

CARACTERIZAÇÃO MORFOMÉTRICA DA BACIA HIDROGRÁFICA RIO PROVIDÊNCIA NO ESTADO DO TOCANTINS

Maria de Fatima Ribeiro¹
Magno Nascimento Pimenta²
Luan de Sousa Ribeiro³
Eder Soares Pinto⁴
Carlos Sergio Gomes⁵
Neliane de Sousa Alves⁶

Recursos Hídricos e Qualidade da Água

Resumo

A região da Bacia Hidrográfica do Rio Providência é de grande importância econômica para o estado do Tocantins em função da produção agrícola voltada para a cultura do abacaxi. O estudo da área de determinada bacia hidrográfica é um indicador para a implementação de ações gerenciais dos recursos hídricos. Esse trabalho objetiva avaliar o uso desses recursos por meio das vazões outorgadas visando à regulação do uso da água na bacia hidrográfica de forma integrada com o território utilizando-se de cálculos dos parâmetros morfométricos. Com os dados espaciais elaborados por meio de cenas SRTM foram construídas as delimitações da bacia, perímetros, comprimento axial da bacia e dos cursos hídricos e hierarquização dos cursos d'água. A partir das informações obtidas pelas análises dos mapas produzidos e os parâmetros morfométricos, pode-se classificar a bacia como uma unidade espacial de grande porte. Considerando o efetivo planejamento e gestão dos recursos hídricos e, para que ocorra uma gestão integrada da água e território, está sendo deliberado pelo órgão gestor procedimentos quanto às outorgas de novos usuários e para as renovações dos atos administrativos de outorga na bacia. As vazões de captações deverão ser em função da disponibilidade hídrica, da vazão outorgada, considerando o monitoramento do corpo hídrico.

Palavras-chave: Gestão de recursos hídricos; Outorga de uso da água; Sistema de informação geográfica.

¹Inspetora de Recursos Naturais; Gerencia de Pesquisa e Informação da Biodiversidade - NATURATINS; ftimaribeiro@yahoo.com.br

²Aluno do Curso de Mestrado em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos - ProfAgua; Universidade Federal da Bahia; magno.profagua@gmail.com. Inspetor de Recursos Naturais; Gerencia de Uso de Recursos Hídricos - NATURATINS

³Gerente de Recursos Hídricos; Gerencia de Controle e Uso de Recursos Hídricos - NATURATINS; gereh@naturatin.to.gov.br

⁴Gerente de Inspeção Ambiental; Gerencia de Inspeção Ambiental- NATURATINS; eder.pinto@naturatins.to.gov.br

⁵Inspetor de Recursos Naturais; Gerencia de Monitoramento e Gestão de Informação Ambiental – NATURATINS

⁶Prof. Dra. Universidade do Estado do Amazonas; Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos - ProfAgua



INTRODUÇÃO

A Bacia hidrográfica é a área de influência para determinado curso hídrico e seus afluentes. A água superficial escoar até um curso d'água (rio principal) ou um sistema conectado de cursos d'água afluentes; essas águas, normalmente, são direcionadas para uma única foz (ou exutório) localizada no ponto mais baixo da região (ANA, 2011).

Além disso, o comportamento hidrológico de uma bacia hidrográfica também pode ser afetado por ações antrópicas (TEODORO *et al.*, 2007; COLLISCHONN e TASSI, 2008; TUCCI, 2015). De acordo com a Lei Federal 9433, de 8 de janeiro de 1997, bacia hidrográfica é a unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos.

Para Faria *et al.* (2018) o estudo da área de determinada bacia hidrográfica é indicador para a implementação de ações gerenciais dos recursos hídricos, considerando suas propriedades e a possibilidade de monitoramento das mudanças introduzidas pelo homem.

