



Serviço Público Federal  
Ministério da Educação  
**Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul**  
Faculdade de Engenharias, Arquitetura e Urbanismo e Geografia - FAENG



**RAFAEL RIBEIRO POLVERE**

**DINÂMICA HIDROLÓGICA DO RIO AQUIDAUANA E  
SEUS IMPACTOS NA CIDADE DE AQUIDAUANA/MS**

**P G R N**

**Campo Grande, MS.**

**2022**

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL  
FACULDADE DE ENGENHARIAS E ARQUITETURA E URBANISMO E GEOGRAFIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS NATURAIS

**RAFAEL RIBEIRO POLVERE**

**DINÂMICA HIDROLÓGICA DO RIO AQUIDAUANA E  
SEUS IMPACTOS NA CIDADE DE AQUIDAUANA/MS**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-graduação de Recursos Naturais da Universidade Federal do Mato Grosso do Sul como requisito para a obtenção do título de Mestre em Recursos Naturais.

**Orientador: Prof. Dr. Aguinaldo Silva**

Aprovada em 29 de setembro de 2022.

**Banca Examinadora:**

Prof. Dr. Aguinaldo Silva

Orientador PGRN- UFMS

Profa. Dra. Luciana Escalante Pereira  
Titular – UFMS/CPAN

Profa. Dra. Luci Helena Zanata  
Titular – UFMS/CPAN

Prof. Dr. Sidney Kuerten  
Suplente Externo – UEMS/MS

Prof. Dr. Ericson Hideki Hayakawa  
Suplente Externo – UNIOESTE/PR

**Campo Grande, MS.  
2022**

## AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus pela oportunidade de conquistar mais uma vitória na minha trajetória acadêmica e profissional. Aos meus pais, Cláudia e João, e meu melhor amigo, Otávio, toda minha gratidão pelos momentos de apoio e de suporte nessa jornada, vocês com certeza foram minha base para a conclusão de mais um ciclo importante em minha vida.

Além disso, todo meu agradecimento e compaixão por essa universidade que me formou como pessoa e profissional desde a graduação até aqui. Orgulho de ter conhecido professores que compartilharam tanto conhecimento durante as disciplinas, reuniões e projetos em que fiz parte.

Agradeço ao meu orientador Aguinaldo Silva, que desde o início me incentivou, acalmou e me guiou para que essa pesquisa científica acontecesse.

Agradecemos ao Conselho Nacional de Desenvolvimento científico e Tecnológico – CNPq (Processos 431253/2018-8 e 314986/2020-0) e a Fundação de Apoio ao Desenvolvimento do Ensino, Ciência e Tecnologia do Estado de Mato Grosso do Sul – Fundect (TO n° 063/2017 e 267/2022)

O presente trabalho foi realizado com apoio da Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul - UFMS/MEC - Brasil. Sendo assim, agradeço todo aprendizado e acolhida do PGRN, Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais (PPGRN), da Faculdade de Engenharias, Arquitetura e Urbanismo (FAENG) da Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS).

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	01
2. REFERENCIAL TEÓRICO.....	04
2.1. Bacia Hidrográfica.....	04
2.2. Enchentes, Inundações e Alagamentos.....	05
2.3. Processos e Condicionantes de Inundação .....	06
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	08
3.1. Caracterização da Área de Estudo .....	08
3.1.1. Bacia Hidrográfica do rio Aquidauana.....	09
3.1.2. Densidade Demográfica .....	10
3.1.3. Geomorfologia.....	12
3.1.4. Clima .....	13
3.1.5. Pedologia .....	15
3.1.6. Uso e Ocupação da Terra.....	17
3.1.7. Recursos Hídricos.....	20
3.1.8. Vegetação .....	22
3.2. Levantamento de Dados Históricos das Inundações .....	24
3.3. Identificação dos Níveis do Rio Aquidauana .....	24
3.4. Caracterização das Precipitações Durante as Inundações do Rio Aquidauana .....	26
3.5. Análise da Dinâmica das Vazões do Rio Aquidauana .....	27
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	29
4.1. Levantamento de Dados Históricos das Inundações .....	29
4.2. Identificação dos Níveis do Rio Aquidauana .....	37
4.3. Caracterização das Precipitações Durante as Inundações do Rio Aquidauana .....	44
4.4. Análise da Dinâmica das Vazões do Rio Aquidauana .....	48
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	54
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	55

## LISTA DE FIGURAS

Figura 01. Bacia hidrográfica do Alto Paraguai com delimitação da área de estudo...	02
Figura 02. Enchente, alagamento e inundação. Fonte: ANDRADE, 2006 .....	06
Figura 03. Localização bacia hidrográfica do rio Aquidauana. Fonte: IBGE, 2010. ...	09
Figura 04. Densidade demográfica da bacia hidrográfica do rio Aquidauana. Fonte: IBGE Modificado, 2010.....	11
Figura 05. Hipsometria da bacia hidrográfica do rio Aquidauana .....	13
Figura 06. Mapa de Koppen com a representação da bacia hidrográfica do rio Aquidauana. Fonte: ALVARES et al., 2013 .....	14
Figura 07. Classes de solos da bacia hidrográfica do rio Aquidauana. Fonte: Mapas de Solos do Brasil, EMBRAPA - Modificado, 2001.....	15
Figura 08. Tipos de solos da bacia hidrográfica do rio Aquidauana. Fonte: Mapas de Solos do Brasil, EMBRAPA - Modificado, 2001.....	17
Figura 09. Uso da terra da bacia hidrográfica do rio Aquidauana em 2018. Fonte: Monitoramento da Cobertura e Uso da Terra, IBGE - Modificado, 2018. ....	18
Figura 10. Rede hidrográfica da bacia hidrográfica do rio Aquidauana. Fonte: Plano de recursos hídricos da Bacia do Rio Paraguai - Modificado, 2019. ....	20
Figura 11. Vegetação da bacia do rio Aquidauana. Fonte: Recuperação e Compatibilização do Projeto RADAMBRASIL, IBGE - Modificado, 2017.....	22
Figura 12. Localização das estações fluviométricas utilizadas do rio Aquidauana.....	25
Figura 13. Localização das estações pluviométricas utilizadas do rio Aquidauana.....	27
Figura 14. Notícia do Jornal O Pantaneiro de 1978. Fonte: DOS SANTOS, LOUBET, ANUNCIAÇÃO, 2012 .....	31
Figura 15. Cidade de Aquidauana e Anastácio em maio de 1990. Fonte: JÓIA E ANUNCIAÇÃO, 2013 .....	33
Figura 16. Cidade de Aquidauana: travessia da população sobre o rio Aquidauana por embarcações durante a cheia de 1997. Fonte: JÓIA E ANUNCIAÇÃO, 2013 .....	33
Figura 17. Cheia do rio Aquidauana em Janeiro/2010, na cidade de Aquidauana/MS Fonte: ARTIGAS, 2010.....	34
Figura 18. Cheia do Rio Aquidauana em Março/2011. Fonte: JÓIA E ANUNCIAÇÃO, 2013).....	35

Figura 19. Aspectos da área de inundação do rio Aquidauana em 2016 às margens do rio Aquidauana. Fonte: SANTOS, E.T. dos; XIMENES, L.S.V.; PAIXAO, A.A, 2016.....	35
Figura 20. Cheia do Rio Aquidauana em Fev/2018. Fonte: Capital News, 2018 .....	36
Figura 21. Área predisposta à inundação. Fonte: SANTOS, E.T. dos; XIMENES, L.S.V.; PAIXAO, A.A, 2016) .....	37
Figura 22. Rio Aquidauana: nível médio mensal na régua de Aquidauana entre jan/1969 e abr/2021 .....	38
Figura 23. Rio Aquidauana: nível médio mensal na régua de Palmeiras entre jan/1969 e abr/2021 .....	40
Figura 24. Cheia em Palmeiras no ano de 2018 .....	42
Figura 25. Rio Aquidauana: nível médio mensal na régua de Porto Ciríaco entre jan/1969 a abr/2021 .....	43
Figura 26. Rio Aquidauana: nível médio mensal entre jan/1969 a abr/2021 .....	44
Figura 27. Média mensal de precipitação nas estações pluviométricas Palmeiras e Fazenda Lajeado entre jan/1977 a abr/2021 .....	45
Figura 28. Média mensal de precipitação na cidade de Aquidauana entre jan/2000 a out/2021 .....	46
Figura 29. Ocorrência de eventos de inundação em cada mês no Rio Aquidauana, com base nas estações Palmeiras e Aquidauana, no período de jan/1969 a abr/2021.....	47
Figura 30. Precipitação anual do Rio Aquidauana em anos de inundações .....	47
Figura 31. Curva-chave (cota x vazão) do Rio Aquidauana na estação fluvial Aquidauana no período de jan/1968 a abr/2020 .....	48
Figura 32. Rio Aquidauana: descarga líquida média mensal na estação fluvial Aquidauana no período de jan/1968 a abr/2020 .....	50
Figura 33. Curva-chave (cota x vazão) do Rio Aquidauana na estação fluvial Palmeiras no período de fev/1991 a fev/2020 .....	50
Figura 34. Rio Aquidauana: descarga líquida média mensal na estação fluvial Palmeiras no período de fev/1991 a abr/2020 .....	51
Figura 35. Rio Aquidauana: descarga líquida média mensal na estação fluvial Porto Ciríaco no período de nov/1968 a jun/2020 .....	52
Figura 36. Rio Aquidauana: descarga líquida média mensal nas estações.....	52

## LISTA DE TABELAS

Tabela 01. Municípios Pertencentes à Bacia do Rio Aquidauana.....	10
Tabela 02. Data (ano e mês) e cota máxima atingida pelo Rio Aquidauana durante a ocorrência de eventos de inundação com base na série histórica da estação fluvial Aquidauana (1969-2021) .....	39
Tabela 03. Data (ano e mês) e cota máxima atingida pelo Rio Aquidauana durante a ocorrência de eventos de inundação com base na série histórica da estação fluvial Palmeiras (1969-2021) .....	41

## RESUMO

As grandes inundações e enchentes, assim como demais tipos de desastres naturais, são caracterizadas pela grande quantidade de chuvas em uma bacia hidrográfica e têm causado diversos prejuízos ambientais e socioeconômicos. Normalmente são caracterizadas por transbordamento das águas de um rio, mas estão sempre ligadas a relevo, uso e ocupação da bacia hidrográfica e até mesmo o clima da região. Dependendo da frequência e intensidade, esses fenômenos naturais podem associar danos sociais e ambientais. A bacia hidrográfica do Rio Aquidauana abrange várias cidades sul-mato-grossenses, na qual verifica-se que os municípios mais afetados por inundações periódicas se localizam no médio e baixo curso do rio Aquidauana, sendo que essas cidades sofrem com todas as transformações antrópicas e naturais que ocorrem no meio natural no médio e alto curso da bacia. As cidades de Aquidauana/MS e Anastácio/MS estão situadas as margens desse rio e sazonalmente são atingidas por inundações, gerando grandes transtornos para sua população. Neste contexto, o trabalho tem como objetivo analisar os processos de inundação da bacia hidrográfica do Rio Aquidauana, por meio de condicionantes naturais e sociais, caracterização das chuvas que dão origem e a dinâmica dessas inundações, a fim de que os resultados deste estudo possam auxiliar na minimização dos impactos causados por elas e no planejamento da bacia hidrográfica.

**Palavras-chave:** dinâmica fluvial, inundações; rio Aquidauana.

## GENERAL ABSTRACT

Large floods and floods, as well as other types of natural disasters, are characterized by the large amount of rain in a hydrographic basin and have caused several environmental and socioeconomic damages. They are usually characterized by overflowing water from a river, but they are always linked to relief, use and occupation of the hydrographic basin and even the climate of the region. Depending on the frequency and intensity, these natural phenomena can associate social and environmental damage. The Aquidauana River watershed covers several cities in Mato Grosso do Sul, in which it is verified that the municipalities most affected by periodic floods are in the middle and lower course of the Aquidauana River, and these cities suffer from all the anthropic and natural transformations that occur in the natural environment in the middle and upper course of the basin. The cities of Aquidauana/MS and Anastácio/MS are cities on the banks of this river and that are seasonally affected by the occurrence of floods, causing great disturbances for their population. In this context, the work aims to analyze the flooding processes of the hydrographic basin, through natural and social conditions, characterization of the rainfall that originates and the dynamics of these floods, so that the results of this study can help in minimizing the impacts caused by them and in watershed planning.

**Keywords:** river dynamics; floods; Aquidauana river.

# 1. INTRODUÇÃO

As grandes inundações e enchentes são caracterizadas pela grande quantidade de chuvas em uma bacia hidrográfica, e têm causado diversos prejuízos ambientais e socioeconômicos. Normalmente são caracterizadas por transbordamento das águas de um rio, mas estão sempre ligadas a relevo, uso e ocupação da bacia hidrográfica e até mesmo o clima da região. Dependendo da frequência e intensidade, esses fenômenos naturais podem associar danos sociais e ambientais. A bacia hidrográfica do rio Aquidauana abrange várias cidades sul-mato-grossenses, na qual se verifica que os municípios mais afetados por inundações periódicas se localizam no médio e baixo curso do rio Aquidauana, sendo que essas cidades sofrem com todas as transformações antrópicas e naturais que ocorrem no meio natural no médio e alto curso da bacia.

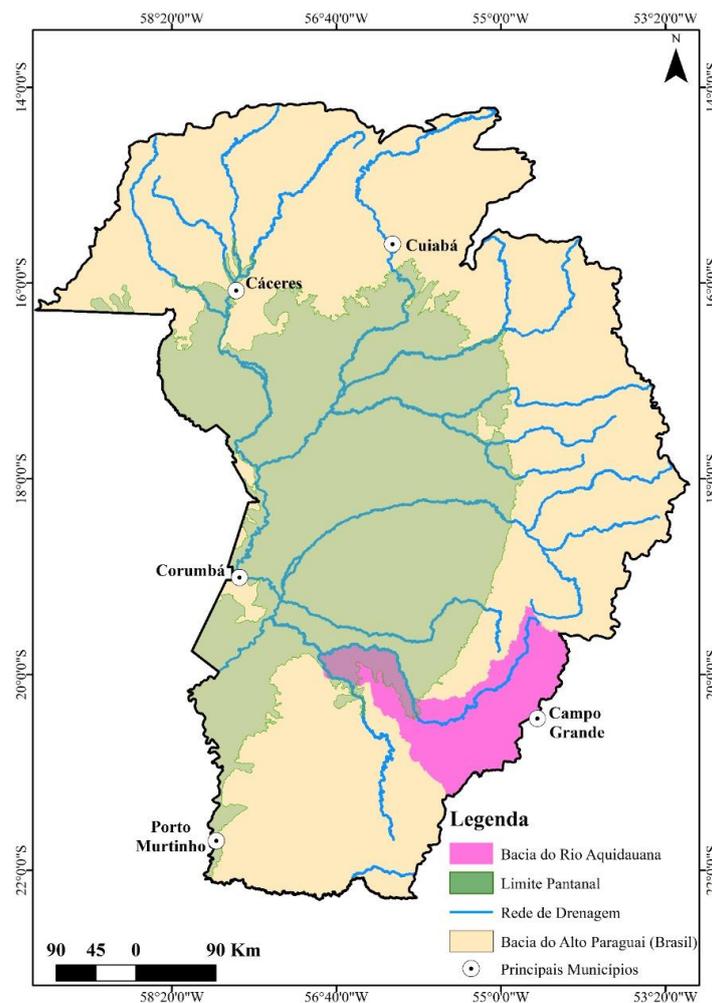
O crescimento desordenado e acelerado das cidades, associado a grande intensificação da urbanização e frágil planejamento urbano, tem gerado vários problemas quanto à qualidade de vida para a população nas cidades; e tem evidenciado impactos negativos no espaço geográfico e dos recursos naturais.

As cidades que estão às margens do rio Aquidauana – MS, particularmente Aquidauana e Anastácio, retratam um quadro de problemas socioambientais quando ocorrem enchentes e inundações. Com a expansão urbana em crescimento desde 1892, de acordo com Artigas e Anunciação (2011), grande parte da população foi se desenvolvendo nas proximidades do rio Aquidauana nas áreas com baixa altimetria, contribuindo para o aumento da vulnerabilidade socioespacial e ocasionando eventos climáticos extremos.

O Jornal O Pantaneiro (1965) traz registros de que em 1965 já existia ocorrência de enchentes na região de Aquidauana e Anastácio, que deixaram centenas de

pessoas desabrigadas naquele ano. A partir disso, vários episódios de enchentes e cheias foram marcando e afetando a população dessas cidades. Em um desses eventos climáticos extremos, o nível do rio Aquidauana chegou a atingir 10,7m. Jóia e Anunciação (2013) pontuam que as maiores cheias ocorridas foram registradas nos anos de 1990, 1997, 2001, 2006, 2010 e 2011. Além das perdas materiais e famílias desabrigadas, houve danos nas redes de esgoto, abastecimento de água e comprometimento em diversas áreas na região.

A escolha do rio Aquidauana como área de estudo, especializado na Figura 01, reflete a preocupação com a preservação e conservação dos recursos naturais na área da bacia e os transtornos sociais e ambientais que ocorrem nas cidades às margens do rio Aquidauana.



**Figura 01.** Bacia hidrográfica do Alto Paraguai com delimitação da área de estudo.

Pesquisas relacionadas à características hidrológicas na bacia hidrográfica do rio Aquidauana são escassas, sendo que o conhecimento adequado do comportamento desses processos hidrológicos é de suma importância para o gerenciamento dos recursos naturais. Visto isso, este projeto tem como foco o estudo dos processos do rio Aquidauana que culminam nesses eventos climáticos extremos, a partir de condicionantes naturais e sociais, bem como fundamentos geotecnológicos e legais. Assim, espera-se que essa pesquisa possa contribuir com ações de planejamento ambiental e ordenamento urbano para evitar sofrimentos e danos posteriores aos eventos climáticos. Justifica-se, pois será uma análise que visa compreender, caracterizar e diagnosticar a dinâmica do espaço geográfico e fornecer dados para avaliação dos riscos de inundação por meio do uso de geotecnologias.

## **2. REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 Bacia Hidrográfica**

A definição e concepção de bacia hidrográfica foram moldadas a partir do momento que os estudos hidrológicos foram evoluindo. A análise de bacias hidrográficas com base quantitativa iniciou-se em 1945, com publicações de Robert E. Horton, que estabeleceu as leis de desenvolvimento dos rios e de suas bacias, e o mesmo quem introduziu a abordagem quantitativa das bacias de drenagem (CHRISTOFOLETTI, 1980).

A bacia hidrográfica é uma área de captação natural de água da precipitação que faz convergir os escoamentos para um único ponto de saída, seu exultório, de acordo com a topografia do relevo (TUCCI, 1997). Para Coelho Neto (2005), a bacia de drenagem é uma área de superfície terrestre que drena água, sedimentos e materiais dissolvidos para uma saída comum, num determinado ponto de um canal fluvial.

