

Morphometric characterization and use and occupation of the Machadinho river basin - RO

Gomes, Laline Garcia; Godoy Junior, Paulo César; Andrade, Nara Luísa Reis; Correa, Ana Cristina Strava

 **Laline Garcia Gomes**
laline_garcia1@hotmail.com
Universidade Federal de Rondônia, Brasil

 **Paulo César Godoy Junior**
paulocesardegodoy@gmail.com
Universidade Federal de Rondônia, Brasil

 **Nara Luísa Reis Andrade**
naraluisar@unir.br
Universidade Federal de Rondônia, Brasil

 **Ana Cristina Strava Correa**
anastrava@gmail.com
Universidade Federal de Rondônia, Brasil

Revista Presença Geográfica
Fundação Universidade Federal de Rondônia, Brasil
ISSN-e: 2446-6646
Periodicidade: Frecuencia continua
vol. 9, núm. 2, Esp., 2022
rpgeo@unir.br

Recepção: 05 Julho 2021
Aprovação: 30 Setembro 2021

URL: <http://portal.amelica.org/ameli/journal/274/2744715028/>

Resumo: Embora a quantidade de água existente no planeta seja considerada permanente, isso não ocorre nas bacias hidrográficas, onde a água se apresenta de forma dispersa no tempo e espaço. A transitoriedade de nível, fluxo e qualidade se justifica devido os impactos antrópicos, assim como, as transformações naturais do meio. Assim, a caracterização morfométrica de uma bacia hidrográfica se torna uma ferramenta indispensável para a gestão das águas, pois, através dela é possível prever o seu grau de vulnerabilidade, considerando os fenômenos extremos como as enchentes. O presente estudo teve objetivo de avaliar as características físicas da Sub-Bacia do Rio Machadinho, inserida na Bacia hidrográfica do Rio Machado, confrontando com os usos atuais e propostos, assim como, suas possíveis implicações na qualidade das águas superficiais e nos usos futuros. Para tanto, foram estimados alguns parâmetros morfométricos por meio do software QGis 3.16.8, sendo eles: Coeficiente de Compacidade, Fator de Forma, Índice de Circularidade, Índice de Conformação, Declividade Média, Densidade de Drenagem e Ordem de Drenagem. Observou-se que a sub-bacia apresentou baixa capacidade de drenagem, com fator de forma de 0,183 e o índice de conformação e 0,134, indicando não possuir forma circular, sendo elíptica e alongada e menos sujeita as enchentes, considerando situações de precipitações normais. Quanto ao uso e ocupação do solo, a região da bacia em estudo possui uma significativa área desmatada, a qual teve início devido aos processos antrópicos, destacando-se a extração de madeira, a pecuária e agricultura, trazendo como consequências diversos impactos na Sub-Bacia do Rio Machadinho.

Palavras-chave: Morfometria, bacia hidrográfica, recursos hídricos, impactos ambientais.

Abstract: Although the amount of water on the planet is considered permanent, this does not occur in hydrographic basins, where water is dispersed in time and space. The transience of level, flow and quality is justified due to anthropic impacts, as well as the natural transformations of the environment. Thus, the morphometric characterization of a hydrographic basin becomes an indispensable tool for water management, because through it it is possible to predict its degree of vulnerability, considering extreme phenomena such as floods. The present study aimed to evaluate the physical characteristics of the Machadinho River Sub-Basin, inserted in the Machado

River Basin, confronting it with current and proposed uses, as well as its possible implications on the quality of surface water and future uses. For this purpose, some morphometric parameters were estimated using the QGIS 3.16.8 software, namely: Compactness Coefficient, Shape Factor, Circularity Index, Conformation Index, Average Slope, Drainage Density and Drainage Order. It was observed that the sub-basin had low drainage capacity, with a form factor of 0.183 and the conformation index of 0.134, indicating that it does not have a circular shape, being elliptical and elongated and less subject to flooding, considering normal precipitation situations. As for the use and occupation of the soil, the region of the basin under study has a significant deforested area, which began due to anthropic processes, highlighting the extraction of wood, livestock and agriculture, bringing as consequences several impacts on the Sub-Machadinho river basin.

Keywords: Morphometry, hydrographic basin, water resources, environmental impacts.

INTRODUÇÃO

A Lei 9.433 de 08 de janeiro de 1997, também conhecida como a Lei das Águas, prevê o gerenciamento dos recursos hídricos no Brasil e institui a Política Nacional de Recursos Hídricos. Com isso, as legislações estaduais foram sendo instituídas de forma descentralizada, criando assim, os Planos Estaduais de Recursos Hídricos. O Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado de Rondônia - PERH/RO, criado através da Lei complementar nº 255, de 25 de janeiro de 2002, estabelece os fundamentos, instrumentos e diretrizes para o gerenciamento dos recursos hídricos no estado, identificando a bacia hidrográfica como a unidade territorial de implementação da gestão de recursos hídricos.

Define-se bacia hidrográfica como uma área de captação da água da chuva, de forma natural que concentra o escoamento para um ponto de saída, compondo um conjunto de fatores sendo a superfície de vertentes e redes de drenagem compostas por cursos d'água que se encontram em um único ponto (TUCCI, 1997).

Segundo Porto e Porto (2008), bacia hidrográfica é uma área que permite descrever as bacias e sub-bacias através do sistema hídrico, cujo são efetuados os balanços de entrada provenientes da precipitação e saída de água através do exutório. Após a delimitação da sub-bacia do Rio Machadinho foi identificado que seu exutório localiza-se no Rio Machado, sendo o principal rio que compreende a região.