A disponibilidade, ao longo do ano, de dados de quantificação e distribuição da precipitação em uma bacia hidrográfica possibilita determinar ou estimar a necessidade de irrigação de culturas, o abastecimento doméstico e industrial, estudos para controle e prevenção de enchentes, planejamento de drenagens urbanas, além de permitir a gestão do uso do solo e um melhor controle de erosões. O estudo da hidrografia é fundamental para a identificação dos componentes naturais e antropogênicos envolvidos no fluxo hidráulico (POLETO, 2008).

Faria *et al.* (2018) afirmam que os índices morfométricos podem ser considerados importantes facilitadores para o planejamento e gestão no território da bacia hidrográfica. Neste contexto, as variáveis morfométricas são potencialmente úteis para a elucidação, compreensão e planejamento integrado do uso e ocupação da área de estudo.

A região da Bacia Hidrográfica do Rio Providência é de grande importância econômica para o estado do Tocantins em função da produção agrícola, exclusivamente relacionada à cultura do abacaxi. A agricultura irrigada nos municípios de Miracema e

Miranorte está relacionada à principal atividade de uso da água, tendo como destaque o método de irrigação por aspersão.

Destaca-se ainda que nos anos de 2016 e 2017 a precipitação pluviométrica na região foi extremamente atípica, muito abaixo da média regional. Por outro lado, o percentual de vazão outorgada é relativamente baixo na área de estudo, e por conseguinte tem-se a ocorrência de captações irregulares de água na bacia hidrográfica.

Mesmo assim, como medida preventiva, o órgão gestor de recursos hídricos e meio ambiente no Tocantins, o Instituto Natureza do Tocantins (NATURATINS) está gerenciando a restrição de outorgas entre os meses de agosto a novembro desde o ano de 2018. Assim, este trabalho se propôs a analisar o uso dos recursos hídricos por meio das vazões outorgadas, visando a regulação do uso da água na bacia hidrográfica de forma integrada com o território, utilizando-se de cálculos dos parâmetros morfométricos.

METODOLOGIA

A área de estudo corresponde à Bacia do Rio Providência com área de 1.610,05 Km², que abrange os municípios de Barrolândia, Miranorte, Miracema e Rio dos Bois, no estado do Tocantins, conforme a figura 1.

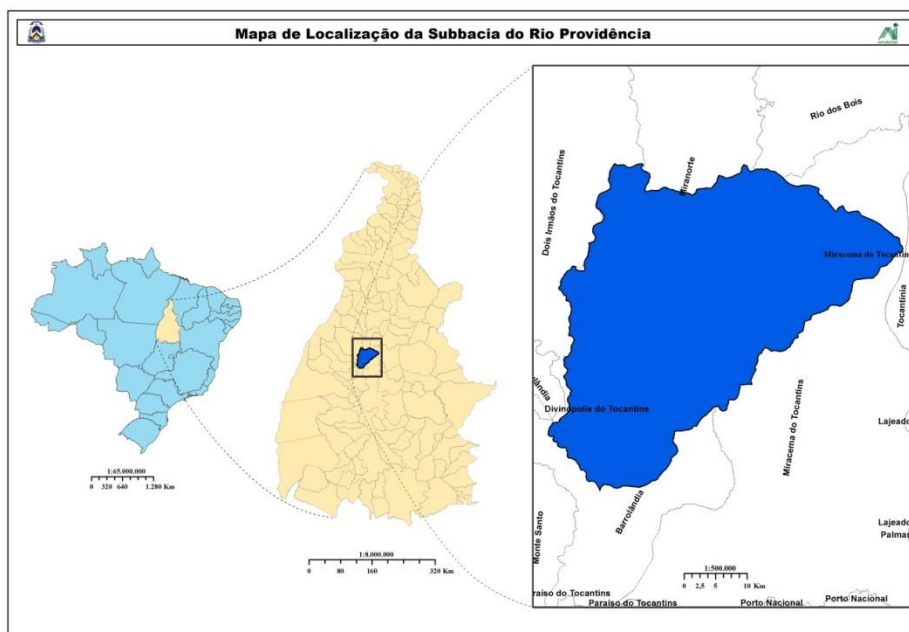


Figura 1: Área de estudo, Bacia do Rio Providência - TO.