Várias são as concepções sobre o conceito de bacia hidrográfica, porém, o que vem ganhando reconhecimento no cenário de recursos hídricos recentemente é o entendimento de bacia hidrográfica como unidade de planejamento. Ou seja, a bacia tem que ser entendida pelas inter-relações da sua estrutura, funcionamento e organização.

Conforme Barbosa et al. (1997), a bacia é um espaço ambiental e social preferencial de análise e planejamento, por se comportar igual a um sistema multinível, no qual todas as ações e práticas, políticas, econômicas, culturais e outras, refletem em sua totalidade espacial.

Além disso, Cunha e Guerra (2006) propõem que uma bacia hidrográfica é uma unidade geomorfológica importante, pois nela interagem os fatores físicos, biológicos, econômicos e sociais. Assim, é possível refletir a necessidade de uma

integração entre os sistemas naturais e sociais, tendo a compreensão humana e governamental.

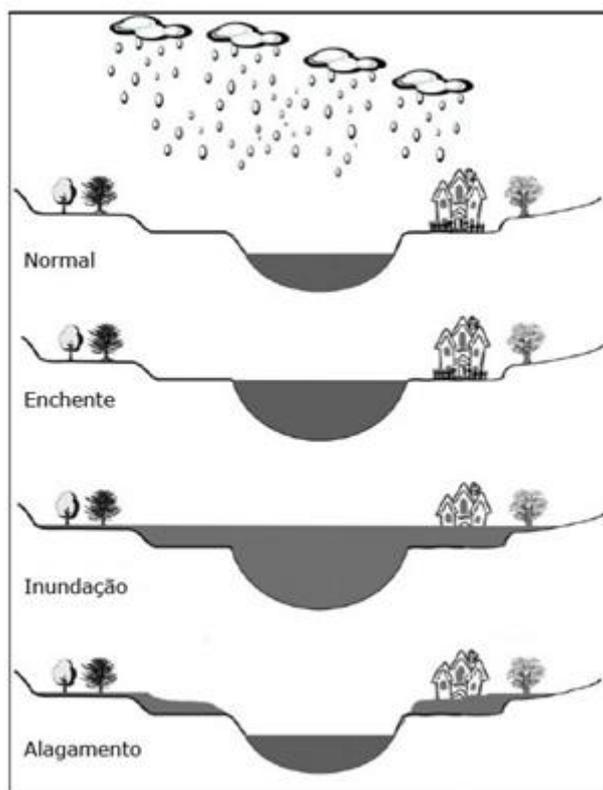
Silveira (1993) pontua que o papel hidrológico de uma bacia hidrográfica é o de transformar uma entrada de volume de água concentrada no tempo em uma saída de forma mais distribuída, e que o escoamento da água pode ser de forma rápida, superficialmente, ou lenta, subterrânea. Esse processo é chamado de ciclo hidrológico.

## **2.2 Enchentes, Inundações e Alagamentos**

São muito comuns, nos períodos chuvosos, veículos de comunicação noticiarem sobre inundações, enchentes e alagamentos em zonas urbanas e também rurais. Inundações e enchentes são eventos naturais que ocorrem com periodicidade nos cursos d'água, frequentemente deflagrados por chuvas fortes e rápidas ou chuvas de longa duração (AMARAL E RIBEIRO, 2012).

Esses fenômenos naturais são potencializados pela intensificação da urbanização, exploração de recursos naturais e alterações ambientais. Além disso, a frequência e magnitude das inundações também dependem de vários fatores, como a intensidade da precipitação, taxa de infiltração de água no solo, características morfométricas e morfológicas da bacia de drenagem e outros diversos fatores.

É corriqueiro o falso entendimento de que inundação e enchentes correspondam aos mesmos fenômenos, porém diferem quanto à fenomenologia. “A enchente refere-se ao aumento da vazão do rio por um determinado período. Porém, quando a vazão supera a capacidade de descarga do canal, indo extravasar para as áreas marginais, ocorre inundação” (CARDOZO, 2009). Valente (1996) define os alagamentos como acúmulo de água formado pelas enxurradas, que são escoamentos superficiais provocados por chuvas intensas e em áreas totais ou parcialmente impermeabilizadas. A Figura 03 exemplifica a diferença entre os termos.



**Figura 02.** Enchente, alagamento e inundação (Fonte: ANDRADE, 2006).

### 2.3 Processos e Condicionantes de Inundação

Conforme Amaral e Ribeiro (2012), a ocorrência de inundação, enchente e alagamento é provável pela combinação de condicionantes naturais e antrópicos. Sendo assim, os autores descreveram os condicionantes em duas classificações:

1) Condicionantes naturais: formas do relevo, características da rede de drenagem da bacia hidrográfica, intensidade, quantidade, distribuição e frequência das chuvas, características do solo e o teor de umidade, presença ou ausência de cobertura vegetal.

2) Condicionantes antrópicos: uso e ocupação irregular nas planícies e margens de cursos d'água, disposição irregular de lixo nas proximidades dos cursos d'água, alterações nas características da bacia hidrográfica e dos cursos d'água (vazão, retificação e canalização de cursos d'água, impermeabilização do solo, entre outros), intenso processo de erosão dos solos e de assoreamento dos cursos d'água.

O relevo é considerado um dos condicionantes que mais contribui para o desenvolvimento de uma inundação. “As áreas de planícies de inundação são locais que periodicamente são atingidos pelo transbordamento dos cursos de águas, faz parte da dinâmica natural dos rios” (AMARAL e RIBEIRO, 2012). Além disso, a chuva também é um fator que atua como influenciador dos eventos hidrológicos. Ter conhecimento do clima, do tempo e do relevo da região é de extrema importância para o entendimento das inundações.

A cobertura vegetal é um dos condicionantes mais comuns quando se trata de inundações na bacia. Tucci (2004) afirmou que a cobertura vegetal retém a água no solo, diminui o volume e a velocidade do escoamento superficial, minimizando a erosão do solo.

As interferências antrópicas, como urbanização, retirada de cobertura vegetal, e outras, quando somadas com intensas chuvas em curto espaço de tempo com grande escoamento superficial podem causar inundações e consequente danos ambientais e urbanos.

### **3. MATERIAIS E MÉTODOS**

#### **3.1 Caracterização da Área de Estudo**

Para o desenvolvimento da pesquisa e entendimento da área de estudo foi realizada a caracterização da bacia hidrográfica do rio Aquidauana mediante compilação e processamento de dados consultados através de fontes de diversas origens, como imagens de satélites, dados cartográficos, documentação histórica e arquivos de fontes oficiais ligadas ao tema. Os mapas temáticos foram elaborados em ambiente SIG (Sistema de Informação Geográfica), com auxílio do software QGIS 3.10.8.

Os mapas de localização, densidade demográfica, cobertura e uso da terra e vegetação da bacia hidrográfica do rio Aquidauana tiveram como base de dados as informações e dados vetoriais disponibilizados pelo site do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística).

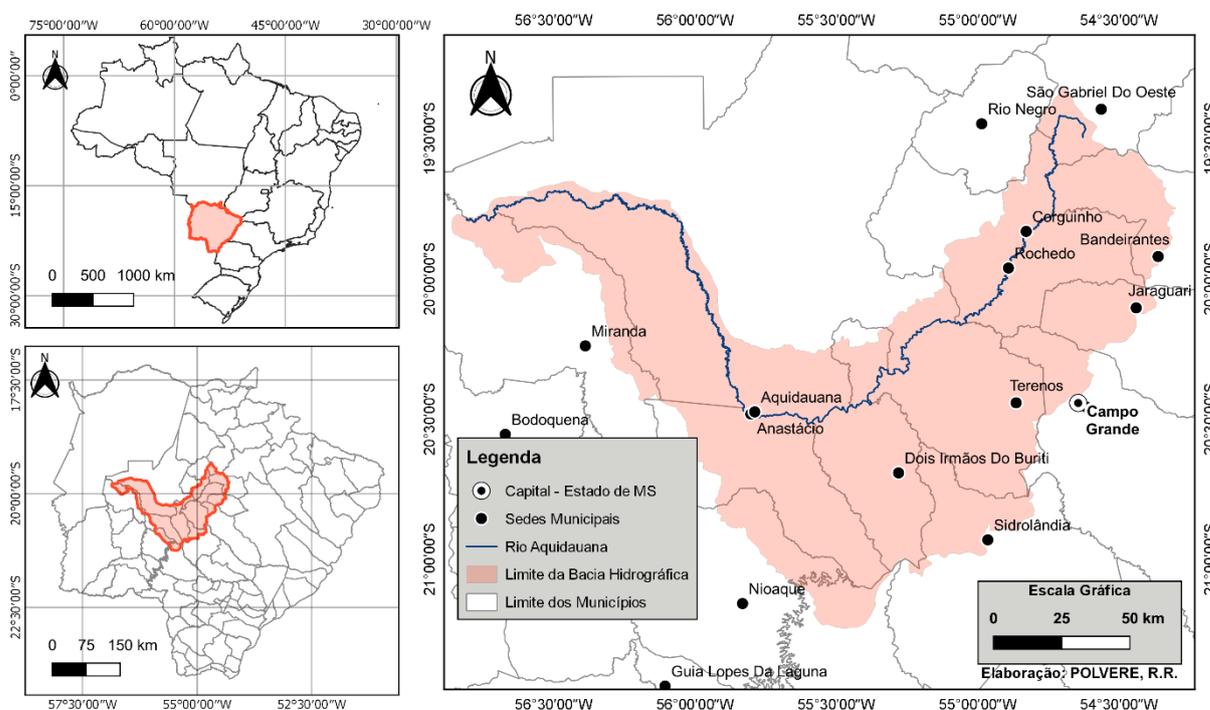
Já o mapa da rede hidrográfica teve como fonte os dados do Plano de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Paraguai, disponibilizado pelo SNIRH (Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos). As caracterizações de solos foram todas retiradas do Mapa de Solos do Brasil, da EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária).

A representação da hipsometria e do clima da região foram feitos a partir do tratamento de dados do Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil – TOPODATA e Mapa de Koppen, respectivamente.

### 3.1.1 Bacia Hidrográfica do Rio Aquidauana

A bacia hidrográfica do rio Aquidauana é uma sub-bacia do rio Miranda que, por sua vez, é afluente do rio Paraguai. O rio Aquidauana nasce na serra de Maracaju, na região norte do estado de Mato Grosso do Sul, e deságua no rio Miranda, na região inicial do Pantanal, percorrendo uma extensão de 620 km (SEMAC-MS, 2011). A área hidrográfica da bacia Aquidauana é de aproximadamente 21.369 km<sup>2</sup> e está localizada entre os paralelos 19° 19' 01'' e 21° 13' 49'' de latitude sul e os meridianos 56° 49' 11'' e 54° 16' 44'' de longitude oeste.

A área da bacia hidrográfica do Rio Aquidauana drena as águas de cerca de 16 municípios do estado de Mato Grosso do Sul, sendo eles: Anastácio, Aquidauana, Bandeirantes, Camapuã, Campo Grande, Corguinho, Dois Irmãos do Buriti, Jaraguari, Maracaju, Miranda, Nioaque, Rio Negro, Rochedo, São Gabriel do Oeste, Sidrolândia e Terenos, conforme Figura 03.



**Figura 03.** Localização da bacia hidrográfica do rio Aquidauana, Mato Grosso do Sul

(Fonte: IBGE, 2010).

### 3.1.2 Densidade Demográfica

Por mais que parte de 16 municípios estejam inseridos na bacia do Rio Aquidauana, alguns possuem maior extensão de área dentro da bacia, que é o caso dos municípios de Rochedo (100%), Terenos (99,44%) e Dois Irmãos do Buriti (94,72%), conforme podemos ver na Tabela 01.

**Tabela 01.** Municípios Pertencentes à Bacia Hidrográfica do rio Aquidauana.

Município	Área Total (km <sup>2</sup> )	Área na Bacia do Rio Aquidauana (km <sup>2</sup> )	Porcentagem sobre a área total do município (%)
Anastácio	2.947,743	2.386,139	80,95
Aquidauana	16.951,65	5.034,765	29,70
Bandeirantes	3.119,14	1.156,295	37,07
Camapuã	6.241,74	2,713	0,04
Campo Grande	8.106,15	585,054	7,22
Corguinho	2.641,84	1.191,571	45,10
Dois Irmãos do Buriti	2.344,00	2.220,358	94,73
Jaraguari	2.915,91	876,253	30,05
Maracaju	5.297,36	341,372	6,44
Miranda	5.475,53	1.105,111	20,18
Nioaque	3.922,90	682,868	17,41
Rio Negro	1.808,16	15,903	0,88
Rochedo	1.561,36	1.561,360	100,00
São Gabriel do Oeste	3.867,77	415,537	10,74
Sidrolândia	5.289,34	967,164	18,29
Terenos	2.842,30	2.826,629	99,45
<b>Total</b>	<b>75.332,877</b>	<b>21.369,092</b>	

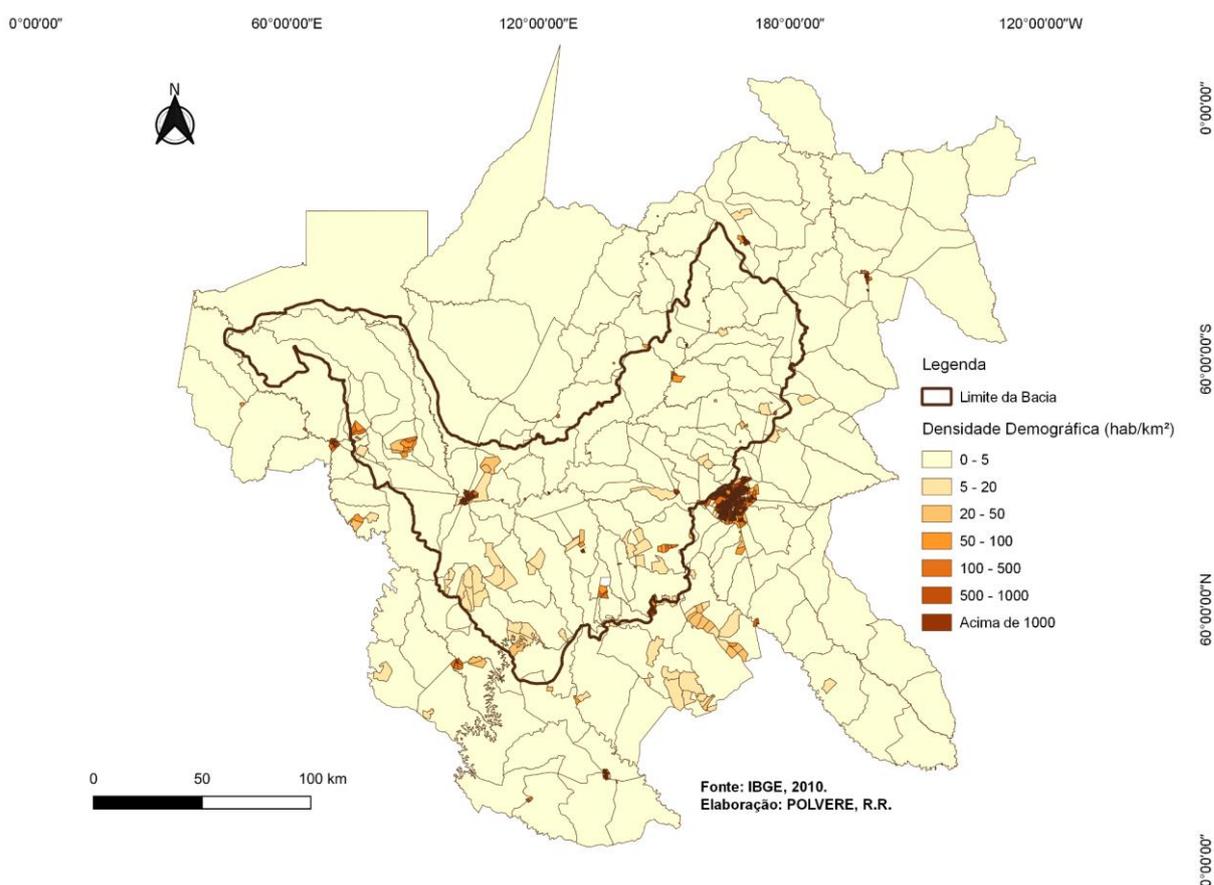
Fonte: IBGE (2010) e Jóia, Anunciação, Paixão (2018).

De acordo com os dados levantados por Joia, Anunciação, Paixão (2018), é possível verificar que os municípios mais representativos em extensão territorial da bacia do rio Aquidauana são Aquidauana, Anastácio, Dois Irmãos do Buriti, Terenos e Rochedo.

Além disso, avaliando o mapa de localização do rio Aquidauana, percebe-se que alguns municípios possuem suas sedes na área da bacia, que é o caso de Anastácio, Aquidauana, Corguinho, Dois Irmãos do Buriti, Jaraguari, Rochedo, Terenos, Sidrolândia e Jaraguari. É importante ressaltar que Sidrolândia e Jaraguari também possuem parte da

sede municipal pertencente a outras bacias hidrográficas (JOIA; ANUNCIÇÃO; PAIXÃO, 2018).

Conforme os dados obtidos por Joia, Anunciação, Paixão (2018), a população, em 2010, da bacia do rio Aquidauana era aproximadamente de 125.192 habitantes, conforme podemos verificar a distribuição no mapa de densidade demográfica a partir dos dados do Censo de 2010 do IBGE, na Figura 04. Contudo, os autores ainda corroboram que as cidades de Aquidauana, Anastácio e Terenos eram os que mais possuíam habitantes inseridos na bacia estudada.



**Figura 04.** Densidade demográfica da bacia do rio Aquidauana (Fonte: IBGE Modificado, 2010).

Analisando a densidade demográfica da área estudada, percebe-se que a maior concentração populacional realmente se encontra nas sedes dos municípios e seus distritos, sendo que, em sua maior extensão como bacia, a densidade populacional não

ultrapassa a escala de 5 hab/km<sup>2</sup>. Sendo assim, quando comparada a média brasileira de densidade demográfica estimada no Censo de 2010 do IBGE, que nesse ano foi de 22,43 hab/km<sup>2</sup>, considera-se que a bacia do rio Aquidauana é uma área subpovoada.