Andrade et al. (2009), assinala que, delimitação e caracterização morfométrica de uma bacia hidrográfica é muito utilizada para a realização de estudos ambientais e hidrológicos. Destarte, esse procedimento é de grande importância para o conhecimento da dinâmica hidrológica, onde as informações obtidas podem ser utilizadas para o planejamento e para o gerenciamento dos recursos hídricos (SALIS et al. 2019).

Outro ponto a se destacar é o uso e a ocupação do solo das bacias hidrográficas, onde, Pontremolez (2013), elucida que, no Brasil, o processo de urbanização aconteceu de forma desordenada e sem planejamento, o que consequentemente resultou em impactos sobre os sistemas de drenagens das bacias hidrográficas. A autora ainda menciona que, as inundações associadas ao processo de ocupação da bacia nas áreas de várzeas, trazem grandes prejuízos, e que chamam a atenção para estudos que visem a proteção aos recursos hídricos.

Deste modo, o presente estudo teve como objetivo avaliar as características físicas o uso e ocupação e suas possíveis implicações na dinâmica qualitativa das águas superficiais da Bacia Hidrográfica do Rio Machadinho, sendo esta, uma sub-bacia do Rio Machado, inserida no estado de Rondônia.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de Estudo

A área em estudo é Bacia Hidrográfica do Rio Machadinho, uma sub-bacia do Rio Machado, inserida no estado de Rondônia, conforme Figura 1.

De acordo com IBGE (2021), o município de Machadinho d'Oeste localiza-se no nordeste do estado de Rondônia entre as coordenadas geográficas 62° 33' e 61° 27' de longitude oeste e 08° 34' e 9° 49' de latitude sul, apresentando como municípios limítrofes, Vale do Anari, Cujubim, Rio Crespo e Ariquemes, fazendo divisão com dois estados: Amazonas e Mato Grosso.

Conforme o Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado de Rondônia - PERH/RO, a sub-bacia em estudo abrange os 05 (cinco) municípios acima mencionados, no entanto, as únicas regiões que se localizam em um tamanho expressivo na sub-bacia são as de Machadinho d'Oeste e Vale do Anari, com suas populações estimadas em 31.135 habitantes (16.173 urbana e 14.962 rural) e 9.384 habitantes (3.192 urbana e 6.192 rural), conforme informações do censo demográfico (IBGE, 2010).

Salienta-se que o município de Ariquemes conta com 13.828 habitantes na zona rural e Theobroma possui 8.671 pessoas residindo nas áreas rurais, ocupando parte das regiões de nascentes da sub-bacia em estudo, porém, destaca-se apenas as suas populações rurais, considerando que os respectivos núcleos urbanos se encontram distantes da área analisada (IBGE, 2010).

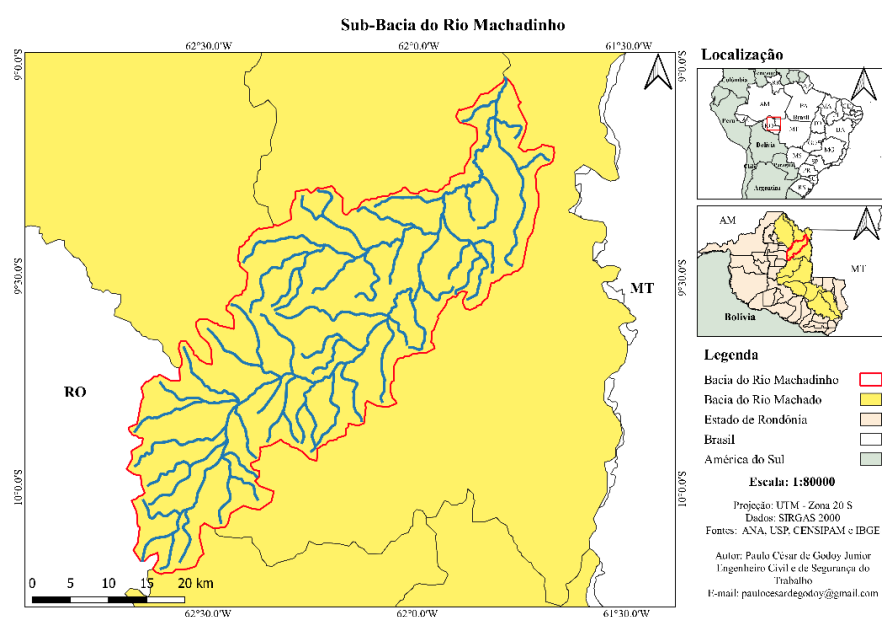


FIGURA 1
Localização da Sub-Bacia do Rio Machadinho - RO

O município de Machadinho d'Oeste, assim como todo o estado de Rondônia, apresenta apenas duas estações no ano, de forma bem marcada, sendo essas, a seca e a chuvosa, com um total anual de precipitação de aproximadamente 2.390 mm. É imprescindível destacar os meses de dezembro a março, pois a precipitação corresponde em média a 1.300 mm neste período, ou seja, em quatro meses, ocorre mais de 50% da chuva esperada para o ano todo, enquanto nos meses de junho e julho, os meses mais secos do ano, a precipitação varia em torno de 40 mm a 20 mm. Conforme dados registrados no Centro de Previsão de Tempo e Estudos

Climáticos - CPTEC, as temperaturas anuais são mais homogêneas quando comparado ao restante do país, sendo que a temperatura máxima fica em torno de 30° C a 32° C, e a mínima, de 22° C (INPE, 2021).

De acordo com Serviço Geológico do Brasil – CPRM (2007), o embasamento rochoso predominante na região da sub-bacia em estudo é de solos do tipo argissolos vermelho-amarelo distrófico. Segundo o mapa de pedologia do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2021), há uma grande concentração de latossolos vermelho-amarelo distrófico, e nas regiões próximas ao vale do Rio Machadinho há presença de gleissolos hálpicos distróficos. Quanto ao sistema de aquíferos em que a sub-bacia está inserida, o Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado de Rondônia – PERH/RO e a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico – ANA, apresenta os tipos de aquíferos com maior predominância na região, sendo destacado os aquíferos do tipo fissural e poroso, os quais possuem maior abrangência na região (BRASIL, 2021; RONDÔNIA, 2018).

