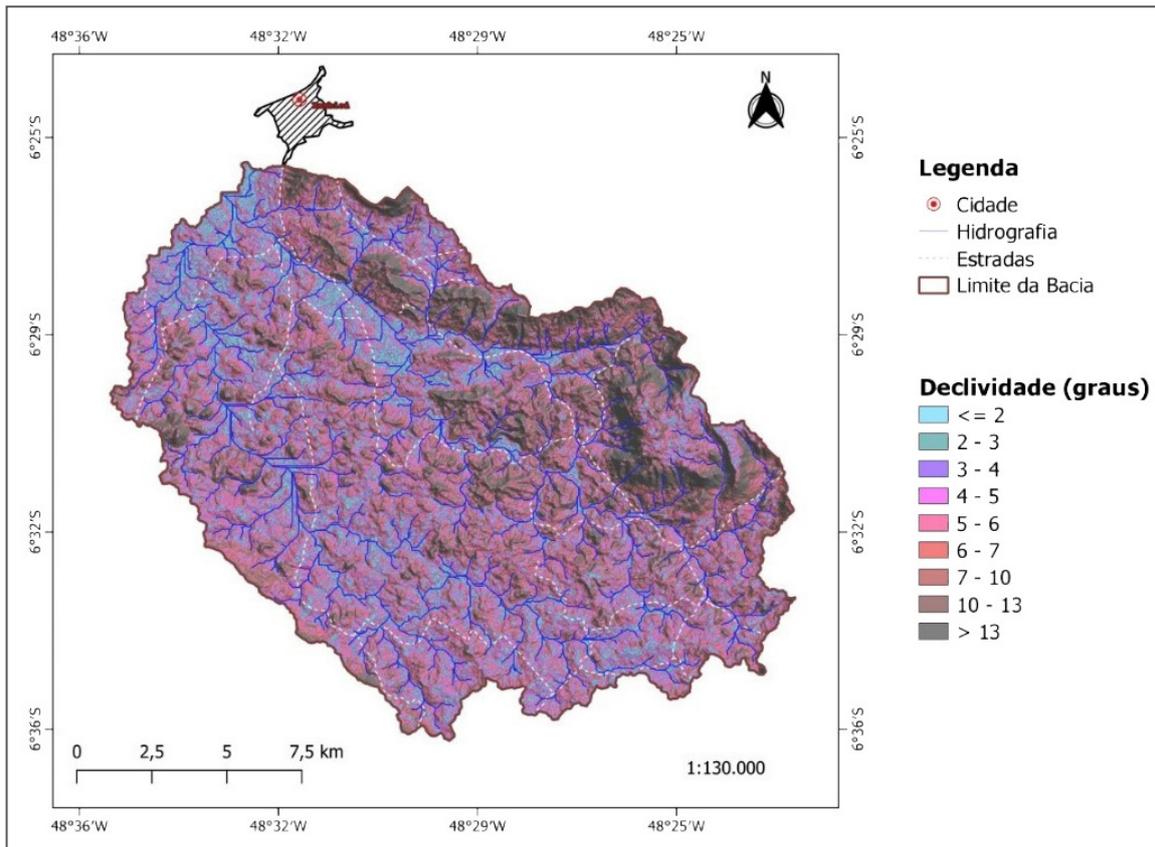


FIGURA 2 - Espacialização da declividade da bacia. (Elaborada pelos autores).