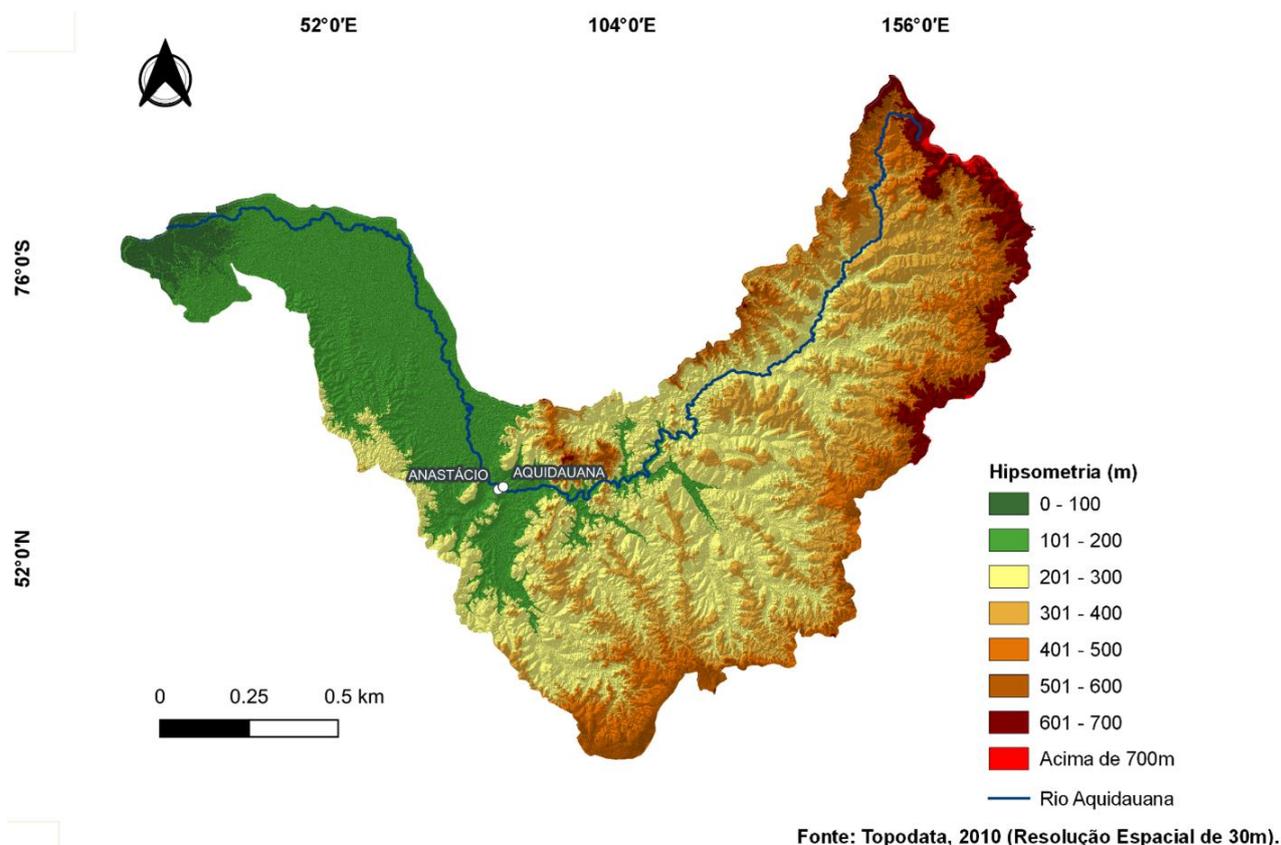
### **3.1.3. Geomorfologia**

A bacia do rio Aquidauana possui uma compartimentação geomorfológica que atravessa duas áreas: áreas de planície (planície Pantaneira) e áreas de planalto (serra de Maracaju), conforme o Atlas Multirreferencial do estado de Mato Grosso do Sul, desenvolvido pela SEPLAN-MS, 1990. Sendo assim, o baixo e uma parte do médio curso do rio Aquidauana estão inseridos no Pantanal Sul-mato-grossense, enquanto o alto e a outra parte do médio curso pertencem ao domínio do Cerrado (JOIA; ANUNCIÇÃO; PAIXÃO, 2018). Com essa localização, refere-se que a bacia do rio Aquidauana envolve uma área de grande biodiversidade e sociodiversidade.

Por nascer no planalto de São Gabriel do Oeste, com altitudes em torno de 700 m, o rio Aquidauana possui um elevado fluxo de energia em seu alto curso, sendo assim, há a predominância de processos erosivos que denotam uma grande quantidade de carga de sedimentos em suspensão elevada durante o ano todo, principalmente em períodos de cheia (FACINCANI, 2007). Ou seja, esses sedimentos são transportados pelo curso até a planície, sendo que o rio Aquidauana constrói ao longo de todo o percurso um grande leque dominado por rios.

Conforme Tonello (2005), a variação de altitude de uma bacia hidrográfica é importante pela influência que exerce sobre a precipitação, a evaporação, a transpiração e conseqüentemente o escoamento superficial dessa bacia. Sendo assim, após análise dos dados e mapeamento da Figura 05, tem-se que a hipsometria da bacia hidrográfica do rio Aquidauana possui uma variação de 80 a 765 metros. Tal informação foi convergente com a literatura, uma vez que Joia, Anunciação, Paixão (2018) afirmaram que a altimetria

da bacia hidrográfica do rio Aquidauana, de modo geral, apresenta uma hipsometria do canal principal com uma variação entre 764 a 85 metros de altitude.



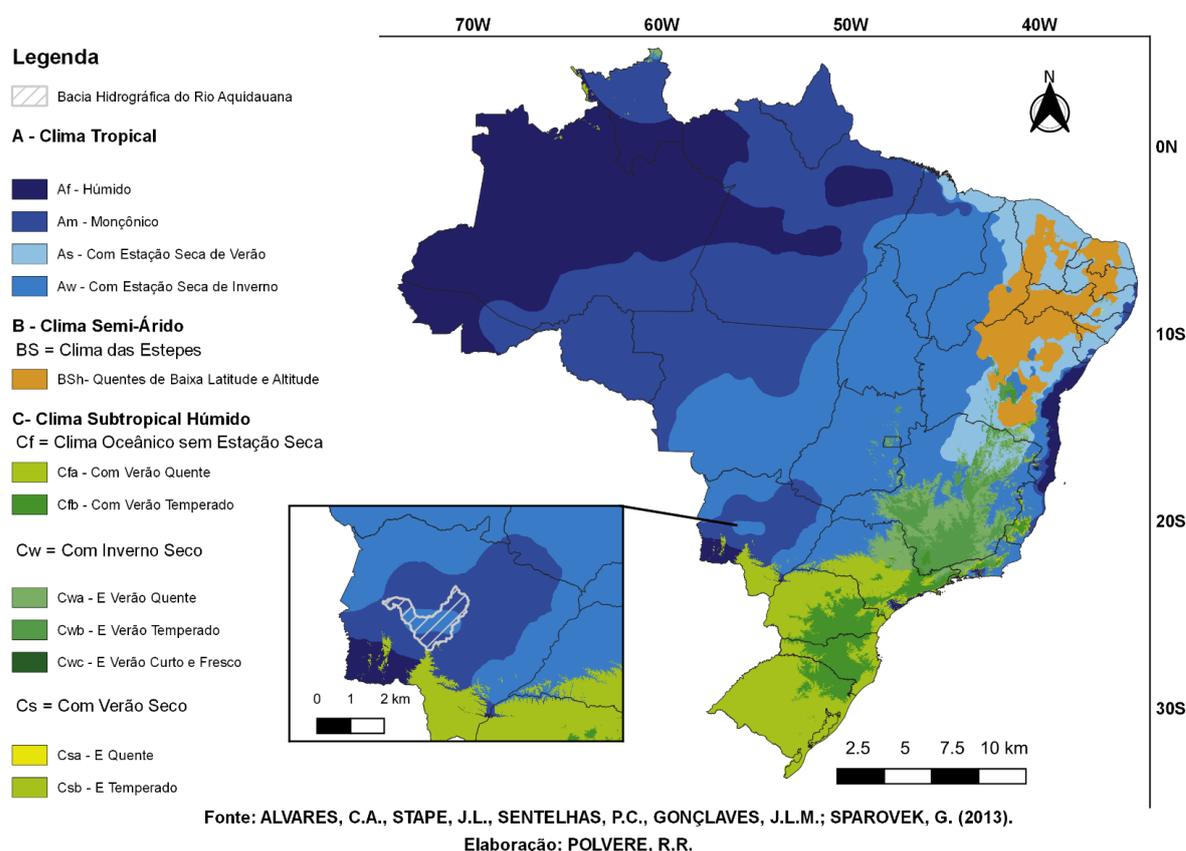
**Figura 05.** Hipsometria da Bacia Hidrográfica do rio Aquidauana (Fonte: TOPODATA, 2010).

### 3.1.4. Clima

Conforme Zavatini (1992) e SEPLAN (1990), Mato Grosso do Sul, encontra-se em uma área de transição climática. O estado é cortado por uma faixa zonal divisória que sofre influência de diversas massas de ar, acarretando contrastes térmicos, e dos diversos regimes pluviométricos decorrentes.

O clima da bacia do rio Aquidauana é condicionado pela sua posição geográfica e sua altitude. Segundo a classificação de Köppen, conforme a Figura 06 - Mapa de Köppen do Brasil e com foco na bacia do rio Aquidauana, a área de estudo se encontra entre os climas AW (Clima Tropical Com Estação Seca no Inverno) e AM

(Clima Monçônico). Porém, em sua maior extensão, é o clima tropical quente do tipo Savana do centro-oeste que se destaca, sendo ele com duas estações bem definidas, seca de abril a setembro e a chuvosa de outubro a março.



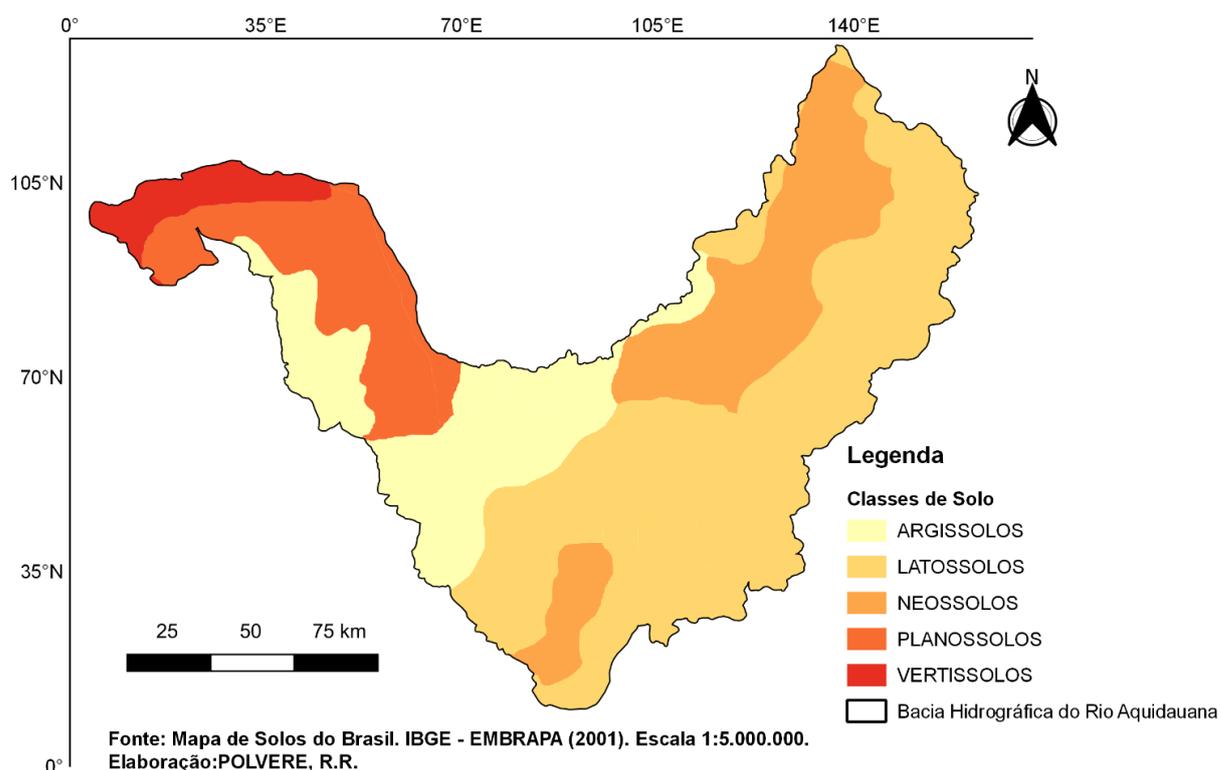
**Figura 06.** Mapa de Koppen com a representação da bacia hidrográfica do rio Aquidauana (ALVARES et al., 2013).

Segundo Cristaldo et al. (2018), o clima na bacia é tropical com precipitação média anual de 1537,7 mm, dos quais 80,7% da precipitação anual incidente ocorrem na estação úmida (de janeiro a abril). De acordo com Sabugo e Novais (1982) que a temperatura média nessa região oscila entre 23° e 25°C, sendo que o índice de pluviosidade anual é de 1500mm no planalto e de 1000mm na planície pantaneira.

Já Pereira (2004) afirma que na região da planície pantaneira e em quase todas as depressões ao seu entorno, há pequeno ou nenhum excedente de água no verão e deficiência de água no inverno, com uma evapotranspiração anual superior a 1.140 mm.

### 3.1.5. Pedologia

A bacia hidrográfica do rio Aquidauana apresenta uma variedade de cinco classes de solo, na qual, esses solos estão relacionados às condições litológicas e estruturais do relevo dessa região, sendo eles: Argissolos, Latossolos, Neossolos, Planossolos e Vertissolos, conforme podemos verificar na Figura 07.



**Figura 07.** Classes de solos da bacia hidrográfica do rio Aquidauana. (Fonte: Mapas de Solos do Brasil, EMBRAPA - Modificado, 2001).

A maior parte da bacia, cerca de 66,40%, é coberta por Latossolos, ocupando principalmente a porção central e nordeste da bacia hidrográfica do rio Aquidauana. Os Neossolos ocupam em torno de 10,54% da área da bacia e são encontrados na região norte, mais especificamente na região da serra de Maracaju. Já os Argissolos apresentam 10,09% de extensão e possuem uma grande ocupabilidade na área central da bacia. Por fim, os Planossolos e Vertissolos que ocupam 8,07% e 4,90%,

respectivamente, da área da bacia, são encontrados na planície pantaneira, próximo ao início do Pantanal.

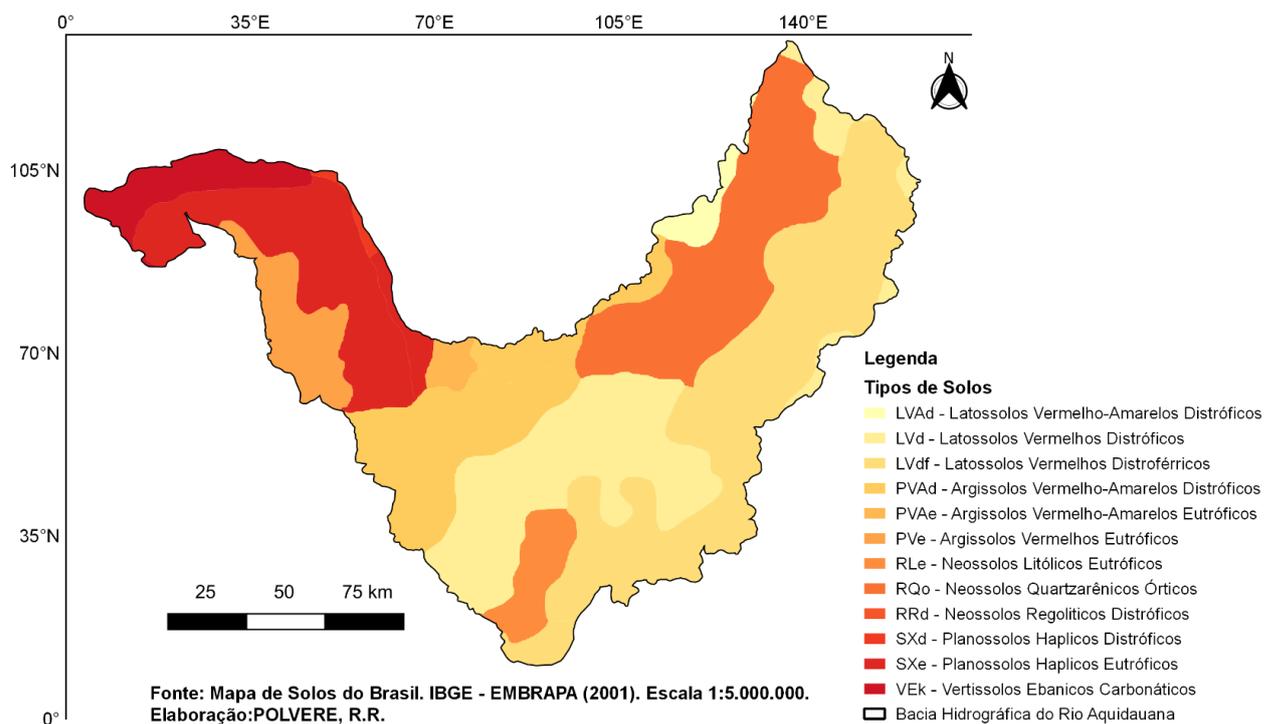
Pott, Damasceno-Junior, Silva (2014) apontam que às margens do rio Aquidauana há predomínio de arenito, conseqüentemente existe uma maior cobertura de solos e sedimentos mais arenosos e vegetação de Cerrado, embora também possuam alguns afloramentos de basalto e correspondentes solos argilosos. Fernandes (2015) afirma que as áreas próximas aos cursos de água apresentam solos minerais, hidromórficos, medianamente desenvolvidos, profundos e com características de Gleissolo.

Porém, em sua grande extensão, a bacia apresenta característica de Latossolos, que são solos minerais, não hidromórficos, bem desenvolvidos, muito profundos, bem drenados, porosos e permeáveis, que apresentam como característica principal a presença do Btextural bastante evidente.

Conforme estudo de Gregório (2016), na planície pantaneira, os solos são influenciados pelas características dos sedimentos que se originaram e também pelos regimes de inundação periódica da região.

De maneira generalizada, seis tipos de solos são encontrados na região: latossolos, solos calcimórficos, litossolos, solos hidromórficos, solos halomórficos e solos aluviais (NOGUEIRA et al., 1978).

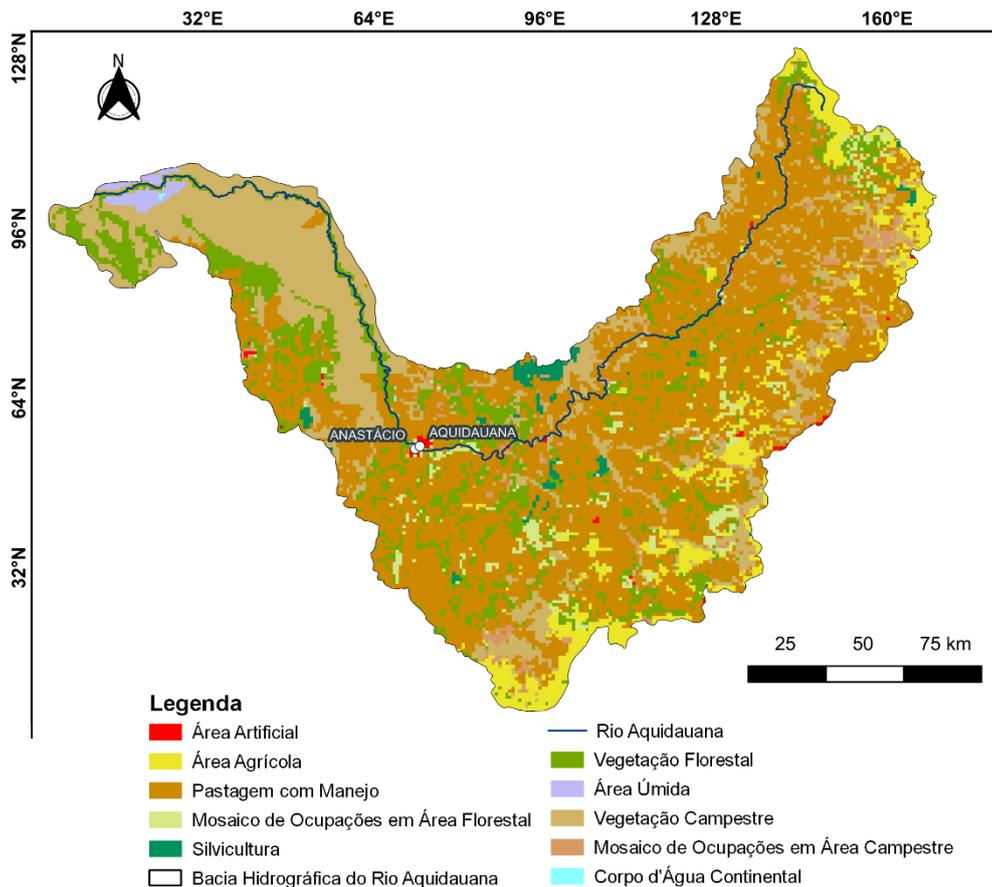
Na área de estudo encontrou-se uma grande variação de tipos de solos entre as diferentes classes já descritas. A Figura 08 apresenta, de modo simplificado, a distribuição dos principais tipos de solos que ocorrem na bacia.