Metodologia de análises hidrológicas e morfométricas

Para a caracterização do regime hidrológico, foram coletados os dados de vazão da estação fluviométrica localizada no Rio Machadinho, denominada de estação Piratininga nº 15575000. Cabe mencionar que os dados de vazão são importantes para definição do regime hidrológico, assim, foi realizada a busca de dados no sítio da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico - ANA, onde foi analisada a série histórica das vazões mínimas, máximas e médias do período entre 01 de abril de 1984 a 01 de abril de 2008.

A metodologia utilizada para a caracterização da Sub-Bacia do Rio Machadinho consistiu na utilização do software QGis 3.16.8, que utilizado para realizar o dimensionamento e a delimitação da área da bacia entre outros parâmetros físicos, assim como, para elaboração de mapas. Os dados empregados nas análises foram obtidos nos bancos de dados da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico - ANA, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE e Centro Gestor e Operacional do Sistema de Proteção da Amazônia – CENSIPAM, sendo processados e organizados no Qgis de forma vetorial. As análises estatísticas foram realizadas com apoio de planilha eletrônica Excel para encontrar os valores de vazões mínimas, médias, máximas e a vazão Q95.

A metodologia utilizada para a caracterização morfométrica da sub-bacia foi baseada em estudo semelhante a este, realizado por Ferreira et. al., (2010), que consiste na utilização de fórmulas estabelecidas para o cálculo de parâmetros morfométricos que serão posteriormente analisados e discutidos.

Os parâmetros analisados e suas equações, conforme ilustra a Tabela 1, estão relacionados com as características geométricas, topográficas e hidrográficas da sub-bacia em estudo.

Parâmetros	Equações	Nº	Unidades
Índice de Compacidade (Kc)	$Kc = \frac{0,28 * P}{\sqrt{A}}$	(1)	-
Índice de Circularidade (Ic)	$IC = \frac{12,57 * A}{P^2}$	(2)	-
Fator de Forma (Kf)	$Kf = \frac{Lm}{L}$	(3)	-
Largura Média (Lm)	$Lm = \frac{A}{L}$	(4)	Km
Índice de Conformação (Fc)	$Fc = \frac{A}{L^2}$	(5)	-
Densidade de Drenagem (Dd)	$Dd = \frac{Lt}{A}$	(6)	(km/km²)
Declividade (Dm)	$Dm = \frac{\Delta Z}{L}$	(7)	km/km

TABELA 1
Parâmetros utilizados para caracterização da morfometria da sub-bacia
Fonte: Ferreira et al. (2010)

O Índice de Compacidade (Kc) é um parâmetro morfométrico definido como a relação entre o perímetro da bacia e a circunferência do círculo de área igual à da bacia, determinado através da equação 1, onde P é o perímetro da bacia e A, a área compreendida pela bacia. Já o Índice de Circularidade (Ic) representado pela equação 2, é a relação entre o perímetro da bacia e a área, onde a medida que se aproxima de 1 (um) a forma da bacia tende a ser circular, e ao contrário deste valor a bacia tende a ser alongada.

É válido citar que as bacias que se aproximam geometricamente a um círculo convergem o escoamento superficial ao mesmo tempo para um trecho menor do rio principal, ou seja, caso não exista outros fatores que interfiram, quanto mais próximo do resultado 1 (um), maior será a possibilidade de ocorrer enchentes na bacia.

Outro parâmetro utilizado é o Fator de Forma (Kf) que relaciona a forma da bacia com a de um retângulo, onde é calculado entre a razão da largura média e o comprimento axial da bacia, da foz até o ponto mais distante do divisor de águas, conforme equação 3, onde, Lm é tido como a largura média e L o comprimento do eixo da bacia.

Quanto ao Fator de Forma, é importante observar que uma bacia hidrográfica com o fator de forma baixo é considerada menos susceptível a ocorrência de enchentes que outra do mesmo tamanho, porém, com maior fator de forma.

A Largura Média (Lm), conforme Andrade et al, (2008), é obtida através da divisão da área (km²) da bacia pelo comprimento da bacia (km), conforme a equação 4.

Outro parâmetro analisado para a caracterização morfométrica foi o Índice de Conformação (Fc), para o qual se aplica a área da bacia e o comprimento axial da bacia, de forma a verificar a potencialidade de cheias da bacia hidrográfica, sendo representado por meio da equação 5.

É importante mencionar que, quanto mais próximo de 01 (um) o valor de Fc, ou seja, quanto mais a forma da bacia se aproximar da forma do quadrado do seu comprimento axial, maior será a potencialidade de produção de picos de cheias.

A Densidade de Drenagem (Dd) é outro fator importante na caracterização morfométrica das bacias hidrográficas. Para Cardoso et. al. (2006), a densidade de drenagem fornece uma indicação da eficiência de drenagem da bacia hidrográfica, assim como, o grau de desenvolvimento do sistema de drenagem, o qual é caracterizado pela equação 6, sendo Lt o comprimento total de todos os canais. É um parâmetro sensível também ao tipo de solo e declividade do terreno, pois quanto mais argiloso, maior será a densidade de drenagem. Solos arenosos tendem a apresentar menor densidade de drenagem, pois privilegiam a infiltração.

A Declividade (Dm) da bacia também é considerada um fator indispensável para a caracterização da área e do relevo, de forma a determinar a velocidade do escoamento, os tempos de concentração e os picos de cheias, sendo calculada por meio da equação 7, o qual ΔZ é a média das altitudes da região onde a bacia está compreendida.