Para o desenvolvimento deste trabalho foi utilizado o Sistema de Informações Geográficas (SIG) e QGIS, software livre licenciado sob a GNU - General Public License. Os dados referentes ao arquivo *raster* contendo dados de elevação das cenas do SRTM (Missão Topográfica Radar Shuttle) correspondente à área de estudo foram obtidos a partir do acesso ao site <http://www.webmapit.com.br/inpe/topodata/>. A partir da adição das cenas SRTM elaborou-se o mosaico e, em seguida obteve-se a imagem *raster* da área de estudo. Utilizaram-se, a partir do acesso ao site www.semarh.to.gov.br/pcisemarh, os arquivos vetoriais dos limites da bacia e hidrografia linha da área de estudo oriundos da Base Cartográfica Digital Temática do CAR (Cadastro Ambiental Rural) do estado de Tocantins.

A partir dos dados espaciais foi construída a delimitação da bacia, calculado o seu perímetro, comprimento axial e hierarquização dos cursos d'água. Esses elementos subsidiaram a análise do índice de forma, o coeficiente de compacidade (K_c), fator de forma (K_f), índice de circularidade (I_c), densidade de drenagem (D_d), ordem dos cursos d'água e vazão média mensal da bacia. As fórmulas utilizadas para o cálculo dos parâmetros morfométricos foram:

Coefficiente de compacidade da bacia hidrográfica foi baseado na equação 1, de acordo com Villela e Mattos (1975):

$$(1) K_c = 0,28 \frac{P}{\sqrt{A}}$$

Sendo: K_c o coeficiente de compacidade; P o perímetro (Km) e A a área de drenagem (Km²). O fator de forma foi determinado, utilizando-se a equação 2, de acordo com Villela e Mattos (1975):

$$(2) K_f = \frac{A}{L^2}$$

Sendo: K_f , fator de forma; A a área de drenagem (Km²) e L o comprimento do eixo da bacia (Km). O índice de circularidade foi calculado pela equação 3 conforme Tonello (2005):

$$(3) I_c = 12,57 \frac{A}{P^2}$$

Sendo: I_c é o índice de circularidade; A é a área em Km² e P é o perímetro em km.

A densidade de drenagem foi determinada utilizando a equação 4, de acordo com Villela e Mattos (1975):

$$(4) \quad Dd = \frac{L_{tot}}{A}$$

Onde: L_{tot} é a extensão total dos cursos d'água e A é a área da bacia hidrográfica.

A ordem de hierarquização dos cursos d'água foi baseada na classificação proposta por Strahler (1957). O nível da ordem da rede de drenagem é em função da sua ramificação. Canais de primeira ordem são aqueles que não possuem tributários; os de segunda ordem só recebem tributários de primeira ordem; e, os de terceira podem receber tributários de primeira e segunda ordem e assim sucessivamente (TEODORO et al., 2007).

Para análise da vazão no exutório da bacia, foi realizado a regionalização da Estação Fluviométrica Miracema, código 22500000, área de 183.355,00 com série histórica de 09/1969 a 12/2014, através da ferramenta ArcGis 10.1 e o Sistema de Informação Hidrológica da Agência Nacional das Águas - SIH/ANA. Os dados da estação foram obtidos através do HidroWeb, juntamente com as séries históricas de vazão média.

Em seguida foi calculada a vazão específica da estação, através da divisão da vazão Q_{90} da estação pela área de drenagem (AD). Para obtenção da vazão mensal de referência Q_{90} do exutório da bacia, foi feita interpolação multiplicando-se o valor da vazão específica da estação pela área de drenagem de cada ponto estudado.

A Q_{90} é a vazão com 90% de permanência no tempo, podendo ser extrapolada para outras seções do curso d'água, com base na área da bacia hidrográfica contribuinte e nas quantidades de chuvas da região (ANA, 2011).