**Figura 08.** Tipos de solos da bacia hidrográfica do rio Aquidauana (Fonte: Mapas de Solos do Brasil, EMBRAPA - Modificado, 2001).

### 3.1.6. Uso e Ocupação da Terra

A cobertura da terra evidencia os usos do qual decorre, podendo tanto ajudar a controlar e prevenir os processos erosivos e degradantes, quanto facilitar que eles ocorram (SILVA, 1999). Na bacia hidrográfica do rio Aquidauana, a principal atividade econômica é a pecuária de corte e leite, evidenciada a partir da análise do mapa de Uso e Cobertura da Terra da bacia no ano de 2018, Figura 09, que apresenta grande difusão de pastagens com manejo pela bacia.



Fonte: Monitoramento da Cobertura e Uso da Terra, IBGE (2018).

**Figura 09.** Uso da terra da bacia hidrográfica do rio Aquidauana em 2018 (Fonte: Monitoramento da Cobertura e Uso da Terra, IBGE - Modificado, 2018).

Analisando o mapa acima, é possível caracterizar os principais usos da terra:

Área artificial: são as áreas urbanizadas, ou seja, as cidades, vilas industrializadas, distritos rurais, aldeias indígenas, assentamentos e comunidades quilombolas. A classe ocupa um pequeno espaço na bacia. Com esse foco em estudo, Joia, Anunciação, Paixão (2018) afirmam que além das sedes dos municípios na região da bacia do rio Aquidauana existem 19 assentamentos rurais, 5 terras indígenas e 10 distritos rurais.

Pastagem com manejo: são as áreas destinadas para o pastoreio, apresentando interferências antrópicas de alta intensidade. Essa classe ocupa a maior

parte da bacia e ratifica a principal atividade econômica da região. Conforme Rodrigues e Leite (2018), essa remoção da vegetação nativa para a inserção de pastagens prejudica a infiltração da água no solo, além de que a utilização dessas áreas pelo gado promove a compactação do solo e cria caminhos preferenciais para o escoamento superficial, aumentando o risco de erosão.

Área agrícola: são as áreas cultivadas com plantios temporários e permanentes, utilizadas para produção de alimentos, fibras, combustíveis e outras matérias-primas. É uma classe que ocupa uma significativa porcentagem na região, principalmente na região nordeste do estado, que é um grande polo de produção de grãos do estado de Mato Grosso do Sul. Comprovando isso, Joia, Anunciação, Paixão (2018) descreveram que as áreas de predomínio de monoculturas de soja, de cana-de-açúcar e de eucalipto tiveram crescimento em área principalmente no médio e alto curso do rio Aquidauana.

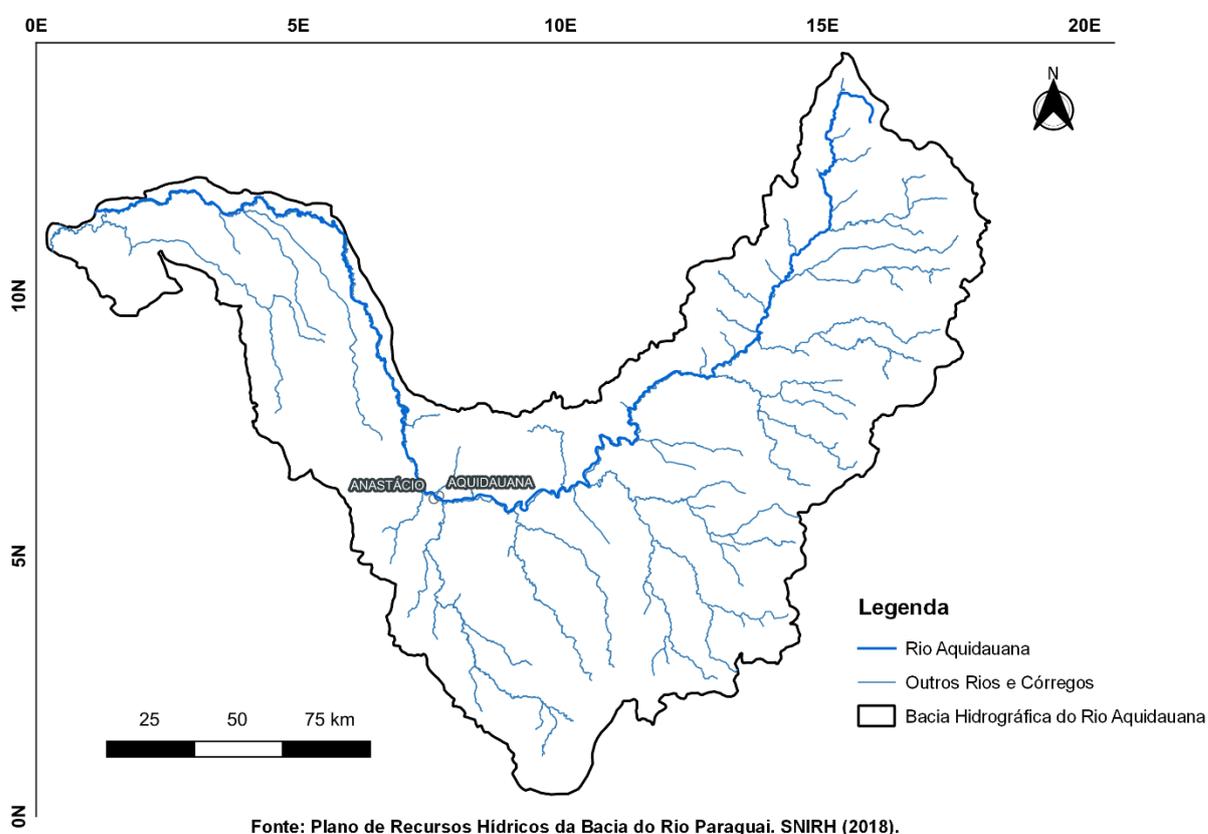
Mosaico de Ocupações em Áreas Campestres: são as áreas caracterizadas por ocupação mista de área agrícola, pastagem e/ou silvicultura. É uma área que não é possível individualizar os componentes na escala adotada.

Vegetação florestal: são as áreas ocupadas por florestas. Apresenta uma pequena porcentagem na bacia, porém bem distribuída.

As transformações decorrentes dos últimos anos no espaço organizacional da bacia do rio Aquidauana, relacionadas às atividades citadas acima, vêm gerando vulnerabilidade ambiental nessa região, ou seja, a expansão urbana e da agricultura no alto curso da bacia acaba implicando em situações degradantes, como inundações periódicas e erosões, no médio e baixo curso da bacia.

### 3.1.7. Recursos Hídricos

A bacia hidrográfica do rio Aquidauana está integrada à bacia do rio Miranda, que, por sua vez, faz parte da bacia hidrográfica do rio Paraguai (PCBAP, 1997). A rede hidrográfica da bacia hidrográfica do rio Aquidauana é composta, principalmente, pelos rios Aquidauana, Varadouros, Dois Irmãos, Taquaruçu, Cachoeirão, Córrego Agogô e Ceroula, conforme análise do mapa de rede hidrográfica da bacia do rio Aquidauana, conforme Figura 10.



**Figura 10.** Rede hidrográfica da bacia hidrográfica do rio Aquidauana (Fonte: Plano de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Paraguai, SNIRH - Modificado, 2019).

O rio Aquidauana com 620 quilômetros de extensão, principal canal da área de estudo, nasce na serra de Maracaju, região norte do estado e deságua no rio Miranda, na região da planície pantaneira.

Fernandes (2013) aponta que o alto curso do rio Aquidauana é alimentado por diversos tributários desde os chapadões de São Gabriel do Oeste até as terras dos municípios de Corguinho, Rochedo, Terenos e Dois Irmãos do Buriti. Além disso, a autora comenta sobre o baixo curso do rio:

O baixo curso do rio Aquidauana tem sua gênese a partir do graben na altura do Distrito de Palmeiras (município de Dois Irmãos do Buriti) onde começa a perder sua competência, assim como a capacidade de carga sólida, devida à redução da declividade do terreno. Conforme o canal fluvial segue seu perfil longitudinal em direção das cidades de Anastácio e Aquidauana, a hidrologia se ajusta e através do leito móvel modela-se a paisagem, tornando-se um típico rio de planície, enveredando-se pelo seu baixo curso dentro das terras dos municípios de Aquidauana, Anastácio e Miranda, quando então transfere suas águas para o canal do rio Miranda, porém as repercussões dos eventos climáticos extremos materializam-se, com maior intensidade, na cidade de Aquidauana/MS. (FERNANDES, E.F.L., 2013).

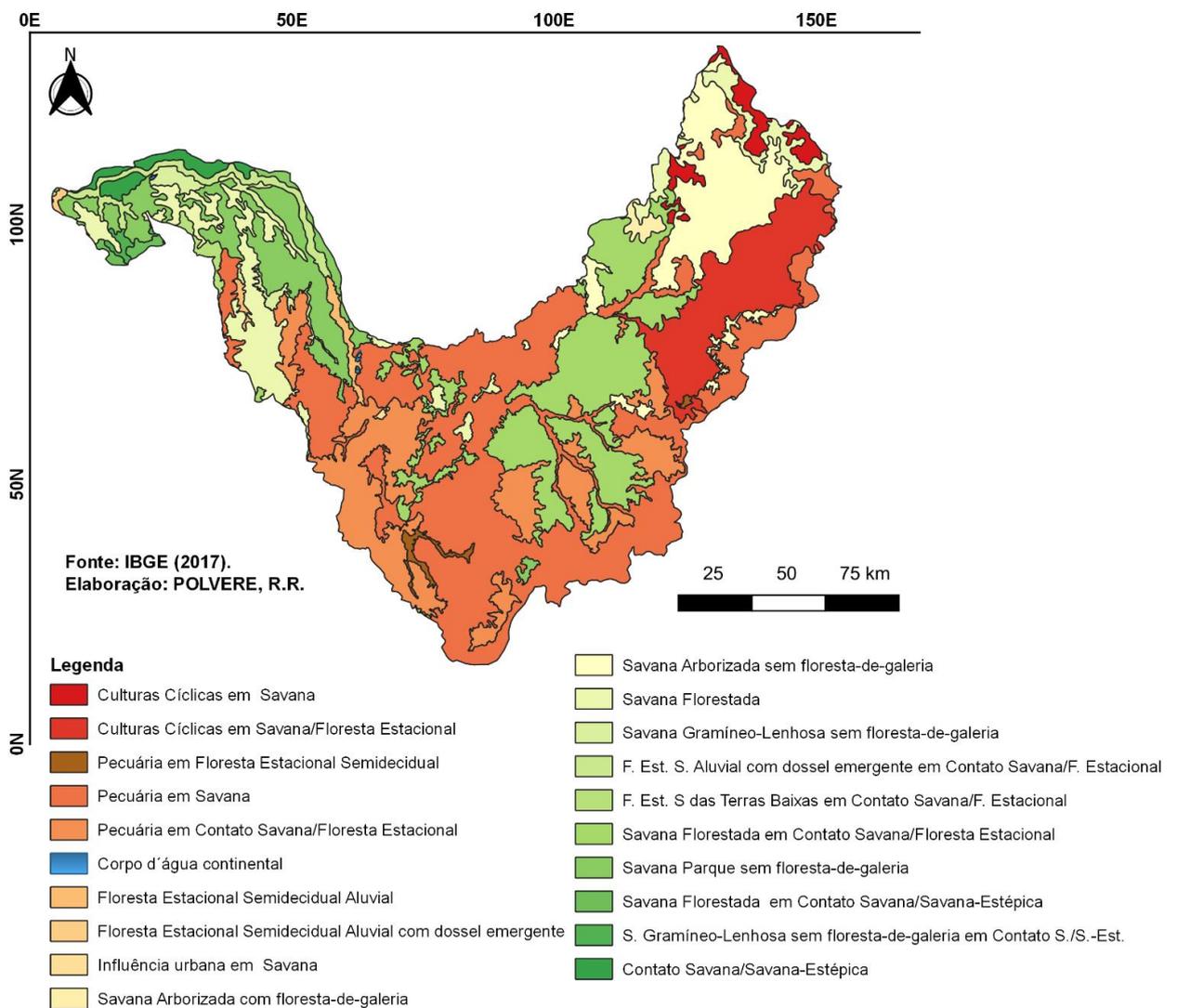
Conforme Jóia, Anunciação, Paixão (2018), o rio Aquidauana possui afluentes pouco expressivos em extensão, sendo os principais o ribeirão Taquaruçu, o rio Dois Irmãos e o rio Cachoeirão, todos afluentes da margem esquerda. O rio Aquidauana é o único navegável na região da bacia, facilitando o transporte de cargas e pessoas. Além disso, é utilizado para abastecer a população urbana de vários municípios e muito recorrente para pesca, turismo e consumo pecuário.

Os brejos, os córregos e o leito do rio Aquidauana já mostram sinais preocupantes de assoreamento, com a erosão dos solos conservados de forma insuficiente (FERRAZ, 2006). O rio apresenta uma qualidade aceitável da água, devido aos parâmetros de turbidez, baixo oxigênio, teor elevado de fósforo e número de coliformes termotolerantes, em razão dos afluentes poluídos por agroindústrias (IMASUL, 2012).

### 3.1.8. Vegetação

Em Mato Grosso do Sul, a vegetação é muito rica e diversificada, com variações na distribuição geográfica de tipos de Florestas e Savanas, sendo Cerrado e Chacos na planície do Pantanal (SILVA et al., 2011).

Na bacia do rio Aquidauana, há a predominância de Floresta Estacional Semidecidual com variações, Savana Parque, Florestada, Gramínea e Arbórea, conforme podemos verificar no mapa de vegetação da bacia, conforme Figura 11.



**Figura 11.** Vegetação da bacia do rio Aquidauana (Recuperação e Compatibilização do Projeto RADAMBRASIL Tema Vegetação, IBGE - Modificado, 2017).

É perceptível verificar também que há uma grande área onde predomina pastagem e cultura cíclicas, ou seja, locais destinados ao pastoreio de gado e plantações agrícolas, formado por plantação de forrageiras perenes. Nestas localidades o solo está recoberto por gramíneas, com alturas que variam de alguns decímetros a dois metros (SILVA, et al., 2011).

A formação mais abrangente na área de estudo é a Savana Parque, que possui semelhanças com o cerrado essencialmente campestre, na qual, têm-se árvores esparsas e com grande área verde e altura variando entre 2 a 3 metros (MATO GROSSO DO SUL, 1990). Na planície pantaneira ocorre com bastante frequência e estão localizadas principalmente, em pequenas elevações do terreno (LOUREIRO et al., 1982).

De acordo com Gregório (2016), a classe composta por Savana Gramínea Lenhosa, mais conhecido como Campo Sujo, ocorre em partes mais baixas, periodicamente alagadas. A fisionomia é campestre e predominam plantas lenhosas, rasteiras e esparsas.

Já a Savana Arbórea, que pode ser Aberta ou Densa, é o cerrado, denominado de diferentes nomes por causa da densidade e do tamanho das árvores. O estrato arbóreo é espaçado e tortuoso, com altura variando de 7 a 12 metros e são encontrados em áreas pouco alagáveis (SILVA et al, 2011).

Por fim, as florestas aluviais são formações florestais ribeirinhas que ocupam áreas de acumulações fluviais quaternárias. A estrutura é análoga à da floresta aluvial de todos os rios, ocorrendo indivíduos arbóreos baixos, com troncos finos e tortuosos e copas pequenas e espaçadas umas das outras (LOUREIRO, et al., 1982).

Além do exposto acima, Pott, Damasceno-Junior, Silva (2014) afirmaram que na bacia do rio Aquidauana ocorrem veredas com buriti, que são de grande relevância para os recursos hídricos, uma vez que agem como reguladores dos cursos d'água.

### **3.2. Levantamento de Dados Históricos das Inundações**

Para o desenvolvimento da pesquisa levantou-se todo material possível relacionado às inundações da bacia do rio Aquidauana. Foram consultados jornais, noticiários e publicações da região para obter um resgate histórico, entender a magnitude desses eventos e características similares das inundações de antigamente com as atuais.

As primeiras ocorrências foram registradas pelo Jornal Pantaneiro, principal fonte de notícias da região, e datam a partir de 1965. Com isso em mente, tentou-se uma visita ao acervo deste jornal para consulta dessas informações. Porém, atualmente, o arquivo do jornal está fechado para pesquisas, uma vez que não há colaboradores que possam acompanhar os pesquisadores em suas investigações. Além disso, muitos registros foram danificados nas pesquisas realizadas anteriormente e o estado do arquivo do jornal está em deterioração. Sendo assim, essa pesquisa foi delineada, principalmente, em cima de publicações que citavam as inundações do rio Aquidauana e seus contextos socioambientais.

### **3.3. Identificação dos Níveis do Rio Aquidauana**

A identificação dos eventos de inundação foi realizada a partir da análise dos dados hidrológicos da série histórica das estações fluviais disponibilizadas às margens do rio Aquidauana pela Agência Nacional de Águas (ANA), acessado pelo portal Sistema de Informações Hidrológicas HidroWeb, para levantamento de gráficos dos níveis do rio Aquidauana. Pelo entendimento que as maiores inundações ocorreram no baixo-médio curso do rio Aquidauana, foram utilizados como referências as estações fluviométricas que estão em operação dispostas nessa região, levando em consideração a continuidade das informações nas bases de dados fluviométricos e nos anos, sendo elas: 66941000 (Palmeiras), 66945000 (Aquidauana) e 66950000 (Porto Ciríaco). A Figura 12 apresenta a distribuição espacial das estações na bacia do rio Aquidauana.