A Ordem de Drenagem consiste no processo de se estabelecer a classificação de determinado curso d'água verificando o grau de ramificações dentro da bacia, quanto a essa caracterização, foi realizada através do método de Horton, utilizado também por Ferreira et al., (2010).

Para a realização da hierarquia fluvial, foi gerado o mapa através do Qgis 3.16.8, utilizando a metodologia de Strahler (1952), e adaptada por Horton (1945 apud CHRISTOFOLETTI 1980), classificando assim, os cursos d'água por ordem.

Para a análise e caracterização do uso e ocupação da Sub-Bacia do Rio Machadinho, foi realizado um levantamento bibliográfico com estudos realizados anteriores a este, a fim de se obter informações do seu entorno. Também foram realizados levantamentos de dados de desmatamento para os municípios de Machadinho d'Oeste e Vale do Anari, através do Projeto PRODES (INPE, 2020). A escolha dos municípios para tal levantamento é devido a estes compreenderem juntos mais de 80 % da bacia hidrográfica do Rio Machadinho.

Assim, conforme exposto acima, a metodologia utilizada mostrou-se eficiente para o conhecimento da Sub-Bacia do Rio Machadinho, quanto à caracterização morfométrica e de seu uso e ocupação do solo, oferecendo subsídio ao estudo realizado.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Sub-Bacia do Rio Machadinho é considerada de quarta ordem, indicando ser bem ramificada (Figura 2), com área de aproximadamente 5.441,92 km², perímetro 524,034 km e comprimento do canal principal de 201,61 km.

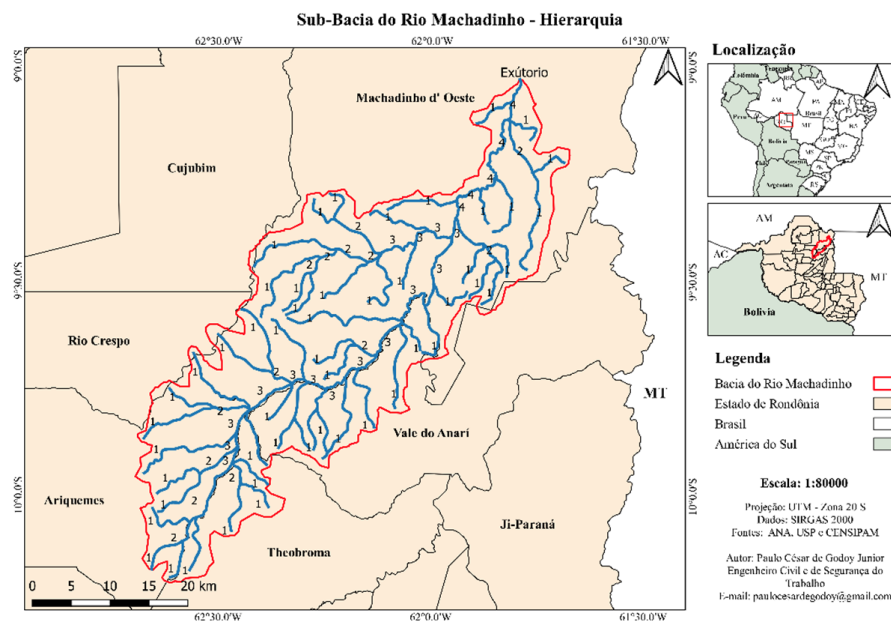


FIGURA 2
Hierarquia fluvial da Sub-Bacia do Rio Machado – RO

Conforme realização da altimetria da sub-bacia em estudo, destaca-se os pontos altimétricos de 282m como o mais alto de toda a bacia e o de 92m o mais baixo, considerado como o exutório. Ressalta-se que os valores encontrados foram utilizados para o cálculo da declividade. Assim, após os cálculos dos parâmetros, esses foram organizados através da Tabela 2 de forma a representar os valores da caracterização morfométrica da Sub-Bacia do Rio Machado.

Características Físicas	Resultados	Unidade
A – Área	5441,92	km ²
P – Perímetro	524,034	km
L - Comprimento do corpo principal	201,61	km
Kc - Coeficiente de Compacidade	1,989	-
Kf - Fator de Forma	0,183	-
Ic – Índice de Circularidade	0,249	-
Fc – Índice de Conformação	0,134	-
Lt – Comprimento Total dos Canais	1180,85	km
Lm - Largura Média	36,93	km
Dm – Declividade Média	0,00083	-
Dd – Densidade de Drenagem	0,217	km/km ²

TABELA 2
Características físicas da Sub- Bacia do Rio Machado - RO

A Sub-Bacia do Rio Machado apresenta densidade de drenagem de 0,217 km/km², indicando que a bacia possui baixa capacidade de drenagem, ressalta-se que a escala utilizada na hidrografia é de (1:100000),

o que pode acarretar um subdimensionamento da densidade de drenagem da bacia, visto que essa escala pode influenciar na não visualização de alguns corpos d'água.

Olszewski et al. (2011), menciona que devido a densidade de drenagem variar de maneira inversa a extensão do escoamento superficial, ela fornece indicação sobre a eficiência de drenagem na bacia hidrográfica. De acordo com Beltrame (1994), o valor da densidade de drenagem pode sofrer variações entre valores menores de $0,5 \text{ km/km}^2$ em bacias consideradas com baixa drenagem, a $3,5 \text{ km/km}^2$, ou até maiores, em bacias bem drenadas, confirmando assim, de acordo com o valor encontrado para a bacia em estudo, que tem baixa capacidade de drenagem.