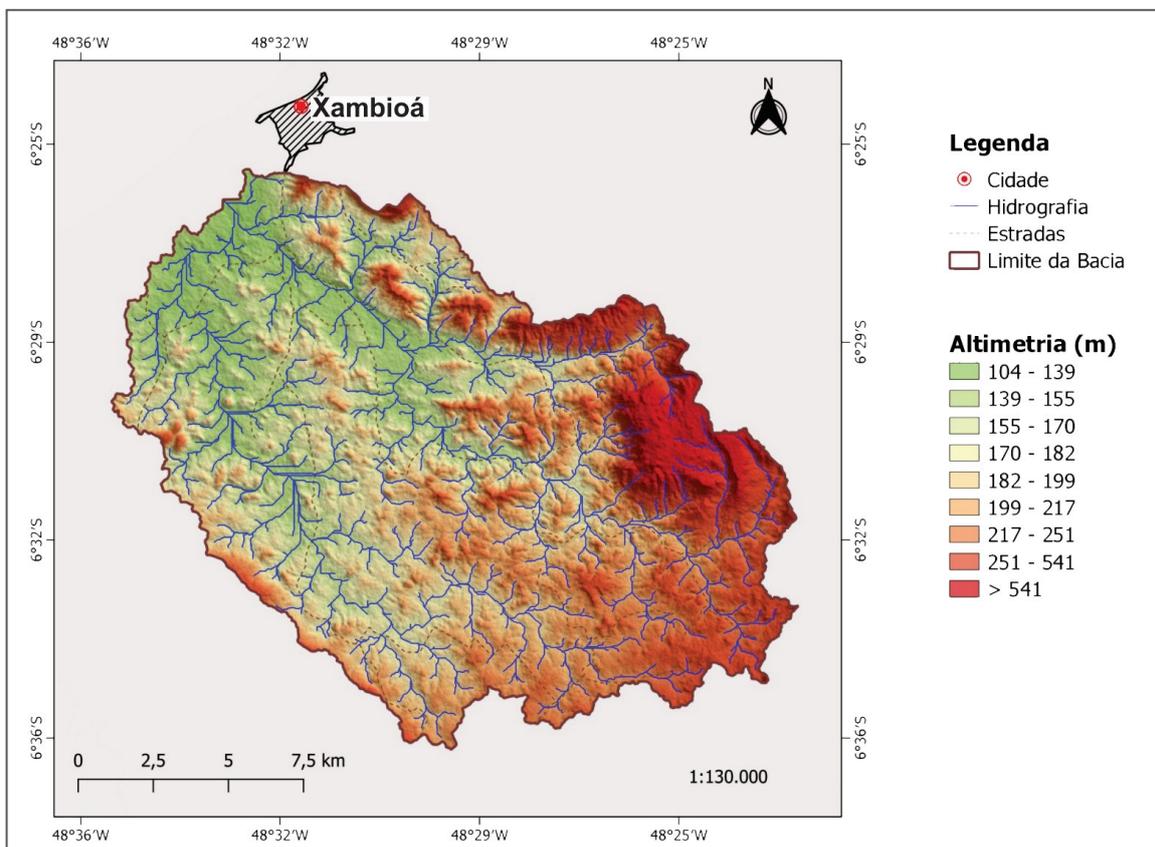


FIGURA 3 - Espacialização da altitude da bacia (mapa hipsométrico). (Elaborada pelos autores).

## RESULTADOS E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados das análises são apresentados na tabela 1. Usando as equações de cada índice morfométrico com os parâmetros obtidos, a bacia pode ser caracterizada como apresentado na tabela 2.

A bacia do Ribeirão Xambioazinho foi selecionada pela sua proximidade com a sede municipal, tamanho e escala, tendo em vista que sua análise pode auxiliar e complementar as informações contidas na Carta de Suscetibilidade de Xambioá, TO.

Quando consideradas algumas das principais características físicas da bacia, como as relacionadas à sua forma, o coeficiente de compacidade (1,56), o fator de forma (0,42), o índice de circularidade (0,40) faz pressupor uma bacia com formato mais alongado e, portanto, não sujeita a enchentes.

Contudo, o índice de rugosidade (0,77), mostra uma tendência moderada a processos erosivos por escoamentos superficiais, o que, inclusive, demonstra que pode ser uma área desfavorável à algumas práticas agrícolas.

A densidade de drenagem se constitui como um dos mais importantes índices a ser considerado na análise quantitativa da bacia, pois, representa o grau de

dissecação do relevo e funciona como índice demonstrativo do trabalho fluvial de erosão da superfície.

No caso da bacia do Ribeirão Xambioazinho, uma densidade de drenagem mais eficiente (1,72 km/km<sup>2</sup>) mostra que o deflúvio atinge de forma mais rápida os rios e que não tem boa capacidade de infiltração. Importante lembrar que, como a densidade de drenagem depende do comportamento hidrológico dos solos e rochas e da declividade média da bacia, pode, portanto, variar espacialmente mostrando que alguns pontos são mais suscetíveis a enchentes e ou processos erosivos.

O índice de sinuosidade está relacionado à velocidade do escoamento e, em síntese, sua relação com o solo em produzir erosão. O índice encontrado (1,48) sugere que o canal teria uma forma transicional, pouco sinuoso, podendo haver pouco acúmulo de sedimentos, isso significa, dentre outras coisas, que a área é mais favorável à conservação e preservação da bacia que tem pouca ou nenhuma influência geológica. Por ser transicional, é importante ratificar também em análise de campo, em qual porção do rio (se mais à montante ou mais à jusante) ele é menos e mais sinuoso, e assim, identificar possíveis pontos mais propensos à erosão.