**Figura 12.** Localização das estações fluviométricas utilizadas do rio Aquidauana, Mato Grosso do Sul.

O recorte temporal da série histórica compreende um período de cinquenta e dois anos, entre janeiro de 1969 e abril de 2021, de dados diários de cota do Rio Aquidauana. Tal período é importante pelos sucessivos registros de inundações e cheias a partir de 1970.

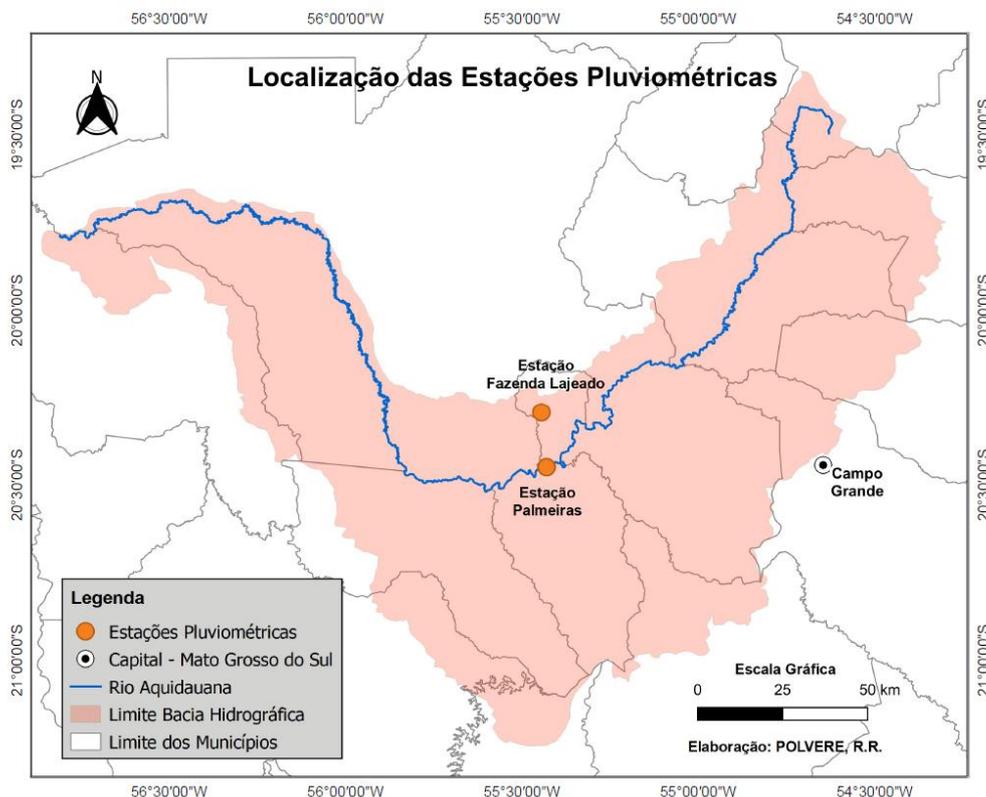
Durante a fase de compilação de dados pluviométricos, das vazões e cotas do rio Aquidauana, observou-se algumas falhas em poucos períodos. Conforme Tucci e Bertoni (1993), tais falhas são recorrentes e justificadas em virtude de falta de manutenção no entorno dos postos pluviométricos ou até mesmo por alguma danificação do aparelho registrador. Por sua vez, para preenchimento das falhas não foi possível utilização do método do posto vizinho de menor distância, uma vez que não existia postos com dados consistentes.

### **3.4. Caracterização das Precipitações Durante as Inundações do Rio Aquidauana**

A precipitação é o principal condicionante quando se trata de inundações, é ela responsável pelo aumento do volume de água no rio e que, dependendo da sua continuidade e intensidade, aceleram o processo de cheias e conseqüentemente transbordamentos dos canais. O conhecimento das características das precipitações é de suma importância para compreensão de todo o processo que causa as inundações do rio Aquidauana.

Sendo assim, para realizar a análise das características das chuvas que causam inundações na bacia hidrográfica do rio Aquidauana, a identificação foi realizada a partir dos dados hidrológicos da série histórica das estações pluviométricas disponibilizadas às margens do rio Aquidauana pela Agência Nacional de Águas (ANA), acessado pelo portal Sistema de Informações Hidrológicas HydroWeb. Assim como nas estações pluviométricas, escolheu-se estações pluviométricas que estão às margens do rio Aquidauana e que possuem continuidade das informações nas bases de dados pluviométricos e nos anos, sendo elas: 02055002 (Palmeiras) e 02055003 (Fazenda Lajeado). A Figura 13 apresenta a distribuição espacial das estações pluviométricas na bacia do rio Aquidauana.

Também se utilizou o aplicativo Somar Meteorologia para confirmar os dados de precipitação da região da cidade de Aquidauana, porém, as informações desse só foram obtidas a partir do ano 2000.



**Figura 13.** Localização das estações pluviométricas utilizadas do rio Aquidauana, Mato Grosso do Sul.

Em um primeiro momento, identificou-se os mínimos, máximos e médios volumes mensais de precipitação de cada estação pluviométrica, fazendo assim uma correlação com os eventos de inundação já levantados. As médias mensais de precipitação foram obtidas com base nos registros da ANA de chuvas no período de janeiro de 1977 a abril de 2021 nas estações pluviométricas Palmeiras e Fazenda Lajeado.

Em um segundo instante, realizou-se uma análise com os totais anuais acumulados de precipitação nos anos de ocorrência de inundação para estabelecer uma relação entre totais anuais de chuva e as inundações.

#### **4.5. Análise da Dinâmica das Vazões do Rio Aquidauana**

Vazão é uma das principais variáveis que caracterizam um rio e define-se como a quantidade de água que passa por uma seção transversal num determinado espaço

de tempo. A dinâmica das vazões é a combinação de diversos condicionantes dentro de uma bacia hidrográfica, como por exemplo: precipitação, evapotranspiração, radiação solar, geologia, geomorfologia, solos, cobertura vegetal, uso do solo, e ação antrópica (TUCCI, 2002), além da forma da bacia, de acordo com Villela e Mattos (1975).

Quando se estuda inundações, a caracterização do regime do rio é dada pelas máximas e mínimas vazões históricas, podendo assim, ter facilidade na compreensão dos índices mais elevados e as menores demandas que uma seção do rio pode ter.

Sendo assim, fez-se análise e compreensão de máximos, mínimas e médias anuais de vazão do rio Aquidauana. Assim como no estudo dos níveis do rio Aquidauana e identificação das inundações, foram utilizados como referências as estações fluviométricas 66941000 (Palmeiras), 66945000 (Aquidauana) e 66950000 (Porto Ciríaco).

O recorte temporal da série histórica foi diferente de estação para estação por questões de disponibilidade de dados. Sendo assim, a estação fluvial Aquidauana foi analisada no período entre janeiro de 1968 e abril de 2020, a estação Palmeiras de fevereiro de 1991 a fevereiro de 2020 e por fim, a estação Porto Ciríaco no período de novembro de 1968 a junho de 2020. Todos os dados foram tabulados no programa *Microsoft Office Excel 2016*.

## **4. RESULTADOS E DISCUSSÕES**

O rio Aquidauana é abastecido por afluentes de 16 municípios com diferentes características fisiográficas em seu alto, médio e baixo curso. Em seu alto curso, as atividades relacionadas ao agronegócio foram os destaques nas últimas décadas. Já em seu médio curso, a bacia recebe contribuição de vários canais que pertencem a áreas protegidas. Já em seu baixo curso, a bacia recebe canais que aderiram a prática de silvicultura, pastagem e atividades turísticas.

Para corroborar tais descrições das atividades econômicas, Jóia, Anunciação, Paixão (2018) apontaram que essa região está passando por uma reestruturação mediante uma nova divisão do trabalho e valorização do espaço local, sendo que cada vez mais os municípios da bacia estão se especializando e crescendo no ramo do agronegócio e nas atividades turísticas.

### **4.1. Levantamento de Dados Históricos das Inundações**

As cidades ao redor do rio Aquidauana foram fundadas com o objetivo de fazer uma nova ligação entre aquela região pantaneira com as cidades de Nioaque e Campo Grande, como cita Neves (2007). Aquidauana, uma das principais cidades às margens do Rio Aquidauana, iniciou seu processo de urbanização aos poucos, de maneira desordenada, sem planejamento urbano, se consolidando como município a partir de 1892 com uma pequena população já instalada à margem direita do rio Aquidauana com intuito de ser um porto nos meses chuvosos na região pantaneira.

Por outro lado, esses eventos climáticos extremos também afetam a zona rural dos municípios, onde as fortes chuvas que caem sobre a região do rio Aquidauana provocam interrupções nas estradas, inundando casas e lavouras (JORNAL O PANTANEIRO, 1965).

As primeiras ocorrências registradas pelo Jornal Pantaneiro, principal fonte de notícias da região, datam a partir de 1965. Atualmente, o arquivo do jornal está fechado para pesquisas, uma vez que não há colaboradores que possam acompanhar os pesquisadores em suas investigações. Além disso, muitos registros foram danificados nas pesquisas realizadas anteriormente e o estado do arquivo do jornal está em deterioração. Sendo assim, essa pesquisa foi delineada, principalmente, em cima de publicações em periódicos que citavam as inundações do rio Aquidauana e seus contextos socioambientais.

Porém, a partir do relato de Garcia (2005), as dificuldades com as cheias nessa região datam desde novembro de 1941 e fevereiro de 1942, quando as precipitações mensais chegaram a bater 192 mm e 260 mm, respectivamente. Nesses anos, o processo de expansão urbana ainda estava em princípio, ou seja, a mata ciliar e a vegetação ao redor do rio Aquidauana se encontravam conservadas. O autor ainda relata que em novembro de 1946 e fevereiro de 1947, o evento de cheia foi de tamanha expressão que implicou na remoção da população ribeirinha.

De acordo com Artigas (2010), o sistema hidrológico do Rio Aquidauana entre 1947 e 1967 não apresentou inundações expressivas, uma vez que a malha urbana às margens do rio Aquidauana ainda estava gradativamente sendo expressa nesse período, porém, relata-se que em 1967 e 1968 as problemáticas com as inundações surgiram com a primeira grande cheia com as margens já loteadas.

Jóia, Anunciação, Paixão (2018) verificaram que os municípios mais afetados por inundações periódicas localizam-se no médio-baixo do rio Aquidauana, nas cidades de Aquidauana e Anastácio, sendo que estas sofrem com todas as transformações antrópicas que ocorrem sobre o meio natural no médio e alto curso da bacia.

Segundo Dos Santos, Loubet, Anunciação (2012), em novembro de 1978, Figura 14, o jornal O Pantaneiro retratou as condições de cheia daquele ano e do ano anterior, considerando que os eventos climáticos de inundação pareciam corriqueiro.

Em novembro de 1978 foi retratado que no ano anterior, 1977, duas vilas da cidade haviam ficado ilhadas devido o processo de cheia do rio Aquidauana, que ao represar o Córrego João Dias, danificou a ponte de acesso a Vila Trindade e ao Conjunto dos Bancários. A ponte de acesso foi substituída na ocasião por “turbilhões” de concreto, mas que as primeiras chuvas deste ano de 1978, com uma precipitação de 172,5 mm, já haviam danificado a substituição, levando os conjuntos habitacionais ao isolamento novamente. Como era de se imaginar, em dezembro deste mesmo ano, a manchete “Enchentes: sem novidades”, já retratava o cotidiano que as enchentes do rio que corta a cidade traziam a população, o sistema público municipal já estava até mesmo preparado para alojar os desabrigados pelo processo de cheias. Dentro desta mesma reportagem, com o subtítulo “Inundação já é cotidiano”, o noticiário escrito retrata o rompimento da BR-262, no quilômetro 93.5, que fica entre o rio Dois Irmãos e o local conhecido como Redondo (reduto de parada na BR), devido à inundação do rio Aquidauana, que em 24h, subiu 8,35m suas águas colocando a população em alerta. (DOS SANTOS, LOUBET E ANUNCIAÇÃO, 2012).



**Figura 14.** Notícia do jornal O Pantaneiro de 1978 (DOS SANTOS, LOUBET, ANUNCIAÇÃO, 2012).

Conforme Fernandes (2012), com vários processos de inundações causando transtornos à população ribeirinha a partir de 1977, o prefeito da época, Pedro Ubirajara, determinou a remoção dos ribeirinhos, predominantemente pescadores, para um loteamento com distância de mais de 3 km das margens do rio, fundando assim, os bairros Santa Terezinha e Bairro Alto em Aquidauana.

No mês de fevereiro de 1979, o jornal O Pantaneiro voltou a anunciar cheias tão intensas quanto nos anos anteriores na região de Aquidauana, porém, após as medidas de remoção da população que ocupava as regiões às margens do rio Aquidauana, identificou-se que não houve grandes danos materiais e prejuízos. Porém, ao longo dos anos, a população aos poucos foi retornando para as margens do rio, uma vez que as moradias ribeirinhas não foram demolidas e a área não foi restaurada pelo poder público.

Após onze anos sem eventos climáticos extremos que causassem prejuízos ambientais e sociais, em maio de 1990, Figura 15, o nível do rio Aquidauana aumentou a ponto de não ser possível atravessar a ponte entre Anastácio e Aquidauana.

Mas no ano de 1990, a cidade foi surpreendida com um quantitativo de águas recebidas pela calha fluvial do rio Aquidauana jamais visto ou retratado pela população aquidauanense. A cheia que atingiu a cidade no final do mês de abril e início do mês de maio do ano de 1990, foi superior expondo a cidade ao noticiário nacional, a mesma ficou isolada, sem entrada ou saída da população a não ser através dos barcos disponibilizados pelo exército que fazia a travessia necessária da população para a cidade vizinha Anastácio. Na “cheia de 90”, como é conhecida localmente, trouxe grandes prejuízos à população, pois além do impacto perante as construções existentes, visto que a área ribeirinha já possuía denso loteamento, houve registros de ocorrências de enfermidades, já que nos locais que a cheia atingiu houve retorno do esgoto sanitário, levando as pessoas ao contato, pós-cheia, podendo ser registrado contatos com bactérias que causam doenças de pele, diarreia, entre outras. A região alagadiça da cidade conhecida como Pirizal, recebeu descarga de lixo, transformando-se num espaço depositário de lixo pelas águas da cheia. (DOS SANTOS, LOUBET E ANUNCIAÇÃO, 2012).



**Figura 15.** Cidade de Aquidauana e Anastácio em maio de 1990 (JÓIA E ANUNCIACÃO, 2013).

Segundo Jóia e Anunciação (2013), no ano de 1997, a enchente novamente atingiu a área ribeirinha e desabrigou cerca de 150 famílias, sendo que a cota do rio Aquidauana chegou a 9,5 metros acima do normal. A remoção da população da área de risco só foi possível pelo apoio dos integrantes do 9º Batalhão de Combate e do 1º Subgrupamento de Bombeiros, na qual, foram utilizados botes pneumáticos e uma embarcação denominada pelos militares de “suporte flutuante” (Figura 16).



**Figura 16.** Cidade de Aquidauana: travessia da população sobre o rio Aquidauana através de embarcações durante a cheia de 1997 (JÓIA E ANUNCIACÃO, 2013).

Nos anos 2000, os registros de inundações se tornaram frequentes e comuns. Há registros de cheias em 2000 com o nível do rio Aquidauana chegando em 9 metros acima do normal, 2001 atingindo 9,10 metros fazendo famílias reféns, novembro de 2005 e janeiro de 2006 desabrigando áreas ribeirinhas. Já em dezembro de 2009 e janeiro de 2010, o nível do rio Aquidauana chegou a 9,02 metros (Figura 17).

No final do mês de dezembro de 2009 e início de 2010, o nível do rio Aquidauana aumentou após uma sequência de eventos pluviiais extremos ultrapassando sua calha normal. A enchente invadiu a área urbana localizada às margens do rio, deixando dezenas de famílias desabrigadas. (ARTIGAS et al., 2012. p. 60).



**Figura 17.** Cheia do rio Aquidauana em Janeiro/2010, na cidade de Aquidauana/MS (ARTIGAS, 2010).

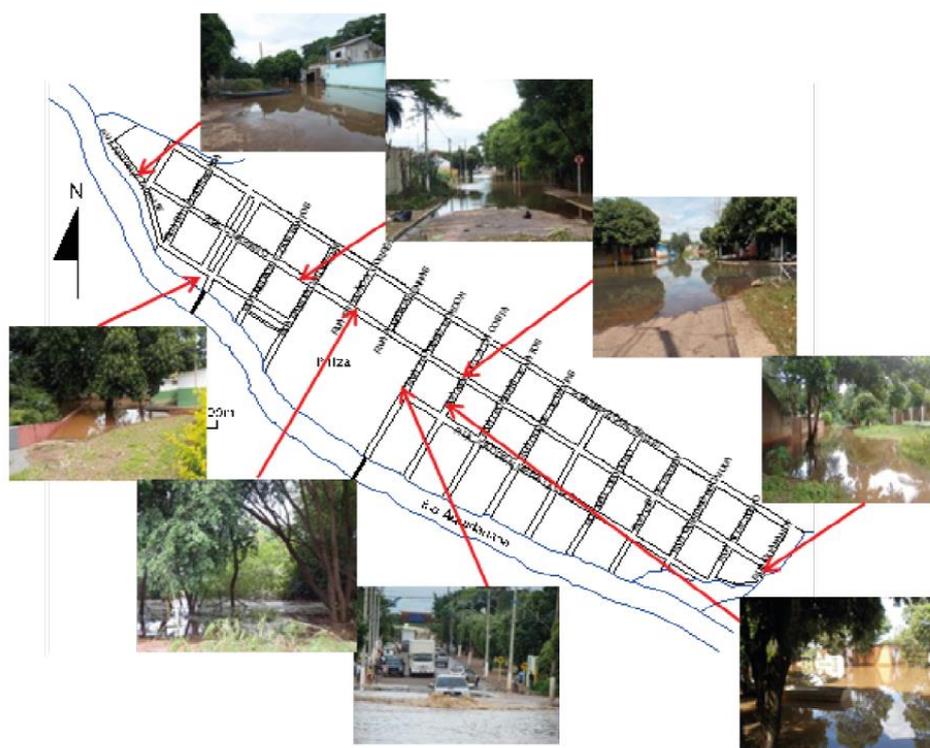
No ano de 2011, Figura 18, o rio Aquidauana voltou a encher, chegando a cota de 10,70 metros, uma das maiores marcas já registradas até então, deixando várias famílias desabrigadas, danificando rede de esgotos e de abastecimento de água, comprometendo a circulação nas vias e deixando a cidade desabastecida por alguns dias.

As águas da calha fluvial do rio chegaram a atingir a marca de 10m, levando a população a reviver os impactos do ano de 1990. Na reportagem local intitulada “Enchente do Rio Aquidauana é Destaque na Mídia”, traz a notícia de que esta cheia foi a mais devastadora dos últimos 21 anos. Em fevereiro de

2011 a média da precipitação do mês registrou 246,6 mm de chuvas, acarretando aumento no volume de água, sem contar o fluxo descendente dos rios que deságuam em sua calha, sendo que no mesmo período, elevaram o nível tornando ascendente o nível do rio Aquidauana. Estes fatores, associado ao uso e a ocupação na região ribeirinha causa inúmeros transtornos. (DOS SANTOS, LOUBET E ANUNCIÇÃO, 2012).