As vazões médias mensais foram calculadas utilizando as equações de acordo com Villela e Mattos (1975):

$$(5) \quad Q_{\text{especificae-estação}} = \frac{Q_{90\text{estação}}}{AD_{\text{estação}}}$$

$$(6) \quad Q_{90} = (Q_{\text{especifica}}) (AD_{\text{estação}})$$



Onde: AD é a área de drenagem da bacia hidrográfica, Q é vazão e Q_{90} é a vazão determinada a partir das observações em um posto fluviométrico em certo período de tempo, em que 90% daquele período as vazões foram iguais ou superiores a ela (ANA, 2011).

Também foi realizado levantamento das outorgas concedidas na Bacia do Rio Providência pelo NATURATINS até abril de 2019.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir dos recortes das cenas SRTM, gerou-se mapas de curvas de nível espaçadas em 50,00 m, declividade em porcentagem, sombreamento e modelo digital de terreno (Figura 2).

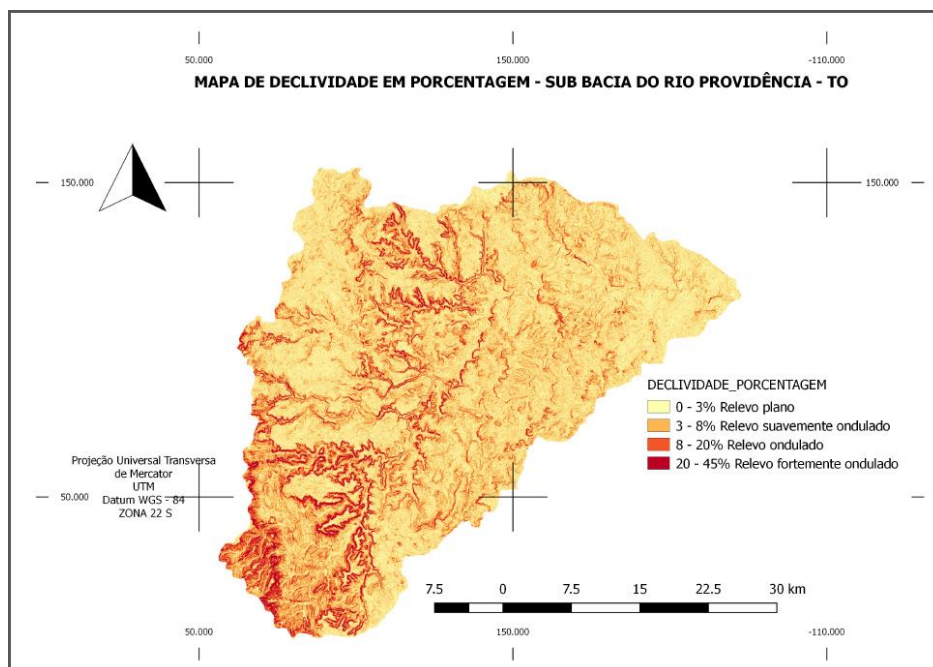


Figura 2: Mapa de Declividade da Bacia Rio Providência.

Gerou-se ainda mapa hipsométrico (figura 3), onde observa-se que a área de estudo apresenta variação altimétrica de 233,00 m a 453,00 m, predominando o relevo suavemente ondulado com declividades entre 3% e 8%. Altitudes superiores a 400,00 m ocorrem nas áreas das principais nascentes da bacia.