É de fundamental importância saber o valor do tempo de concentração de uma bacia hidrográfica já que, para chuvas que durem menos que o tempo de concentração, o volume de água que caiu na região mais distante vai chegar à foz depois que o escoamento do volume que caiu na região mais próxima à esta já tenha ocorrido. Já para chuvas com duração igual ou maior que o tempo de concentração da bacia, quando o volume que caiu na região mais distante chegar à foz, ele vai se somar ao volume que acabou de cair nas regiões mais próximas,

TABELA 1: Parâmetros da bacia.

Parâmetros	Resultado	Unidade
Área (A)	276,2	km <sup>2</sup>
Perímetro (P)	92,6	km
Amplitude (H)	447	m
Comprimento total dos cursos de água (Li)	476,1	km
Comprimento do curso de água principal (C)	37,93	km
Comprimento axial da bacia (Ct)	25,55	km

TABELA 2: Índices morfométricos da bacia.

Índice	Resultado	Unid.	Característica	Tendência
Coeficiente de Compacidade	1,56	-	Alongada	Baixa suscetibilidade à inundação
Fator de Forma	0,42	-	Alongada	Baixa suscetibilidade à inundação
Índice de Circularidade	0,40	-	Alongada	Baixa suscetibilidade à inundação
Densidade de Drenagem	1,72	Km/km <sup>2</sup>	Média	Eficiência mediana. Em alguns pontos média relação infiltração/deflúvio.
Índice de Rugosidade	0,77	-	Alto	Suscetibilidade à degradação por erosão ocasionada por escoamentos superficiais.
Ordem da bacia	5	-	Ramificação significativa	Maior a tendência para o pico de cheia
Sinuosidade	1,48	-	Transicional	Menos sinuoso, podendo haver melhor transporte de sedimentos.
Tempo de Concentração	531	min	Lento	Resposta mais lenta à precipitação. Maior possibilidade de inundações graduais, e não bruscas.

causando uma cheia maior do que a de uma chuva mais curta. O valor encontrado para a bacia foi de aproximadamente 531 minutos (8h 51min).

Em bacias não-urbanas, o tempo de concentração depende, essencialmente, do escoamento sobre o terreno. Ou seja, nem toda bacia considerada pequena tem uma resposta rápida (menor de 6 horas) à precipitação.

“Há uma grande dificuldade em estabelecer um limiar, ou seja, um tempo limite que diferencie às inundações bruscas das graduais. De acordo com o NWS/NOAA (2004 *apud* GOERL; KOBAYAMA, 2005), este tempo pode ser de 6 horas. A WMO (1994 *apud* GOERL; KOBAYAMA, 2005) também sugere que as inundações bruscas são caracterizadas por um tempo de concentração curto, de aproximadamente 6 horas.” (GOERL; KOBAYAMA, 2005). Em outras palavras, a determinação do tempo de concentração, além de auxiliar na definição da vazão máxima a que está sujeita, também contribuirá para a formulação de ações preventivas de processos de inundação e erosão.

Com isso, mesmo considerando isoladamente e em condições normais de precipitação estes parâmetros, a bacia do Ribeirão Xambioazinho não apresenta tendência a enchentes. Por outro lado, tem suscetibilidade à erosão fluvial, possivelmente na região mais à nordeste-leste da bacia. Desta forma, é importante ressaltar que a sede do município de Xambioá está localizada à norte da bacia de estudo, próxima ao exutório, e que por isso fica o alerta para a importância de investimento em controle dos processos erosivos e de compactação do solo que podem afetar o ciclo hidrológico local ao modificar as etapas de infiltração e escoamento superficial.

Por fim, este estudo é uma análise pré-campo e servirá, inclusive como direcionamento estratégico para as equipes em viagem de campo. Ressalta-se que estas visitas são necessárias para validação dos dados de vegetação, relevo e a rede de drenagem mas, sobretudo,

é de extrema relevância a caracterização do solo e da precipitação com a máxima precisão possível para maior eficácia do diagnóstico da região e, por conseguinte, das propostas de medidas não-estruturais essenciais e dos potenciais uso e ocupação do solo para os quais a região estaria mais apta.