**Figura 18.** Cheia do Rio Aquidauana em Março/2011 (JÓIA E ANUNCIÇÃO, 2013).



**Figura 19.** Aspectos da área de inundação do rio Aquidauana em 2016 às margens de Aquidauana. (SANTOS, E.T. dos; XIMENES, L.S.V.; PAIXAO, A.A, 2016).

Em 2018, o rio Aquidauana voltou a subir, chegando a um volume superior a 10 metros acima do nível, conforme Figura 20, na época não foi possível mensurar exatamente a cota, uma vez que a régua já estava submersa. Centenas de famílias foram desabrigadas e prejuízos permanentes foram os rastros da inundação pelas cidades de Aquidauana e Anastácio. Conforme o jornal O Pantaneiro, o nível da água dobrou em menos de 24 horas.

Segundo a Defesa Civil, às 22 horas de segunda-feira (19/02), o nível era de 5 metros, porém, na noite de ontem (20/02) já estava a praticamente 10 metros de altura. Famílias estão sendo removidas para abrigo montado pela prefeitura no salão paroquial da igreja católica. Anastácio também sofre e amanheceu com a prainha encoberta pela água. Em alguns pontos, o esgoto transbordou e dejetos foram lançados em quintais de residências. (JORNAL O PANTANEIRO, 2018).

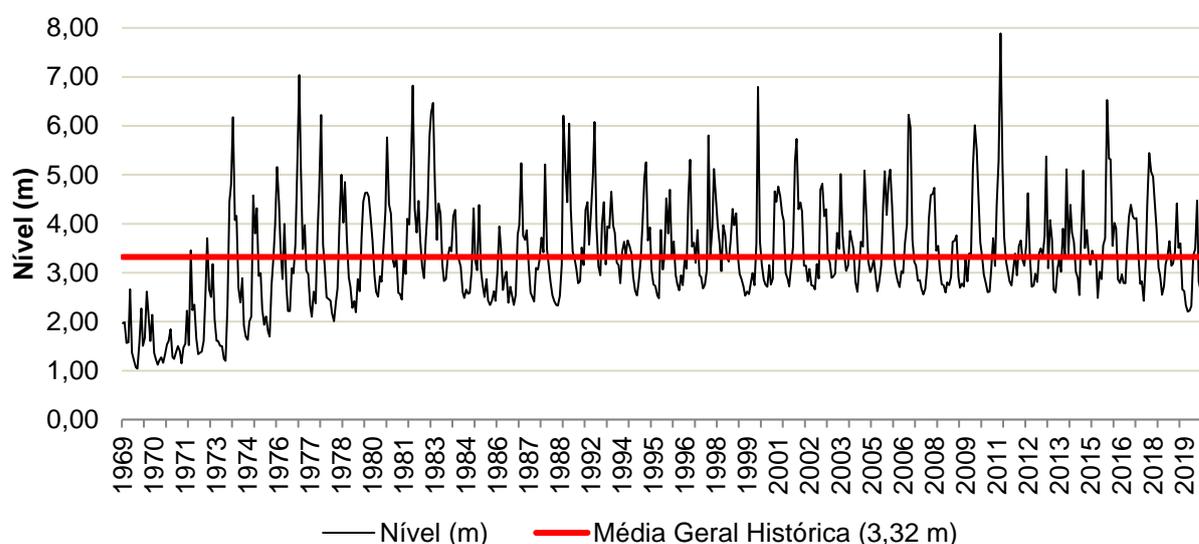


**Figura 20.** Cheia do rio Aquidauana em Fevereiro/2018, (Capital News, 2018).



fica as margens das cidades de Aquidauana e Anastácio, possui uma cota de emergência de 8,0 metros e um nível de alerta a partir de 6,0 metros, segundo o IMASUL, 2021. Esse nível de 8,0 metros estabelece o limite entre a situação de cheia e inundação nas cidades de Aquidauana e Anastácio, ou seja, quando a superfície d'água começa a invadir áreas que podem trazer prejuízos sociais e econômicos para a região. A partir disso, foram analisados os registros da série histórica das estações fluviométricas Aquidauana, Palmeiras e Porto Ciriaco para identificar a ocorrência das inundações e as datas de acontecimentos.

Analisando os registros diários das cotas da estação fluviométrica Aquidauana na série histórica, o rio Aquidauana apresenta uma cota média de 3,32 m de lâmina de água, conforme Figura 22, entre jan/1969 e abr/2021.



**Figura 22.** Rio Aquidauana: nível médio mensal na régua de Aquidauana entre jan/1969 e abr/2021 (ANA, 2021).

Fazendo a análise dos dados de 52 anos da série histórica da estação fluviométrica Aquidauana, foi possível observar 29 registros de cotas do rio Aquidauana acima dos 8,0 metros de lâmina d'água, conforme Tabela 02. Porém, esses 29 registros

de inundações estão divididos em 23 anos de ocorrência, ou seja, bem comum que em alguns anos mais de uma inundação foi registrada.

**Tabela 02.** Data (ano e mês) e cota máxima atingida pelo rio Aquidauana durante a ocorrência de eventos de inundação com base na série histórica da estação fluvial Aquidauana (1969-2021).

<b>Data</b>	<b>Cota (cm)</b>	<b>Data</b>	<b>Cota (cm)</b>
mai/76	826	mar/00	982
dez/76	918	nov/01	914
jan/77	865	dez/05	836
dez/77	872	mar/06	880
jan/78	856	jan/07	818
dez/78	844	fev/07	824
fev/79	814	jan/10	898
dez/82	929	mar/11	1000
jan/83	870	jun/12	832
fev/83	908	abr/13	946
fev/87	836	dez/14	880
jan/89	839	jan/16	922
mar/91	896	mar/16	800
mai/92	814	fev/18	1000
dez/97	988		

Fonte: ANA, 2021.

Conforme relatos jornalísticos citados acima, na última grande inundação, no ano de 2018, foi impossível verificar a exatidão da cota, uma vez que a régua ficou submersa. Uma análise perceptível é que na maior parte das incidências, as inundações ocorreram no período de dezembro a fevereiro, meses característicos de bastante precipitação na região.

Fazendo uma correlação, verifica-se o número de eventos de inundação e os cinquenta e dois anos de série histórica, o rio Aquidauana apresenta uma média de uma inundação a cada 1,80 ano.

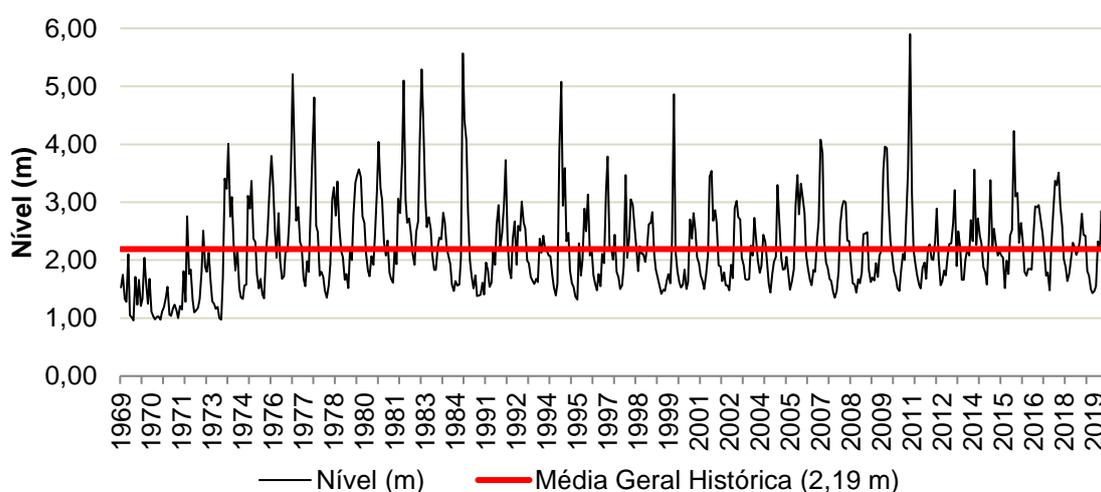
Além disso, foi observado a partir dos dados da série histórica da estação fluvial Aquidauana, 149 registros de alertas nas cidades de Aquidauana e Anastácio para

o rio Aquidauana. Isso ocorre quando o nível do rio ultrapassa os 6,0 metros. Os últimos registros de cheia foram em janeiro e fevereiro de 2021, quando o rio chegou a 7,88 e 7,26, respectivamente, sendo novamente foco de notícias dos jornais locais:

Considerando o contínuo aumento do nível das águas do rio Aquidauana e uma semana de chuvas constantes na região, o município de Aquidauana poderá registrar nesta sexta-feira (22/01) a primeira enchente do ano de 2021. O nível do rio subiu quase 1 metro nas últimas 24 horas, passando de 6,35 metros para 7,26 metros e a previsão é de mais chuva. Autoridades e Defesa Civil estão em alerta. (JORNAL O PANTANEIRO, 2021).

Já quando observado o rio Aquidauana na estação fluvial Palmeiras, o IMASUL (2021) considera uma cota de emergência de 6,5 metros e um nível de alerta a partir de 4,5 metros. Sendo assim, foram analisados os registros da série histórica da estação fluviométrica Palmeiras para identificar a ocorrência das inundações.

Observando os registros diários das cotas da estação fluviométrica Palmeiras na série histórica, o rio Aquidauana apresenta uma cota média mensal de 2,19 m de lâmina de água, chegando a uma cota média mensal máxima de 5,90 m e mínima de 0,96 m, conforme Figura 23, entre jan/1969 e abr/2021.



**Figura 23.** Rio Aquidauana: nível médio mensal na régua de Palmeiras entre jan/1969 e abr/2021 (ANA, 2021).

Ainda mais, analisando os 52 anos da série histórica da estação fluviométrica Palmeiras, é possível observar 12 registros de cotas do rio Aquidauana acima dos 6,5 metros de lâmina d'água, conforme Tabela 03. Esses registros de inundações são condizentes com os acontecimentos da régua instalada na cidade de Aquidauana.

**Tabela 03.** Data (ano e mês) e cota máxima atingida pelo Rio Aquidauana durante a ocorrência de eventos de inundação com base na série histórica da estação fluvial Palmeiras (1969-2021).

<b>Data</b>	<b>Cota (cm)</b>
jan/77	766
dez/77	886
jan/78	763
nov/78	680
fev/83	866
dez/97	768
mar/00	838
nov/01	702
dez/05	655
mar/11	891
jan/16	705
fev/18	714

Fonte: ANA, 2021.

Apesar das grandes inundações ocorrerem em sua maioria nas cidades de Aquidauana e Anastácio, o distrito de Palmeiras, onde fica disposto a estação fluvial Palmeiras também sofre socialmente com as cheias. Foi observado a partir dos dados da série histórica dessa estação fluvial, 106 registros de alertas. Isso ocorre quando o nível do Rio Aquidauana nessa região ultrapassa os 4,5 metros. Em fevereiro 2018, última grande inundação, o Jornal Campo Grande News relatou os prejuízos do distrito, Figura 24:

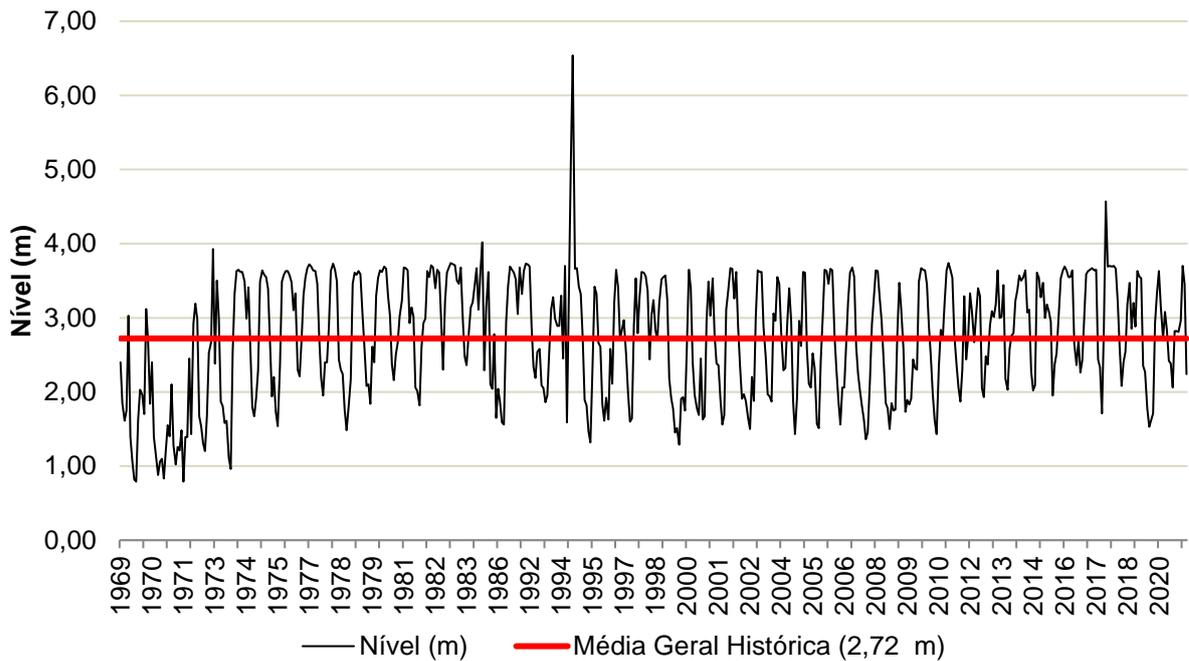
Em Palmeiras - distrito de Dois Irmãos do Buriti -, a cheia do Rio Aquidauana já invadiu cinco chácaras e desabrigou três famílias. Os moradores da região, que somam pouco mais de dois mil, já esperavam pelo período chuvoso desta

época do ano, mas se surpreenderam com intensidade das chuvas e volume de água desta semana. (JORNAL CAMPO GRANDE NEWS, 2018).



**Figura 24.** Cheia em Palmeiras no ano de 2018 (Campo Grande News, 2018).

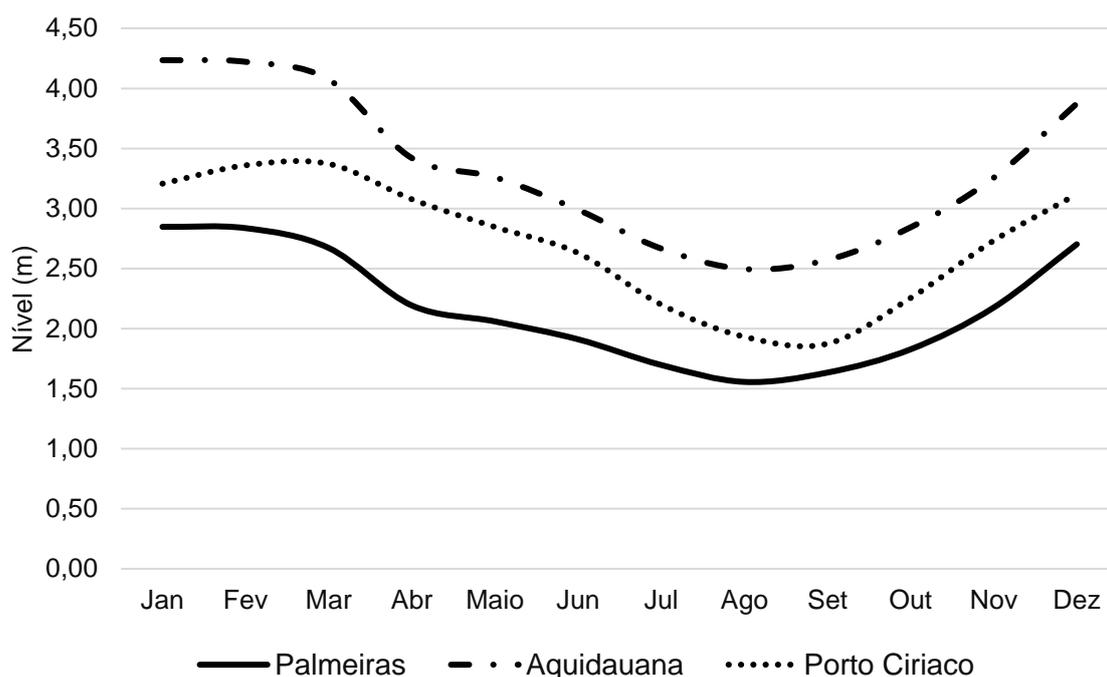
A estação fluvial do Porto Ciríaco, localizada em uma fazenda a 230 km a jusante de Aquidauana, não possui monitoramento de cotas de emergência e de alerta pelo IMASUL. Mesmo assim, observando os registros diários das cotas da estação fluviométrica Porto Ciríaco na série histórica, o rio Aquidauana apresenta uma cota média mensal de 2,72 m de lâmina de água, chegando a uma cota média mensal máxima de 6,54 m e mínima de 0,79 m, conforme Figura 25, entre jan/1969 e abr/2021.



**Figura 25.** Rio Aquidauana: nível médio mensal na régua de Porto Ciríaco entre jan/1969 a abr/2021 (ANA, 2021).

Avaliando o rio Aquidauana nas três estações fluviais estudadas, percebe-se que o nível do rio na fazenda Porto Ciríaco é mais equalizado com a média geral histórica do que os outros, com poucos pontos de inflexão. Segundo Tómas et al. (2013) nessa região do Porto Ciríaco, o rio é caracterizado por barrancos de altura mediana, sendo que o trajeto é mais sinuoso e há maior concentração de meandros abandonados e praias pequenas.

Por fim, foi consolidado o nível médio mensal do rio Aquidauana entre jan/1969 a abr/2021. Analisando a Figura 26, percebe-se que os níveis são mais elevados no período de dezembro a março, meses característicos de bastante precipitação na região.