O Fator de Forma encontrado na bacia em questão é de 0,183, o seu Índice de Circularidade 0,249 e o seu Índice de Conformação de 0,134, os quais indicam que a bacia não tem forma circular, portando uma forma considerada elíptica e alongada, como pode ser visto através da Figura 1. Estes resultados se confirmam ao analisar o Coeficiente de Compacidade encontrado, que é de 1,989. Assim, conforme os resultados obtidos e apresentados acima, a região da bacia em estudo não é considerada susceptível a inundações em condições consideradas normais de precipitação.

De acordo com estudos realizados por Souza et al. (2018), grande parte da Sub-Bacia do Rio Machadinho apresenta valores de declividade inferiores a 8%, demonstrando que o relevo da região varia de plano a suavemente ondulado em aproximadamente 89% da área da bacia, sendo possível encontrar valores mais baixos nas vertentes próximas aos cursos de água. Ainda segundo os autores, o valor máximo de declividade observado na bacia foi de aproximadamente 94,24%, enquanto o valor médio foi de 4,62%, concluindo dessa forma, a predominância de declividades baixas típicas de planícies.

A declividade média encontrada para a bacia foi de 0,00083, onde esse valor considerado baixo confere as características do corpo hídrico de planície em quase toda sua extensão. Deste modo, mesmo a bacia possuir forma alongada, o que não é considerada susceptível a inundações, é importante considerar as características encontradas de planícies, assim como, as ocupações irregulares em seu entorno, o que pode influenciar em ocorrências de inundações, atingindo a população que reside nas regiões de várzeas.

Além dos parâmetros morfométricos, foram analisadas as séries históricas das vazões mínimas, máximas e médias da bacia no período de 01/04/1984 a 01/04/2008, onde foi verificado que a vazão média para o período foi de $129,96 \text{ m}^3/\text{s}$, sendo a máxima de $483,78 \text{ m}^3/\text{s}$ no mês de abril de 2008, conforme ilustrado na Figura 3.

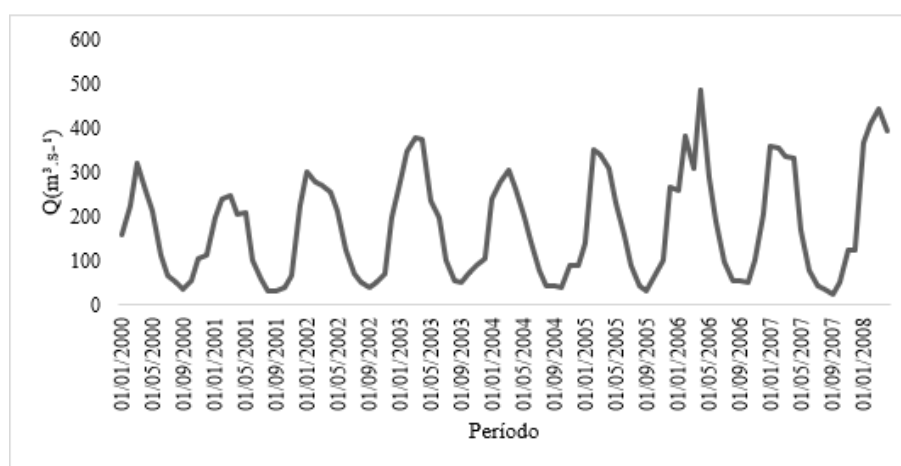


FIGURA 3

Análise dos picos das máximas entre janeiro/2000 a abril/2008, Sub-Bacia do Rio Machadinho – RO

Fonte: Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico – ANA (2021)

Foi destacado um período de 10 anos para melhor visualização das máximas, onde foi constatado que grande parte dos picos de cheia estão dentro da normalidade, podemos ressaltar que os picos observados

nos anos de 2003, 2006 e 2008 são discrepantes quando comparados aos anos anteriores, mostrando picos maiores em menor tempo. Por fim, as vazões mínimas encontradas foram de $6,56 \text{ m}^3/\text{s}$ em agosto de 1984. Desta forma, foi calculado a vazão de referência Q95, a qual resultou em $26,77 \text{ m}^3/\text{s}$ conforme Figura 4.

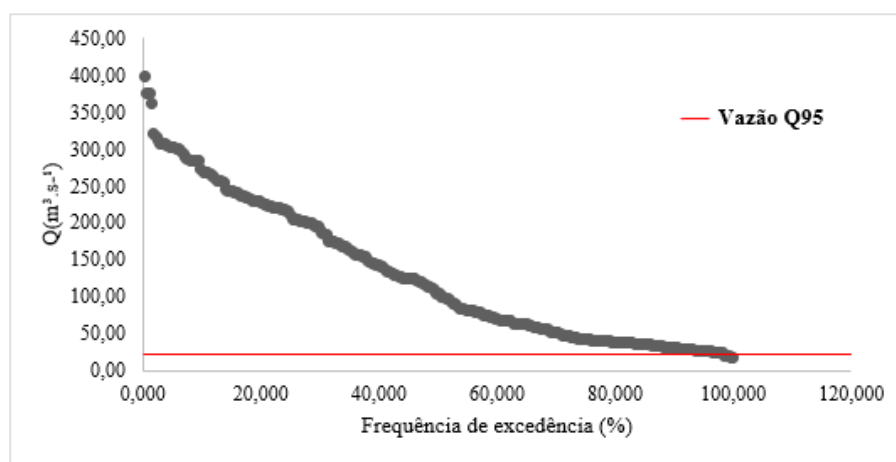


FIGURA 4
Série histórica do regime hidrológico do cálculo de vazões Q95 do período de abril/1984 a abril/2008, Sub-Bacia do Rio Machadinho – RO

A análise da série histórica do regime hidrológico de vazões é de suma importância para que ocorra uma melhor caracterização da bacia hidrográfica em estudo. Vicens e Marques (2006), mencionam que na hidrologia das bacias a vazão está diretamente relacionada com todas as variáveis morfológicas, embora o volume e a intensidade sejam resultado de um conjunto de diversos fatores como clima, vegetação, condições do solo e topografia. A variação das vazões reflete, no caso do Rio Machadinho, a sazonalidade marcada do clima, propiciando cheias com vazões que podem chegar à 15 vezes a Q95.