## REFERÊNCIAS

ASF - Alaska Satellite Facility. **Radiometrically Terrain Corrected ALOS PALSAR products: product guide**. Rev. 1.2. Fairbanks, Alaska: [s.e.], 2015. 12 p. Disponível em: [https://asf.alaska.edu/wp-content/uploads/2019/03/rtc\\_product\\_guide\\_v1.2.pdf](https://asf.alaska.edu/wp-content/uploads/2019/03/rtc_product_guide_v1.2.pdf). Acesso em: 10 jan. 2022.

GOERL, R.F.; KOBAYAMA, M. Considerações sobre as inundações no Brasil. *In*: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 16., 2005, João Pessoa. **Anais [...]**. Porto Alegre: ABRH, 2005. CD-rom. 14 p. Disponível em: [www.labhidro.ufsc.br/Artigos/ABRH2005\\_inundacoes.pdf](http://www.labhidro.ufsc.br/Artigos/ABRH2005_inundacoes.pdf). Acesso em: 07 fev. 2022.

SILVA, G.; ALMEIDA, F. de P.; ALMEIDA, R. T. S.; ALVES JUNIOR, J. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do Riacho Rangel-Piauí, Brasil. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v. 15, n. 28, 2018. Disponível em: <https://conhecer.org.br/ojs/index.php/biosfera/article/view/390>. Acesso em: 11 jan. 2018.

TRAJANO, S. R. R. da S.; SPADOTTO, C. A.; HOLLER, W. A.; DALTIO, J.; MARTINHO, P. R. R.; FOIS, N. S.; SANTOS, B. B. de O.; TOSCHI, H. H.; LISBOA, F. S. **Análise Morfométrica de Bacia Hidrográfica – Subsídio à Gestão Territorial Estudo de caso no Alto e Médio Mamanguape**. Campinas – SP: EMBRAPA, 2012. 33 p. ISSN 2317 8779. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 2). Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/84896/1/0000010346-BPD-Analise-morfometrica.pdf>. Acesso em: 11 jan. 2021

VILLELA, S. M.; MATTOS, A. **Hidrologia Aplicada**. Editora Mc Graw Hill, São Paulo, 1975. 245 p.



### INFORME TÉCNICO-CIENTÍFICO DE PREVENÇÃO DE DESASTRES E ORDENAMENTO TERRITORIAL

V.2, N.2, set. 2021  
ISSN 2764-2054

Publicação on-line seriada do Serviço Geológico do Brasil – CPRM  
Diretoria de Hidrologia e Gestão Territorial  
Departamento de Gestão Territorial – DEGET

Disponível em: [rigeo.cprm.gov.br](http://rigeo.cprm.gov.br)

Serviço Geológico do Brasil – CPRM  
Av. Pasteur, 404 - Urca - Rio de Janeiro - RJ - BRASIL  
CEP: 22.290-255

Telefone:(21) 2295-0032

Contatos: [seus@cprm.gov.br](mailto:seus@cprm.gov.br) / [solicita.deget@cprm.gov.br](mailto:solicita.deget@cprm.gov.br)

#### COMISSÃO DE PUBLICAÇÃO

**Diretora de Hidrologia e Gestão Territorial:** Alice Silva de Castilho

**Departamento de Gestão Territorial:** Diogo Rodrigues da Silva

**Corpo editorial:** Carlos Schobbenhaus Filho, Cassio Roberto Silva, Diogo Rodrigues da Silva Maria Adelaide Mansini Maia, Maria Angélica Barreto, Sandra Fernandes da Silva, Tiago Antonelli.

**Editor:** Eduardo Paim Viglio

**Corpo de revisores:** Aline Costa Nogueira, André Luis Invernizzi, Débora Lamberty, Douglas da Silva Cabral, Heródoto Góes, Iris Celeste Nascimento Bandeira, Ivan Bispo de Oliveira Filho, José Luiz Marmos, Júlio César Lana, Marcelo Eduardo Dantas, Marcelo Ferreira Machado, Melissa Franzen, Michele Silva Santana, Patrícia da Fonseca Almeida, Pedro Augusto dos Santos Pfaltzgraff, Rafael Silva Ribeiro, Raimundo Almir Costa da Conceição, Rogério Valença Ferreira, Sheila Gatinho Teixeira, Thiago Dutra dos Santos.

**Revisão de texto:** Cristiane Neres Silva

**Normalização bibliográfica:** Maria Gasparina de Lima

**Editoração eletrônica:** Cristiane de Lima Pereira