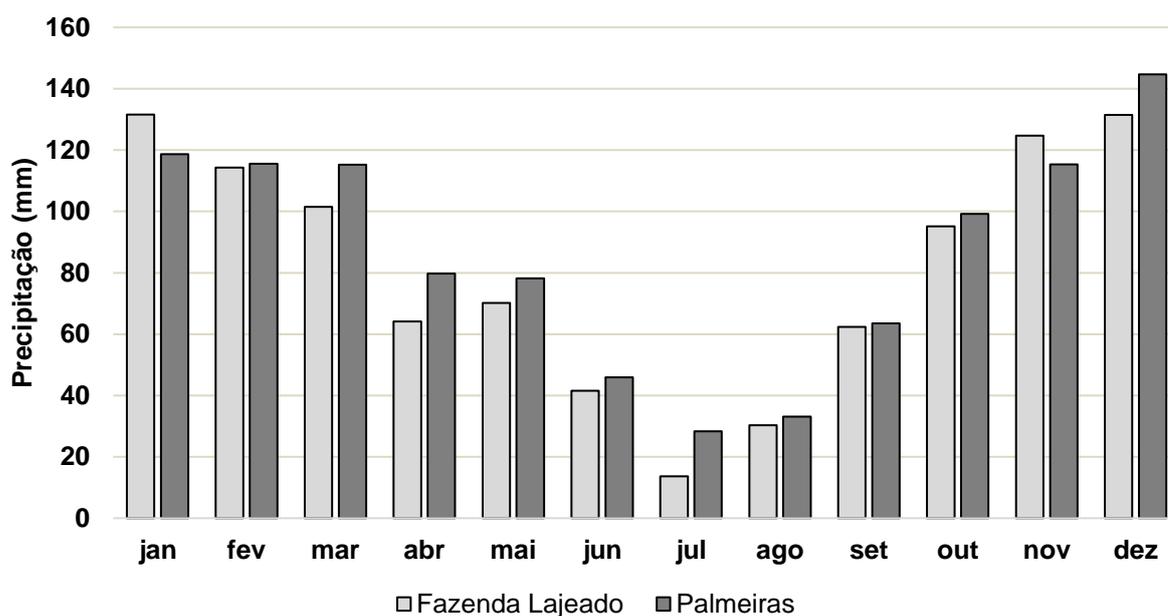
**Figura 26.** Rio Aquidauana: nível médio mensal entre jan/1969 a abr/2021 (ANA, 2021).

Além disso, ao analisar a Figura 28, percebe-se que na régua do rio Aquidauana, a cota do rio é maior que nas demais. Quando comparada à régua do Porto Ciriaco, observa-se que a diferença de cota chega até 1,02 m no mês de janeiro. Isso fica evidenciado pelo fato da régua do Porto Ciriaco estar localizada na planície pantaneira, ou seja, uma zona na qual a água se esparrama por toda a planície, já na régua do rio Aquidauana, o rio ainda está encaixado e recebe influência de outros rios e córregos.

### 4.3. Caracterização das Precipitações Durante as Inundações do Rio Aquidauana

A chuva e suas características físicas é uma das condicionantes mais importantes para estudo no processo de inundação. O rio Aquidauana por ser um dos principais afluentes da bacia hidrográfica do Alto Paraguai, tem influência direta no regime de cheias do Pantanal. A fauna e a flora são impactadas diretamente por esse período de cheia que leva a renovação e sobrevivência das espécies. Os ciclos de inundações interferem na distribuição temporária de diversas espécies e favorecem a vida animal e vegetal das espécies na região do Pantanal.

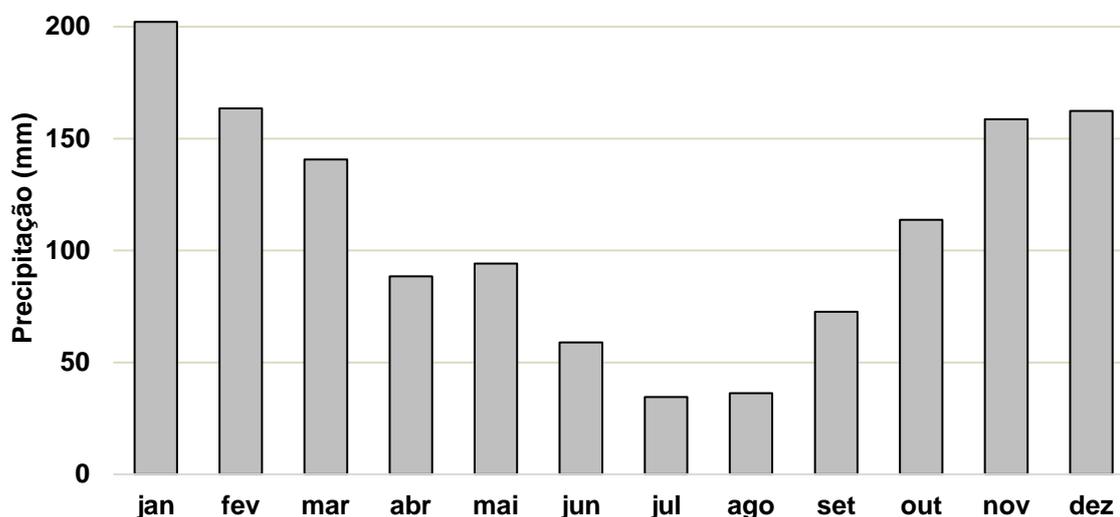
As duas estações pluviométricas analisadas possuem semelhança na distribuição das chuvas ao longo do período analisado. É perceptível que os meses de dezembro e janeiro apresentam os maiores volumes de chuva, sendo na estação Palmeiras uma média de 145 mm em dezembro e 119 mm em janeiro, e na Fazenda Lajeado, 131 mm e 132 mm, respectivamente. O mês de julho é o que apresenta a menor volume de chuva em ambas as estações, sendo a média de 28 mm na estação Palmeiras e 14 na Fazenda Lajeado. Conforme a Figura 27, podemos verificar que o período de outubro a março possui uma distribuição de maior abundância nas chuvas e de abril a setembro, um período menor de volume de chuvas. Com isso, é possível interpretar que na região da bacia do rio Aquidauana, as estações de verão e primavera são as mais chuvosas e outono e inverno mais secos.



**Figura 27.** Média mensal de precipitação nas estações pluviométricas Palmeiras e Fazenda Lajeado entre jan/1977 a abr/2021 (ANA, 2021).

Quando observados os dados da cidade de Aquidauana/MS, Figura 28, e comparados aos dados das estações pluviométricas estudadas, é perceptível visualizar que a distribuição da média mensal é semelhante. Pelo aplicativo Somar Meteorologia, o mês

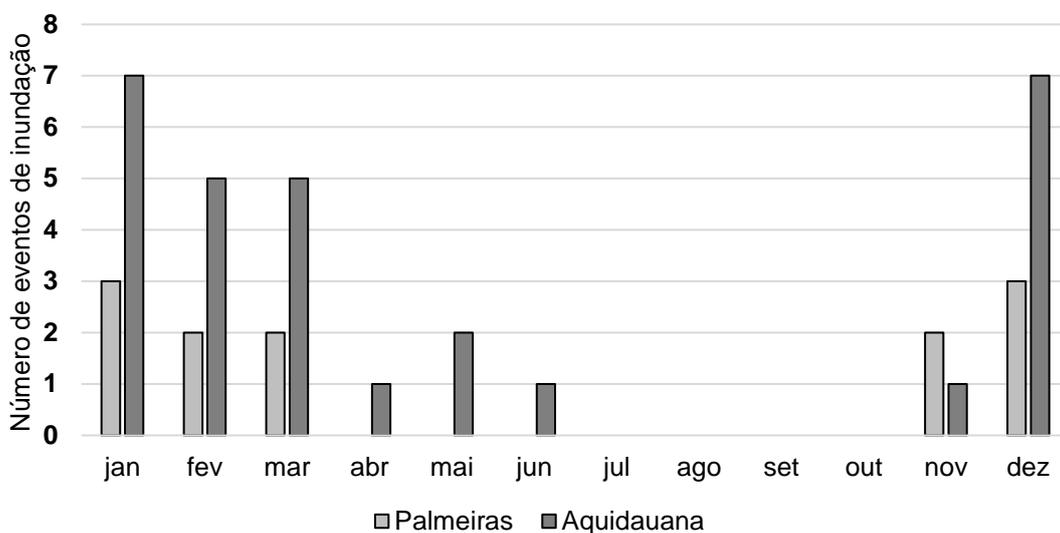
de janeiro apresenta um maior período de chuvas, sendo 202 mm, no intervalo de jan/2000 a out/2021, e o mês de julho o período com menor volume, 35 mm, resultando uma diferença de 167 mm entre o mês mais chuvoso e o menos.



**Figura 28.** Média mensal de precipitação na cidade de Aquidauana entre jan/2000 a out/2021 (SOMAR METEOROLOGIA, 2021).

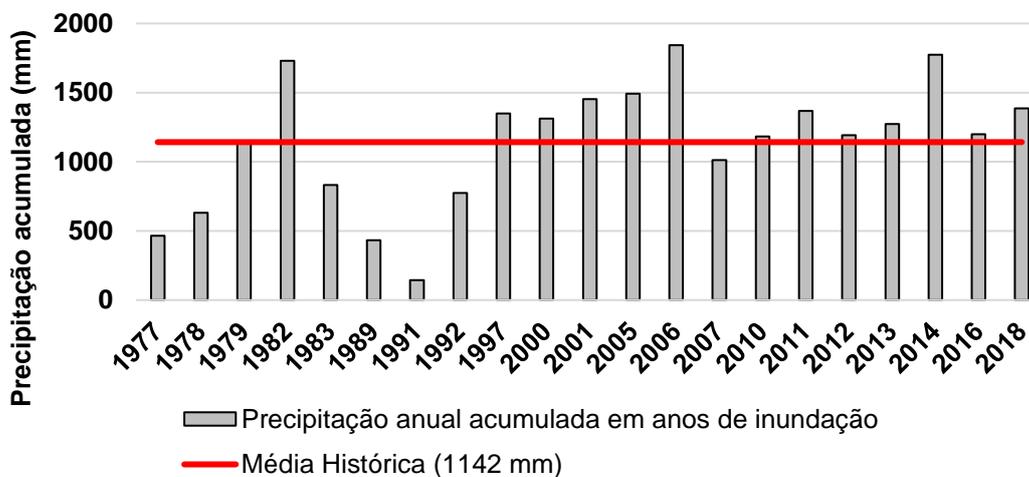
Com o levantamento histórico dos registros das inundações já realizado anteriormente, foi possível visualizar os meses de maior incidência dos eventos de inundação para assim comparar com as precipitações. Conforme a Figura 29, de forma geral, a distribuição de ocorrência de inundações é muito semelhante à distribuição de precipitação no rio Aquidauana, ou seja, isso caracteriza que a precipitação pode ser um dos condicionantes essenciais para as inundações na região.

Ressalta-se ainda que os maiores índices de precipitações pluviométricas estão ligados ao período Primavera-Verão, sendo os meses de janeiro e dezembro os mais críticos, tanto nas precipitações quanto nas incidências de inundações.



**Figura 29.** Ocorrência de eventos de inundação em cada mês no Rio Aquidauana, com base nas estações fluviais Palmeiras e Aquidauana, no período de jan/1969 a abr/2021 (ANA, 2021).

Após entendimento das principais precipitações do rio Aquidauana, foram realizados os totais pluviométricos anuais, sendo a média das estações pluviométricas Palmeiras e Fazenda Lajeado, ao longo dos anos mais críticos. A média histórica anual de precipitação nos anos de inundações foi de 1142 mm, conforme Figura 30.



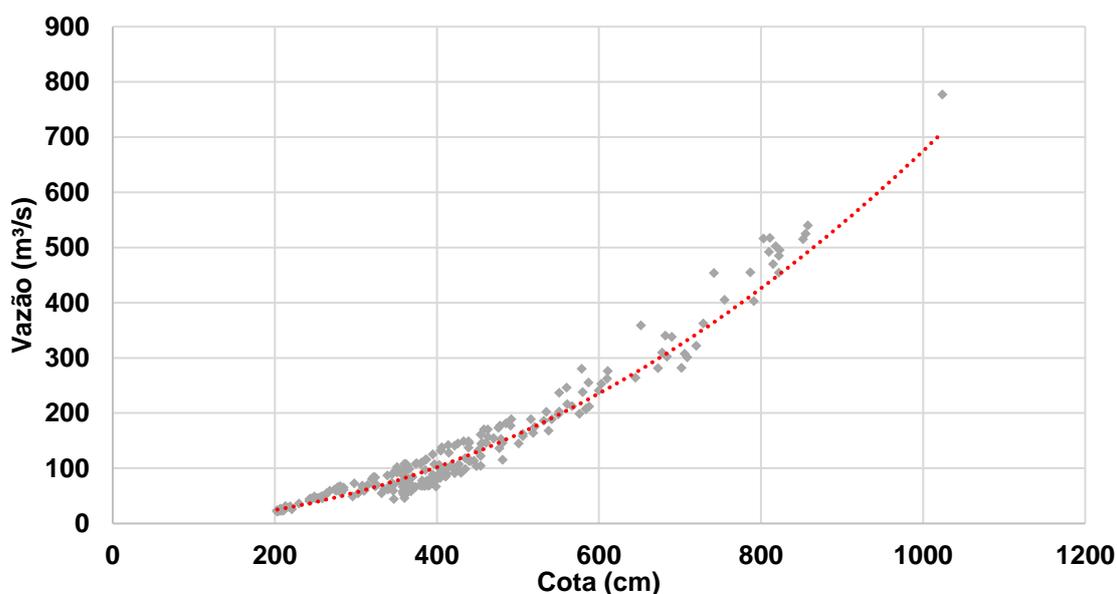
**Figura 30.** Precipitação anual do Rio Aquidauana em anos de ocorrência de inundações (ANA, 2021).

Nota-se que os anos com registro de inundação não necessariamente possuem o seu total de precipitação acima da média histórica. Observa-se, então, que em alguns anos de inundações, os totais anuais ultrapassaram em mais de 600 mm a média histórica, como por exemplo, 1982, 2006 e 2014, e em outros, ficaram abaixo de 200 mm, como 1983 e 1992.

Pontua-se, ainda, que em 1976 e 1986, anos de grandes inundações, não foram sinalizados no recorte anterior por falta de dados nas estações pluviométricas. Além disso, o ano de 1991 possui falhas em alguns meses na sua série histórica.

#### 4.4. Análise da Dinâmica das Vazões do Rio Aquidauana

A partir da análise dos dados de vazão do rio Aquidauana, gerou-se a curva-chave da estação fluviométrica Aquidauana para entender a espacialidade entre cota x vazão do rio. Conforme o gráfico da Figura 31, entende-se que quando o rio está em sua cota média histórica, 3,32 m, a estimativa de vazão no rio é de 108,16 m<sup>3</sup>/s e quando o rio atinge sua cota de inundação, 8,0 m, a estimativa da vazão chega a 490 m<sup>3</sup>/s.

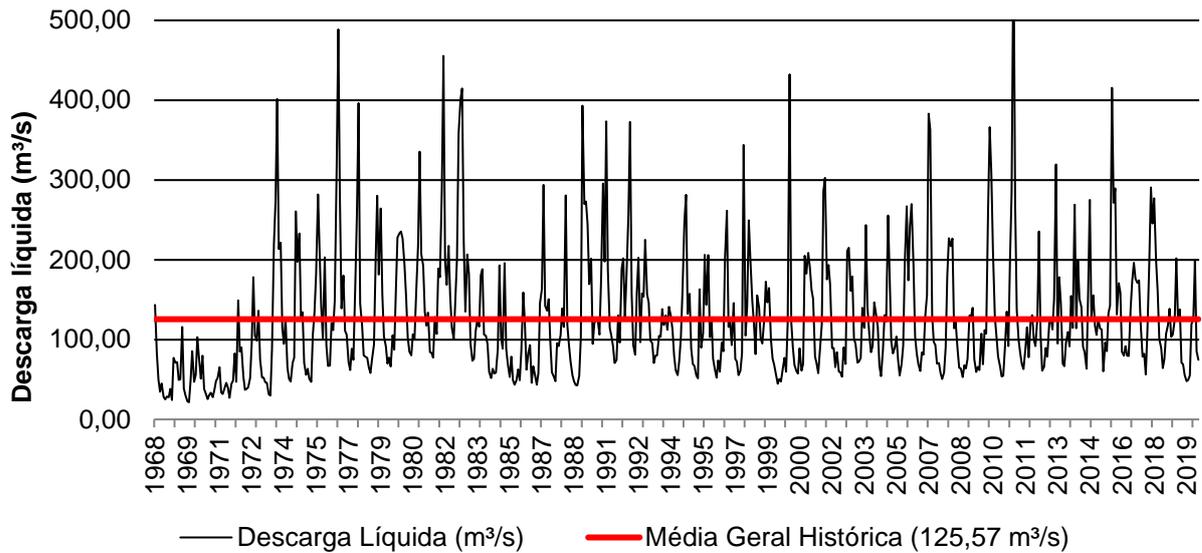


**Figura 31.** Curva-chave (cota x vazão) do Rio Aquidauana na estação fluvial Aquidauana no período de jan/1968 a abr/2020 (ANA, 2021).

Analisando, ainda, a curva-chave da estação fluvial Aquidauana, observa-se que a partir dos 6 m, há uma dispersão de valores de vazão com períodos mais intervalados. Isso ocorre quando o rio está em fase de alerta e em risco de transbordamento da vazão do seu canal principal, pois quando há sobreposição do seu leito normal, a água sofre mudanças de volume de acordo com as características geomorfológicas do entorno do canal, fazendo com que as medições de vazão se tornem mais dificultosas.

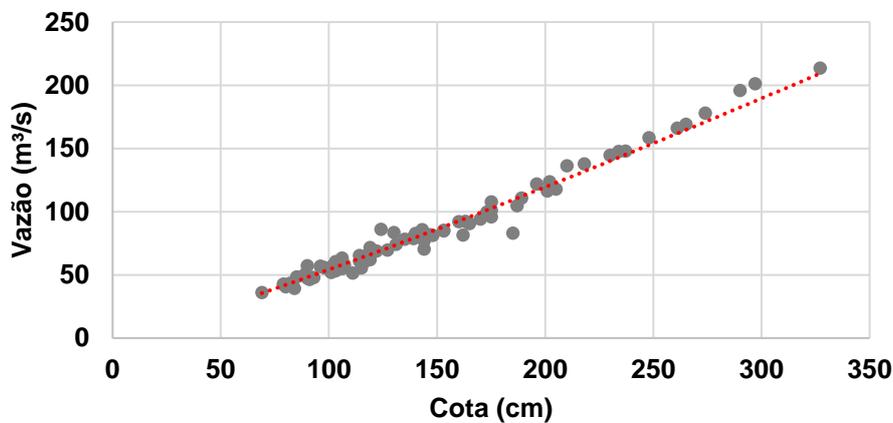
A vazão média histórica da estação fluvial Aquidauana é 125,57 m<sup>3</sup>/s, conforme Figura 32. O período até 1974 é caracterizado pelos mais baixos valores de vazão da série histórica. A partir disso, há um processo cíclico com grandes picos de média. Conforme Silva (2010), o aumento entre vazão máxima e mínimo pode ser explicado de duas maneiras, sendo a primeira pelo aumento das precipitações no período úmido e diminuição no período seco ou pela alteração do escoamento superficial.

Em alguns anos, como 1976, 1982, 2000 e 2011, verifica-se que a média de vazão mensal possui grandes picos, e relembra-se que esses anos tivera registros de grandes eventos de inundação. Sendo assim, acredita-se que existiu um grande volume de precipitação aliado as modificações temporais que afetaram o escoamento, evapotranspiração e infiltração. Além disso, ao tabular os dados, verificou-se que as vazões médias dessa estação possuem ao longo do ano uma boa semelhança as médias de precipitação. No estudo de Curado (2003), relata-se também a observação dessa relação, na qual, os meses de Primavera-Verão possuíam maiores vazões médias.