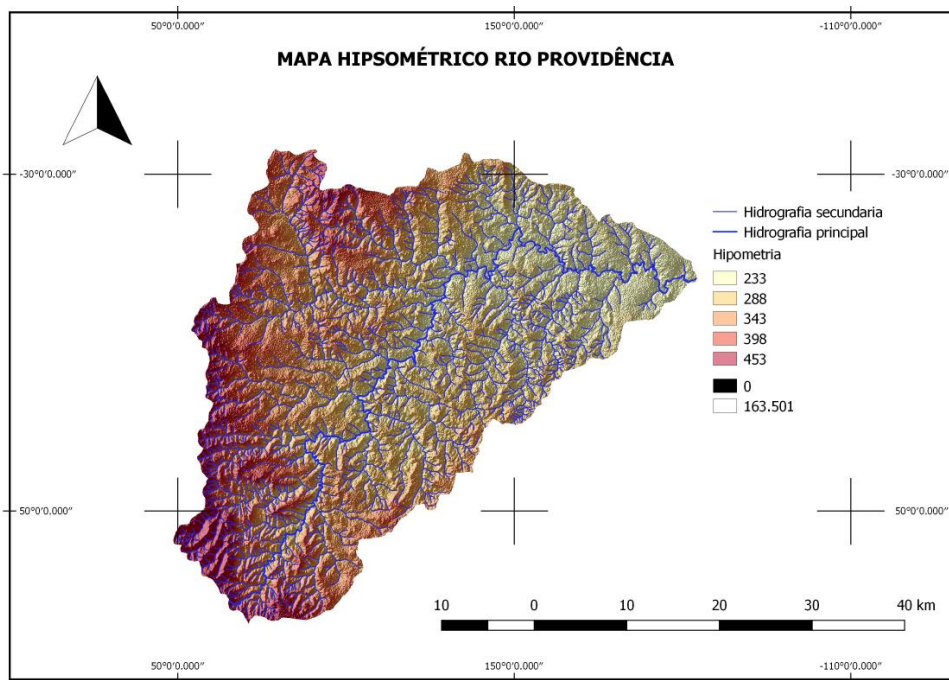


Figura 3 – Mapa Hipsométrico da Bacia Rio Providência.

A partir das informações obtidas pelas análises dos mapas produzidos, juntamente com os parâmetros morfométricos citados na tabela 2, pode-se classificar a bacia como uma unidade espacial de grande porte, de acordo com a classificação de Santos e Eloi (2015), visto que a área de drenagem é de 1.610,05 km². Para os autores, bacias com área acima de 100 Km² são classificadas como de grande porte. Essa classificação corrobora com a hierarquização de Strahler (1957), pois a bacia apresenta ramificação acima de 4ª ordem.

Tabela 2: parâmetros morfométricos da Bacia Rio Providência.

Parâmetros	Unid	Bacia Rio Providência
Área	Km ²	1610,05
Perímetro	Km	206,96
C. axial	Km	63,13
*CRP	Km	274,42
*SCR	Km	2.162,01
*Kc	Ad.	1,44
*K f	Ad.	0,40
*I c	Ad.	0,47
*D d	Km/km ²	1,34
Ordem	-	5



*CRP = comprimento do rio principal, SCR = soma do comprimento de todos os rios da bacia, Kc = coeficiente de compacidade, Kf = fator de forma, Ic = Índice de circularidade, Dd = densidade de drenagem.

A Bacia Rio Providência apresenta Kc igual a 1,44 (Tabela 2), e de acordo com Santos e Eloi (2015), bacias com Kc entre 1,25 e 1,50 apresentam tendência mediana a enchentes. Já o resultado do Kf, indica que esta não está sujeita a enchentes, conforme classificação dos autores, considerando que resultados de Kf é menor que 0,50.

Para Alves e Castro (2003), o resultado do índice de circularidade da bacia (0,47), classifica-a como relativamente alongada, por ter o valor do índice abaixo de 0,51. Segundo Alves e Castro (2003) bacias mais alongadas favorecem o escoamento das águas das chuvas.

Essas características, juntos com a geologia local, atuam sobre o comportamento hidrológico na bacia (VILLELA e MATTOS, 1975). Segundo Alberti (2008) bacias com forma mais alongada, dificulta a possibilidade de ocorrência de chuvas intensas simultaneamente em toda a sua extensão, assim o escoamento será mais distribuído no tempo e não concentra grande volume de água no tributário principal.