França (2017) aponta que as alterações dos usos e ocupação do solo vem ocorrendo de forma frequente, sendo que a revolução industrial, afetou de forma direta o comportamento do ciclo hidrológico das bacias, assim como, na disponibilidade hídrica para as necessidades básicas dos seres vivos.

Assim, outro fator analisado para a bacia em estudo foi o de uso e ocupação do solo, pois, o crescimento desordenado e o uso e ocupação de forma irregular na bacia, trazem graves consequências ao meio ambiente, principalmente no que se refere aos corpos hídricos.

Ao longo dos anos, foi observado que o processo extensivo de uso e ocupação do solo no município de Machadinho d'Oeste originou-se dos principais processos sendo eles a extração de madeira, a agricultura e a pecuária (GOMES, 2009), o que vem ocasionando diversos impactos na Bacia Hidrográfica do Rio Machadinho, necessitando de uma maior atenção quanto a preservação dos cursos d'água existentes.

Gomes e Bastos (2018), advertem que junto com os processos de uso e ocupação da Amazônia, iniciaram-se os problemas relacionados ao desmatamento no município de Machadinho d'Oeste, a partir da implementação dos projetos de assentamentos, assim como, posteriormente o desmatamento das áreas de preservação, devido a implantação de culturas e pastagens.

Município	Machadinho d'Oeste	Vale do Anari
Área (km ²)	8.590 km ²	3.166 km ²
Desmatamento até 2000 (km ²)	1.558,8 km ²	739,4 km ²
Desmatamento até 2000 (%)	18,15%	23,35%
Desmatamento até 2010 (km ²)	2.813,2 km ²	1.195,3 km ²
Desmatamento até 2010 (%)	32,75%	37,75%
Desmatamento até 2020 (km ²)	3.568,1 km ²	1.304,6 km ²
Desmatamento até 2020 (%)	41,54%	41,21%

TABELA 3

Evolução do desmatamento nos principais municípios inseridos na bacia hidrográfica do rio Machadinho no período de 2000 a 2020

Fonte: PRODES (2020). Elaborado pelos Autores

Conforme evidenciado na Tabela 3, os municípios de Machadinho d'Oeste e Vale do Anari tiveram um avanço no desmatamento florestal de 23,39% e 17,86% respectivamente no período de 2000 a 2020, o que equivale a uma área de 3.568,1 km² em Machadinho d'Oeste e de 1.304,6 km² em Vale do Anari, estes valores indicam índices crescentes de degradação ambiental na região.

É importante ressaltar que construções e atividades quando são realizadas de maneiras inapropriadas, podem ocasionar processos erosivos, ocasionando carreamento sedimentos para os corpos hídricos e provocando assoreamentos. Vaeza et al. (2010) advertem que o uso e manejo realizados de forma inadequadas das terras, assim como, a falta de ações conservacionistas trazem perdas consideradas significativas, de solo, matéria orgânica, nutrientes, biodiversidade, perdas com enchentes e de água, o que traz grande prejuízo ao equilíbrio das bacias hidrográficas. Do mesmo modo que Souza et al. (2018) apontam que, os atos antrópicos resultaram na conversão de extensas áreas de florestas em campos destinados às práticas agropastoris, ocasionando impactos significativos nos corpos hídricos.

Gomes (2009) menciona que a Bacia Hidrográfica do Rio Machadinho sofreu diversos impactos oriundos das alterações realizadas nos últimos anos, devido ao processo ocupação da bacia e seus programas de colonização, sem respeitarem as diretrizes que as legislações ambientais vigentes trazem em seu teor. Essas ações prejudicaram as zonas ripárias, que são consideradas áreas de proteção permanente – APP's de acordo com a Lei 12.651 de 25 de maio de 2012 (SOUZA et al., 2018).

Quando se observa a variação dos picos das vazões máximas no decorrer dos anos, juntamente com as mudanças nos usos do solo devido, majoritariamente, a atividades agrícolas e ao desenvolvimento não sustentável da região, é possível identificar indícios de que tais ações podem ter levado a uma alteração tempo de resposta da bacia.

O uso e ocupação dos solos afetam direta e indiretamente a qualidade e a disponibilidade dos recursos hídricos, devido ao crescimento desordenado da urbanização, supressão da vegetação nativa ou agropecuária, onde os impactos ambientais negativos podem variar de acordo com as características do solo, dos nutrientes, da existência de contaminantes metálicos e do transporte de sedimentos (CORNELLI et al., 2016).

Eventuais processos de degradação referentes ao uso e ocupação das bacias hidrográficas contrafazem os recursos naturais de forma negativa, essas alterações necessitam ser estudadas no intuito de promover a redução dos impactos causados, por meio de medidas de diminuição da degradação ambiental (FREITAS, 2020).

Menezes et al. (2016), por sua vez, afirmam que o uso e ocupação podem alterar significativamente os processos físico-químicos e biológicos dos espaços naturais inseridos em uma bacia.

Souza et al. (2018), mencionam que o monitoramento ambiental colabora para uma nova configuração que seja adequada para atender e determinar, com maior rigor, a evolução da paisagem ambiental e do domínio espaço-temporal hidrológico.