O principal rio da bacia possui 274,42 Km de extensão, e junto com os tributários secundários somam uma rede de drenagem de 2.162,01 Km (Tabela 2). Segundo Teodoro *et al.* (2007), a razão entre o comprimento total dos cursos d'água de uma bacia e a sua área determinada a densidade de drenagem desta. Neste caso, a bacia apresenta uma densidade de drenagem entre 1,5 a 2,5 que, segundo Santos e Eloi (2015), a classifica em sistema de drenagem boa.

Com base na regionalização da Estação Fluviométrica Miracema do Tocantins e interpolação para a área de estudo, foram encontradas as vazões médias mensais estimadas, Q₉₀ e 75% da Q₉₀, conforme tabela 3. Quanto à disponibilidade hídrica, o mês de setembro foi considerado o mais crítico.

Tabela 3: Estimativas das vazões médias mensais Q₉₀ do exutório da área de estudo.

MÊS	Vazão Q90 m ³ /dia	75% da Q90 m ³ /dia	Vazão outorgada m ³ /dia	% outorgado
JAN	1.436.945,59	1.077.709,19	5.924,71	0,55
FEV	1.565.163,01	1.173.872,26	5.924,71	0,50
MAR	1.867.877,53	1.400.908,14	5.924,71	0,42
ABR	1.576.543,26	1.182.407,44	6.545,27	0,55
MAI	892.969,88	669.727,41	8.129,17	1,21
JUN	652.467,37	489.350,53	9.556,48	1,95
JUL	493.143,94	369.857,96	9.460,48	2,56
AGO	395.273,84	296.455,38	7.656,32	2,58
SET	346.718,13	260.038,60	7.685,32	2,96
OUT	481.005,02	360.753,76	7.625,32	2,11
NOV	767.787,19	575.840,39	6.903,95	1,20
DEZ	1.024.980,72	768.735,54	6.557,29	0,85

Media mensal da Vazão Q90, 75% da vazão Q90 e vazão absoluta outorgada e percentual outorgada em relação ao 75% , até dezembro de 2018, em m3/dia, na bacia do Rio Providencia.

Estas estimativas são de fundamental importância para ações de planejamento na bacia hidrográfica, principalmente para as outorgas de uso dos recursos hídricos. As autorizações são baseadas na disponibilidade de água do manancial onde está o ponto de captação, como preconiza o Decreto Estadual n° 2.432 de 2005, que regulamenta a emissão de atos de outorga de uso de recursos hídricos do Tocantins. O Decreto institui também que nenhum usuário poderá receber, individualmente, vazão acima de 25% da vazão de referência do manancial, e o somatório de todas as outorgas no trecho não poderá ultrapassar 75% dessa vazão, com o intuito de preservar a vazão ecológica.

Os valores absolutos, porcentagem e total das vazões outorgadas na bacia estudada, também estão na tabela 3. Observando a tabela é possível ressaltar que os usos outorgados não ultrapassam 3% da vazão dos cursos hídricos.

CONCLUSÕES

A área de estudo apresenta variação altimétrica de 233,00 m a 453,00 m, com predomínio de relevo suavemente ondulado e declividade entre 3% e 8%. Altitudes superiores a 400,00 m ocorrem nas áreas onde estão situadas as nascentes dos principais



dos cursos d'água.

Destaca-se que nos anos de 2016 e 2017 a precipitação pluviométrica na região foi extremamente atípica, muito abaixo da média regional e, quanto à disponibilidade hídrica, o mês que apresentou a menor vazão de referência foi o mês de setembro, que representa 18,57% da maior vazão de referência, referente ao mês de março.

É possível observar que apesar das situações de escassez hídrica, que ocasiona a interrupção do fluxo de água, o volume outorgado é insignificante, representando até 2,96% do volume sujeito à outorga de uso, o que sugere a existência de captações superficiais não outorgadas e explicitam ainda mais a importância da gestão dos cursos hídricos por parte do poder público e a regularização das interferências por parte dos usuários.