Deste modo, a inserção do monitoramento ambiental ininterrupto e eficiente colabora para este levantamento de dados, de forma que sirva como ferramenta no momento de tomadas de decisões e uma melhor gestão dos recursos hídricos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A Sub-Bacia do Rio Machadinho é considerada bem ramificada, sendo de ordem quatro, enquanto a densidade de drenagem de $0,217 \text{ km/km}^2$ indica sua baixa capacidade de drenagem. Esse fato, aliado ao solo eminentemente argiloso, inspiram cuidado quanto à possível fragilidade da bacia. O Fator de Forma encontrado na bacia em questão foi de 0,183, o seu Índice de Circularidade de 0,249 e o seu Índice de Conformação de 0,134, apontando neste caso, o formato elíptico que a bacia possui. Logo, a região possui baixa suscetibilidade a inundações em condições normais de precipitação. A declividade média foi de 0,00083 km/km, conferindo característica de bacia de planície em quase toda sua extensão. A declividade média foi de 0,00083, conferindo característica de bacia de planície em quase toda sua extensão.

A Sub-Bacia em estudo possui áreas de ocupações com diversas atividades agrícolas, de pecuárias e de mineração, gerando impactos diretamente ao corpo hídrico inserido no meio, onde os municípios de Machadinho d'Oeste e Vale do Anari tiveram um avanço no desmatamento florestal de 23,39% e 17,86%, respectivamente, no período de 2000 a 2020.

O estudo proposto demonstra uma análise física da sub-bacia, no intuito de servir como parâmetro para novas proposições de monitoramento hídrico - ambiental e tomadas de decisões para a gestão adequada da sub-bacia em estudo, sendo imprescindível a inserção de campanhas de preservação do meio ambiente que se dirijam a sociedade de modo a contribuir para uma prevenção e o combate dos impactos, assim como, a implementação e o fortalecimento de comitês de bacias, os quais podem vir a contribuir de forma significativa para a recuperação e proteção dos corpos hídricos e seu entorno. Vale ressaltar que uma gestão dos recursos hídricos alinhadas com a legislação e ações voltadas a preservação e recuperação das águas, trazem grandes benefícios à sociedade.

AGRADECIMENTOS

Ao Programa de Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos - ProfÁgua, Projeto CAPES/ANA AUXPE nº 2717/2015. Ao campus Ji-Paraná da Fundação Universidade Federal de Rondônia.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRADE, B.G.; BIAZI, M.S.; OLIVEIRA, P.T.S.; RODRIGUES, D.B.B.R.; SOBRINHO, T.A. Caracterização Morfométrica de uma Bacia Hidrográfica utilizando sistemas de informações geográficas. *Anais do XVIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Campo Grande, MS. 2009.* Disponível em: https://abrh.s3.sa-east-1.amazonaws.com/Sumarios/110/058597ce5761cf78ea2f157cc5a65de0_12555a4c5ee5ac04f85d5acaabdf4ab.pdf. Acesso em: agosto de 2021.
- ANDRADE, N. L. R.; XAVIER, F. V.; ALVES, E. C. R. F.; SILVEIRA, A.; OLIVEIRA, C. U. R.; Caracterização morfométrica e pluviométrica da bacia do Rio Manso – MT. *Revista Geociências*, São Paulo, Unesp, v. 27, n. 2, p. 237-248. 2008. Disponível em: <http://www.ppegeo.igc.usp.br/index.php/GEOSP/article/view/7059/6504>. Acesso em: agosto de 2021.

- BELTRAME, A. V. *Diagnóstico do meio físico de bacias hidrográficas: modelo e aplicação*. Florianópolis: Ed. da UFSC, 1994, 83p.
- BRASIL. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO – ANA. Catálogo de metadados da ANA, *Sistemas de Aquíferos*. Brasília, 2016. Disponível em: <https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/api/records/3ec60e4f-85ea-4ba7-a90c-734b57594f90>. Acesso em: agosto de 2021.
- BRASIL. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO – ANA. *Hidroweb: Sistemas de informações hidrológicas*. Disponível em: <http://hidroweb.ana.gov.br/>. Acesso em: agosto de 2021.
- BRASIL. Lei nº 9.433 de janeiro de 1997. *Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos*. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9433.htm.
- BRASIL, MINISTÉRIO DA DEFESA, 2016a. *Centro Gestor e Operacional do Sistema de Proteção da Amazônia - CENSIPAM*. Acesso em: 27 maio 2021.
- CARDOSO, C. A et. al. *Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Debossan*. Revista Árvore, Nova Friburgo, RJ. v. 30, n. 2, p. 241-248. 2006. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v14n8/v14n08a05.pdf>.
- CPRM – Serviço Geológico do Brasil. *Mapa de geodiversidades*. Rondônia, 2007.
- CHRISTOFOLETTI, A. *Geomorfologia*. São Paulo: 2ª edição, Editora Blucher, 1980, 188 p.
- CORNELLI, R.; SCHNEIDER, V. E.; BORTOLIN, T. A.; CEMIN, G.; SANTOS, G. M. Análise da Influência do Uso e Ocupação do Solo na Qualidade da Água de Duas Sub-bacias Hidrográficas do Município de Caxias do Sul. *Scientia Cum Industria*, v. 4, n. 1, p.1-14, 2 abr. 2016.
- 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 Talhada – PE, Brasil. *Anais do VI Seminário Latino-Americano de Geografia Física II Seminário Ibero Americano de Geografia Física Universidade de Coimbra*, maio de 2010.
- FRANÇA, L. AQUINO, M. Impacto das ações antrópicas e do clima no uso e ocupação do solo na Bacia Hidrográfica do Rio Pajeú. *Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente da Universidade Federal de Pernambuco*. Universidade Federal de Pernambuco. Recife – PE, 2017. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/bitstream/123456789/26802/1/DISSERTA%20Luciana%20Mayla%20de%20Aquino%20Fran%20a7a.pdf>. Acesso em: agosto de 2021.
- FREITAS, A. Degradação ambiental na bacia hidrográfica do Rio das Antas, Sudeste do Paraná: Análise quantitativa e qualitativa mediante a utilização da metodologia do IDA. *Revista Geografias*, v.28, n.1, 2020 ISSN 2237-549X Página 22 GEOgrafias.
- GOMES, F. B. Modos de ocupação no município de Machadinho D'Oeste /RO e suas relações com equilíbrio natural da paisagem e ajustes morfodinâmicos. *Dissertação de M.Sc. Fundação Universidade Federal de Rondônia – UNIR, Mestrado em geografia, Porto Velho – RO*, 2009.
- GOMES, F.; BASTOS, A. *Geomorfologia e sua relação com a configuração espacial do município de machadinho d'oeste no estado de Rondônia - Sudoeste da Amazônia*. 2018.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Cidades e Estados*. 2021. Rio de Janeiro: IBGE, 2021. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/ro/machadinho-doeste.html> >. Acesso em: agosto de 2021.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Cidades e Estados*. 2010. Rio de Janeiro: IBGE, 2021. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ro/machadinho-doeste/pesquisa/23/25207?tipo=ranking&indicador=25199>. Acesso em: agosto de 2021.
- INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. *Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos*. Estações do ano. 2021. Disponível em: <https://clima1.cptec.inpe.br/estacoes/#>. Acesso em: agosto de 2021.
- MENEZES, P.C.; BITTENCOURT, R.P.; FARIAS, M. S.; BELLO, I. P.; FIA, R. OLIVEIRA, L. F. C. Relação entre padrões de uso e ocupação do solo e qualidade da água em uma bacia hidrográfica urbana Relationship between patterns of use and occupation of soil and water quality in an urban watershed. *Revista Eng Sanit Ambient* | v.21 n.3 | jul/set 2016 | 519-534. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/esa/a/9WBFsRNdrzQJcrZnPxSgDyM/?lang=pt&format=pdf>. Acesso em agosto de 2021.

- OLSZEWSKI, N.; FILHO, E. I. F.; COSTA, L. M.; GONÇALVES, C. E.; SCHAEFER, R.; SOUZA, E.; COSTA, O. D. V. Morfologia e aspectos hidrológicos da bacia hidrográfica do rio Preto, divisa dos estados do Rio de Janeiro e de Minas Gerais. Morphology and hydrological aspects of Black River basin, division of state of Rio de Janeiro and Minas Gerais. *Revista Árvore* 35 (3). Junho de 2011. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rarv/a/PzfNBLSCQPpB4wtrKVbvcgg/?lang=pt>. Acesso em: agosto de 2021.
- PONTREMOLEZ, N. S. Estudo das inundações em cenários alternativos de uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica do Córrego do Mineirinho em São Carlos, SP. 2013. *Dissertação (Mestrado em Hidráulica e Saneamento)* - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2013. doi:10.11606/D.18.2013.tde-27082014-110840. Acesso em: julho de 2021.
- PORTO, Monica F. A; PORTO, Rubem La Laina. *Gestão de bacias hidrográficas*. Estudos avançados. Estud. Av. Vol. 22. Nº 63. ISSN 1806-9592. São Paulo, 2008.
- RONDÔNIA (Estado). Secretaria de Estado do Desenvolvimento Ambiental. *Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado de Rondônia: Relatório Final*. Curitiba, PR: Rondônia, 2018, 579 p.
- SALIS, H. H.C.; COSTA, A.M.; VIANA, J.H.M.; SCHULER, A. E. Caracterização morfométrica da Bacia Hidrográfica do Córrego do Marinho, Sete Lagoas – MG. Morphometric Characterization of the Marinho Creek Watershed, Sete Lagoas - MG (Brazil). *Boletim de Geografia*, Universidade Estadual de Maringá. V. 37, n. 2, p. 186-201. Maringá- PR, 2019. Disponível em: <https://periodicos.uem.br/ojs/index.php/BolGeogr/article/view/36965>. Acesso em: agosto de 2021.
- SNIRH, Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos. *Hidroweb*. Disponível em <http://www.snirh.gov.br/hidroweb>. Acesso em: junho de 2021.
- SOUZA, A. S.; ANDRADE, Claudia Daza; FILHO, Otto Correa Rotunno. Determinação de rede de monitoramento hidrossedimentológico na bacia do rio machadinho – RO. *Revista de Geografia* (Recife) V. 35, No. 5, 2018. ISSN 0104-5490 135.
- STRAHLER, A. N. Hypsometric (area-altitude) – Analysis of Erosion al Topography. *Geological Society of America Bulletin*, v.63, n.10, p.1117-1142, 1952.
- TUCCI, C. E. M.; CLARKE, R. T. Impacto das mudanças de cobertura vegetal no escoamento: Revisão. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v.2, n.1, p.135-152, 1997.
- VAEZA, R. F.; FILHO, P. C. O.; MAIA, A. G.; DISPERATI, A. A. Uso e ocupação do solo em Bacia Hidrográfica urbana a partir de imagens orbitais de alta resolução. *Revista Floresta e Ambiente* 17(1), 23-29. Jan./Jun. 2010. Disponível em: <https://floram.org/article/10.4322/floram.2011.003/pdf/floram-17-1-23.pdf>. Acesso em: agosto de 2021.
- VICENS, R.S.; MARQUES J.S. Características morfométricas e sua relação com a hidrologia de Bacias Hidrográficas de tabuleiros costeiros no Norte de Espírito Santo, Brasil. *Anais do VI Simpósio Nacional de Geomorfologia/ Regional Conference on Geomorphology*. Goiânia- GO. Setembro de 2006.