Considerando o efetivo planejamento e gestão dos recursos hídricos e, para que ocorra uma gestão integrada da água e território, está sendo deliberado pelo órgão gestor procedimentos quanto a outorgas para novos usuários e para as renovações dos atos administrativos de outorga existentes na bacia. Como medida preventiva, desde o ano de 2018, o órgão gestor está gerenciando a restrição de outorgas entre os meses de agosto a novembro, compreendendo o período crítico da estiagem na região do Cerrado tocantinense.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001. Os autores também agradecem ao Programa de Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos - ProfÁgua, Projeto CAPES/ANA AUXPE Nº 2717/2015, pelo apoio técnico científico aportado até o momento.

REFERÊNCIAS

ALBERTI, H.L.C. **Caracterização fisiográfica e avaliação hidrológica na bacia do ribeirão das antas, planalto de poços de Caldas, MG.** Dissertação (Mestrado em Geociências) Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, 2008. São Paulo, 91 p.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Outorga de direito de uso de recursos hídricos: Cadernos de capacitação em recursos hídricos**, 2011. Brasília. 52 p.

ALVES, J.M.P.; CASTRO, P.T.A. **Influência das feições geológicas na morfologia da bacia do rio do Tanque (MG) baseada no estudo de parâmetros morfométricos e análise de padrões de lineamentos.** Revista Brasileira de Geociências. São Paulo, 2003. V. 33, n. 2, pp. 117 – 124.

BRASIL. **Lei nº9.433, de 8 de janeiro de 1997.** Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Brasília, jan. 1997.

COLLISCHONN, W.; TASSI, R. **Introduzindo Hidrologia.** IPH UFRGS, 149 p, 2008.

FARIA, M.M.; BARROS, K.O.; BRITO, C.R. **Caracterização Morfométrica da Bacia Hidrográfica do Rio dos Bagres.** Guiricema – MG, 2019. Disponível em: <<http://lsie.unb.br/ugb/sinageo/7/0246.pdf>>. Acesso em: 25/04/2019.

FERREIRA, C.W.S.; LIMA, C.S.; CAVALCANTI, L.C.d.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 Universidade de Coimbra, Coimbra, Mai. 2010, 1, pp. 1-10.

POLETO, C. **Gestão de recursos hídricos.** Porto Alegre: Escola Técnica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2008, 40 p.

SANTOS, S. e ELOI, W.M. **Princípios de Hidrologia Ambiental.** Ministério do Meio Ambiente. Agência Nacional das Águas e Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, 2015. Fortaleza.

SANTOS, T.D.F.; TELES, A.F.; OLIVEIRA, F.C.; SÁ, R.A.; AKAMA, A.; MORAIS, F. (2014). “Luzimangues: **Relação entre desenvolvimento urbano e preservação ambiental**” In **5ª jornada de iniciação científica e extensão.** Instituto Federal do Tocantins, Dianópolis, Out. 2014, 6 p. STRAHLER, A. N. (1957). Quantitative analysis of watershed geomorphology. Transactions of the American Geophysical Union, (38-6), pp. 913–920.

TEODORO, V.L.; TEIXEIRA, D.; COSTA, D.J.; FULLER, B.B.O. **Conceito de Bacia Hidrográfica e a Importância da Caracterização Morfométrica para o Entendimento da Dinâmica Ambiental Local.** UNIARA, 2007, pp. 137-155.

TOCANTINS. **Decreto Nº 2432, de 6 de junho de 2005.** Regulamenta a outorga do direito de uso de recursos hídricos de que dispõem os artigos 8o, 9o e 10 da Lei 1.307, de 22 de março de 2002, Palmas, jun. 2005.

TONELLO, K. C. (2005). **Análise hidroambiental da bacia hidrográfica da Cachoeira das Pombas, Guanhães, MG.** 69f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2005. 69 p.

TUCCI, C.E.M. e SILVEIRA, A.L.L. **Hidrologia: ciência e aplicação.** UFRGS/ABRH. Porto Alegre, RS, 2015. 943 p.

VILLELA, S.M.; MATTOS, A. **Hidrologia aplicada.** McGraw-Hill do Brasil, São Paulo, 1975. 239 p.