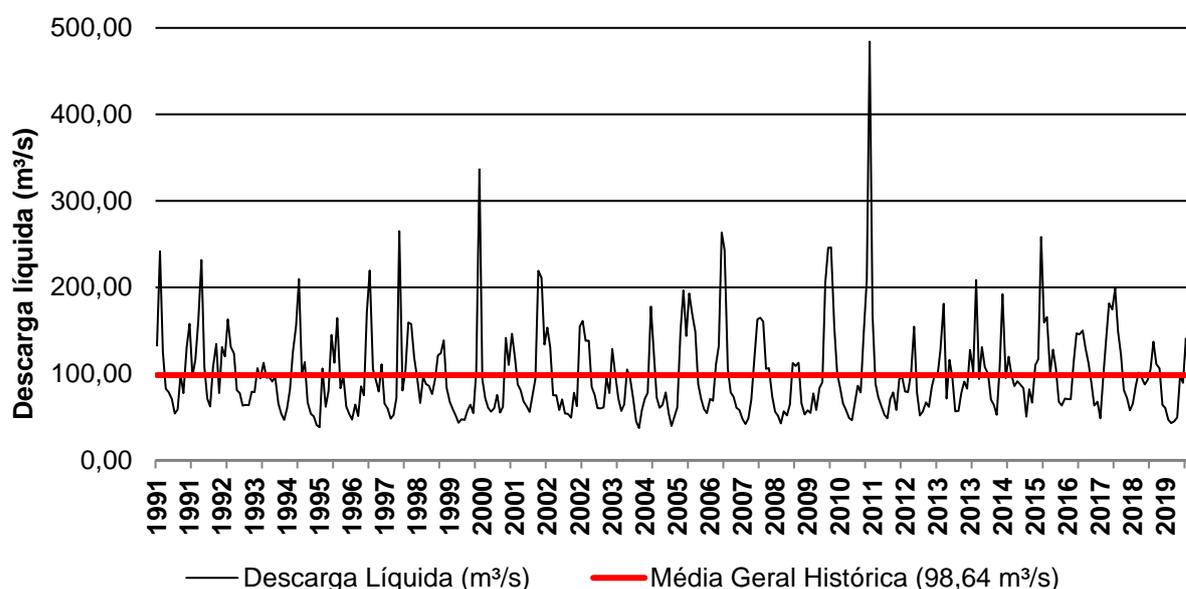
**Figura 32.** Rio Aquidauana: descarga líquida média mensal na estação fluvial Aquidauana no período de jan/1968 a abr/2020 (ANA, 2021).

Já para a curva-chave da estação fluviométrica Palmeiras, analisou-se pelos dados que o rio Aquidauana em sua cota média, 2,19 m, a estimativa de vazão no rio é de 91,98 m<sup>3</sup>/s e quando o rio atinge sua cota de inundação, 6,5 m, estima-se que a vazão chega a 409,68 m<sup>3</sup>/s. A base de dados da estação fluviométrica Palmeiras apresenta falhas e poucas representações, apenas a partir de 1991, conforme podemos verificar na Figura 33.



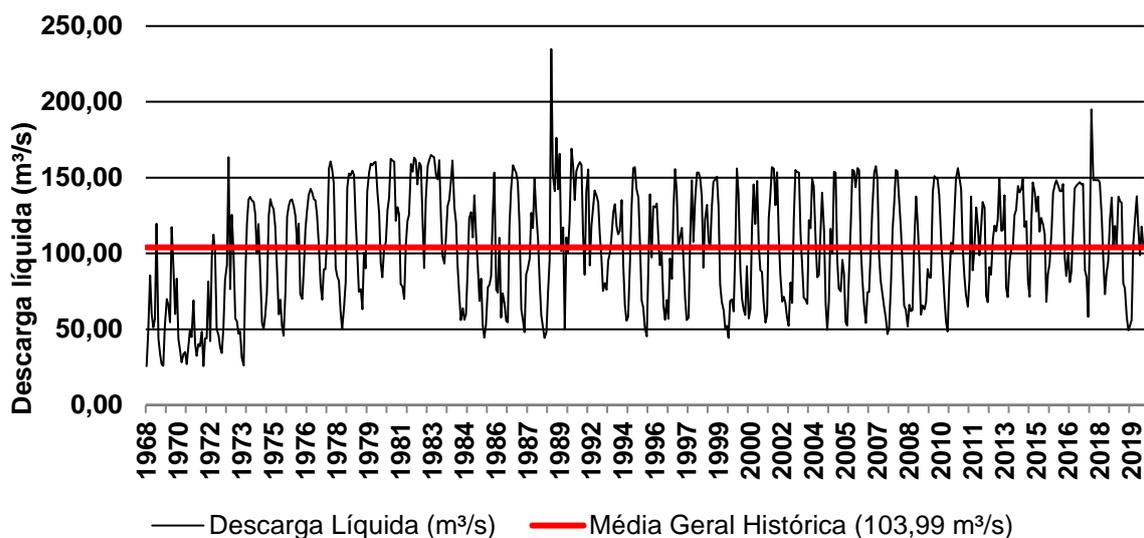
**Figura 33.** Curva-chave (cota x vazão) do Rio Aquidauana na estação fluvial Palmeiras no período de fev/1991 a fev/2020. (ANA, 2021).

A vazão média geral de descarga líquida mensal da estação fluvial Palmeiras é 98,64 m<sup>3</sup>/s, conforme Figura 34. Verifica-se que em todo o período histórico, a descarga líquida possui uma constância entre máximos e mínimos, sendo que no final do ano de 2010 e início de 2011, a média de vazão mensal teve um salto de quase 400 m<sup>3</sup>/s. É importante ressaltar que nesse mesmo período, houve um grande volume de precipitação, caracterizando-se como uma das maiores inundações da região.

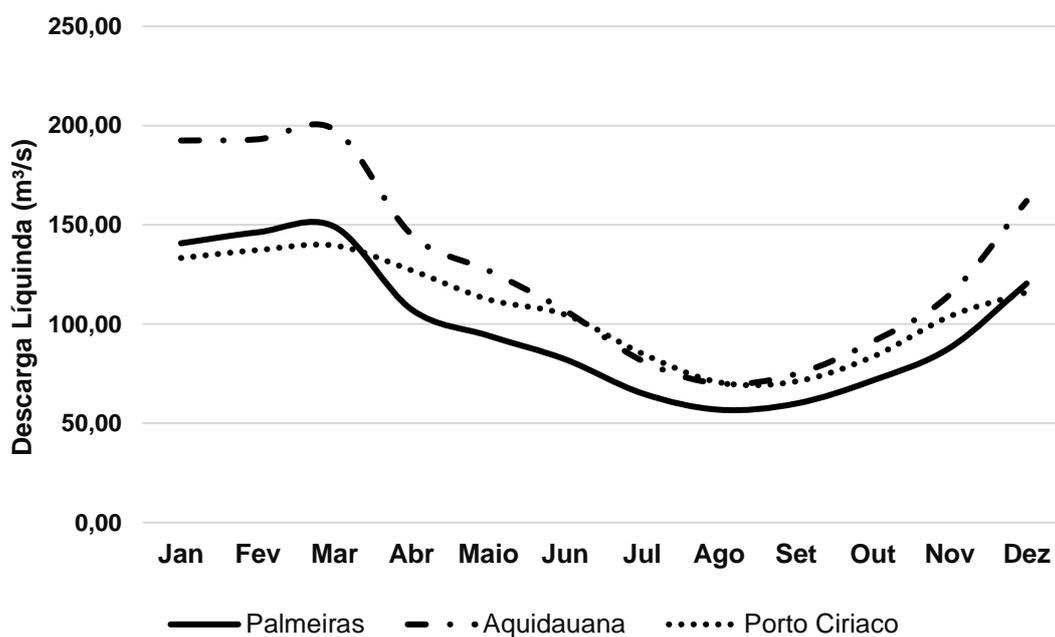


**Figura 34.** Rio Aquidauana: descarga líquida média mensal na estação fluvial Palmeiras no período de fev/1991 a abr/2020 (ANA, 2021).

Na estação fluvial Porto Ciríaco, a média histórica de descarga líquida é 103,99 m<sup>3</sup>/s, conforme Figura 35. Observa-se que as vazões médias dessa estação são distribuídas e equilibradas. Os anos de 1988 e 2018 são os anos que apontam vazões acima da média e provavelmente está relacionado ao volume de chuva na região.



**Figura 35.** Rio Aquidauana: descarga líquida média mensal na estação fluvial Porto Ciriaco no período de nov/1968 a jun/2020 (ANA, 2021).



**Figura 36.** Rio Aquidauana: descarga líquida média mensal nas estações (ANA, 2021).

Por fim, consolidou-se um gráfico de descarga líquida mensal do rio Aquidauana de todas as estações fluviais entre jan/1992 a dez/2019. Analisando a Figura 36, percebe-se que as vazões nas três estações são bem similares, possuem níveis mais

elevados no período de dezembro a março, meses característicos de bastante precipitação na região e que a partir de abril, o escoamento vai diminuindo gradativamente.

O mês de agosto em todas as estações é o mês com menor descarga líquida. Normalmente, nesses meses, o baixo nível dos rios acaba comprometendo a pesca de iscas e impactando socialmente toda a população ribeirinha que vive dessa atividade econômica.

## **5. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A bacia hidrográfica do Rio Aquidauana apresenta uma diversidade muito rica de vários fatores: fauna, flora, aspectos sociais e econômicos, hidrografia e outros. Porém, também conta com intempéries naturais e de ação antrópica que foram marcando e afetando a população às margens do rio.

Ao longo desse trabalho que teve como objetivo analisar os processos de inundação do Rio Aquidauana, seus impactos nas cidades de Aquidauana e Anastácio, foi possível, até então, compreender alguns fatores importantes para ocorrência de cheias. De modo geral, percebe-se na análise das precipitações, vazões e características da bacia que as inundações são causadas por chuvas de grande volume, em épocas específicas: estações de verão e primavera mais chuvosas e outono e inverno mais secos, além disso, por suas características geomorfológicas, as cidades que estão mais encaixadas na planície pantaneira no médio-baixo curso do rio Aquidauana são as que mais sofrem com as inundações e enchentes.

Em razão dessas características, entende-se a importância da implantação de políticas públicas mais eficazes em relação ao rio Aquidauana, desde à melhoria da qualidade de vida dos ribeirinhos até o planejamento urbano no Código de Obras da cidade com o objetivo de minimizar os prejuízos sociais e econômicos. Não se esquecendo também da conservação e proteção do rio Aquidauana e toda representação cultural e ambiental que ele representa para a diversidade da região e do Pantanal.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agência Nacional de Águas (ANA), 2016. **Relatório Hidrológico**.

Agência Nacional de Águas (ANA), **HIDROWEB**, [www.ana.gov.br](http://www.ana.gov.br) Acesso: 25/10/2021.

ALERTA: Rio Aquidauana poderá registrar enchente já nesta sexta-feira. **Jornal O Pantaneiro**, 2021. Disponível em: <https://www.opantaneiro.com.br/aquidauana/alerta-rio-aquidauana-podera-registrar-enchente-ja-nesta-sexta-feira/165069/> Acesso: 28/10/2021.

ALVARES, C.A., STAPE, J.L., SENTELHAS, P.C., GONÇALVES, J.L.M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

AMARAL, R.; RIBEIRO, R. R. Inundação e Enchentes. In: TOMINAGA, L. K.; SANTORO, J.; AMARAL, R. **Desastres Naturais: conhecer para prevenir**. 2º ed. São Paulo: Instituto Geológico, 2012. cap. 3. p. 39 -52.

ANDRADE, J. P. M. de. **Previsão hidrometeorológica visando sistema de alerta antecipado de cheias em bacias urbanas**. Dissertação de Mestrado em Hidráulica e Saneamento. São Carlos: Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2006.

ARTIGAS, E. F. **Inundações no espaço urbano da cidade de Aquidauana-MS**. Trabalho de Conclusão de Curso. (Graduação em Geografia). Aquidauana: Universidade Federal de Mato Grosso do Sul/Campus de Aquidauana, 2011.

ARTIGAS, E. F.; LOUBET, E. N.; ANDRADE, V. S. da A. Inundações e Riscos na cidade de Aquidauana- MS, **Territorium**, n. 19, 2012. p. 55 -62.

ARTIGAS, E.F. **Inundações no Espaço Urbano da Cidade de Aquidauana-MS**. Universidade Federal do Mato Grosso do Sul. Aquidauana, 2010. (Monografia para conclusão de curso).

ARTIGAS, E. F.; ANDRADE, V. S. da A. A Vulnerabilidade Espacial Climática Na Cidade De Aquidauana–MS/Brasil **Revista Geográfica de América Central**, vol. 2, 2011, pp. 1-19.

BARBOSA, F. A. R.; PAULA, J. A.; MONTE-MÓR, R. L. M. A Bacia Hidrográfica como Unidade de Análise e Realidade de Integração Disciplinar. In: BARBIERI, A. F. et. al. **Biodiversidade, População e Economia: uma região de Mata Atlântica**. Belo Horizonte: CEDEPLAR/ECMVS/UFMG, 1997.

BERTONI, J.C.; TUCCI, C.E.M. Precipitação. In: TUCCI, C.E.M. **Hidrologia ciência e aplicação**. Porto Alegre: ABRH, 1993. p.177-242.

BOLETIM Mensal de Janeiro/2021. **Imasul**, 2021. Disponível em: <https://www.imasul.ms.gov.br/wp-content/uploads/2021/06/Boletim-mensal-de-Jan-2021-1.pdf> Acesso: 20/10/2021.

CARDOZO, F. S. **Análise das áreas suscetíveis a inundações e escorregamentos na bacia do Rio Forquilhas, São José/SC**. Dissertação de Mestrado. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2009.

**Censo Brasileiro de 2010**. Rio de Janeiro: IBGE, 2012. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE).

CHEIA do Rio Aquidauana ultrapassa 10 metros. **Capital News**, 2018. Disponível em: <https://www.capitalnews.com.br/cotidiano/cheia-do-rio-aquidauana-ultrapassa-10-metros/314206> Acesso em: 28/10/2021.

CHEIA invade chácaras e desabriga famílias em Palmeiras. **Campo Grande News**, 2018. Disponível em: <https://www.campograndenews.com.br/cidades/interior/cheia-invade-chacararas-e-desabriga-familias-em-palmeiras> Acesso: 28/10/2021.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. 2º ed. São Paulo: Editora Blucher, 1980. 188p.

COELHO NETO, A. L. Hidrologia de Encosta na Interface com a Geomorfologia. In: CUNHA, S. B.; GUERRA, A. J. T. **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 6º ed. cap. 3. p. 93 – 148.

CRISTALDO, M. F.; SOUZA, C. C. ; JESUS, L. ; OLIVEIRA, P. T. S. ; PADOVANI, C. ; VIGANO, H. H. G. . Previsão probabilística de enchentes para uma pequena bacia hidrográfica do Pantanal. **Revista Ambiente e Água**, v. 13, p. e1988, 2018.

CUNHA, S. B.; GUERRA, A. J. T. **Geomorfologia e meio ambiente**. 6<sup>o</sup>ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2006.

CURADO, L. C. **Indicadores de vazões mínimas de referência em sub bacias do rio Miranda**. Mestrado, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, 2003.

DA PAZ, A. R. **Hidrologia Aplicada**. Caxias do Sul: [s.n.] 2004. 138p.

DOS SANTOS, F. C., LOUBET, E., ANUNCIACÃO, V.S.A. (2012). Chuva e imprensa na cidade de Aquidauana-MS no período de 1978 A 2011. **Revista Geonorte**, 3(4), 552 - 565.

EMBRAPA (2006). **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS)**. SPI, EMBRAPA, 412p.

ENCHENTE desabriga e assusta moradores. **Jornal o Pantaneiro**, Aquidauana, 17 nov. 2001. p. 7.

ENCHENTE desabriga em Aquidauana e Anastácio. **Jornal o Pantaneiro**, Aquidauana, 18 mar. 2000. p. 5.

ENCHENTE do Rio Aquidauana desabriga centenas de pessoas. **Jornal o Pantaneiro**. Aquidauana, 03 de dezembro de 1965.

ENCHENTE do rio Aquidauana desabriga centenas de pessoas. **Jornal o Pantaneiro**, Aquidauana, 4 dez.1965. p. 4.

ENCHENTE do rio Aquidauana desabriga centenas de pessoas. **Jornal o Pantaneiro**, Aquidauana, 4 dez.1965. p. 4.

FACINCANI, E. M.; ASSINE, M. L., SILVA, A., ZANI, H. ARAÚJO, B. C., MIRANDA, G. M. **Geomorfologia Fluvial do Leque do Rio Aquidauana, Borda Sudeste do Pantanal, MS**. Anais do 1<sup>o</sup> Simpósio de Geotecnologia no Pantanal, Campo grande, p. 175-181, 2006.

FERNANDES, E. F. De L.; ANUNCIACÃO, V. S. Da; SILVA, J. F. Da. Vulnerabilidade Socioespacial na Planície de Inundação na Cidade de Aquidauana/MS – Brasil. **Territorium**, n. 22, 2015, p. 177 – 194.

FERNANDES, E. F. L. 2013. **Análise Socioambiental da Planície de Inundação do Rio Aquidauana: Riscos e Extremos Climáticos Repercutidos na Cidade de Aquidauana/MS. Dezembro de 2013.** Monografia. Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Aquidauana, 141p.

FERRAZ, R.G.B. 2006. **Antropização da Bacia Hidrográfica do Rio Miranda: Alterações climáticas, recursos naturais e desenvolvimento.** Dissertação de Mestrado. Universidade Católica Dom Bosco. Campo Grande, MS.

GARCIA, P.R. **Mapeamento Geotécnico: Definição da Adequabilidade do Meio Físico à Ocupação Urbana, UFMS, Dissertação de Mestrado, 2005.**

GREGÓRIO, E. C. **Megaleque fluvial do aquidauana e suas mudanças ambientais no quaternário, borda sudeste do pantanal mato-grossense.** Dissertação de Mestrado, 2016. Universidade Federal do Mato Grosso do Sul. Aquidauana, 2010.

IBGE - **EMBRAPA - Mapa de Solos do Brasil.** Rio de Janeiro: IBGE, 2001 - Escala 1:5.000.000.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Monitoramento da Cobertura e Uso da Terra, 2018.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Recuperação e Compatibilização do Projeto RADAMBRASIL Tema Vegetação, 2017.

Instituto do Meio Ambiente de Mato Grosso do Sul/IMASUL. 2012. **Relatório de qualidade de águas superficiais de Mato Grosso do Sul, 2009/10.** Campo Grande: IMASUL, p. 65-107.

JÓIA, P. R.; ANUNCIACÃO, V. S. Inundações urbanas e vulnerabilidade socioespacial na cidade de Aquidauana. **Geografia (Londrina)**, v. 22, n. 2 p. 05-23, 2013.

JÓIA, P. R.; ANUNCIACÃO, V. S.; PAIXÃO, A. A. Implicações do uso e ocupação do solo para o planejamento e gestão ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Aquidauana,

Mato Grosso do Sul. **Interações (Campo Grande)**. Campo Grande, v. 19, n. 2, p. 343 – 358, 2018.

JÓIA, P.R.; ANUNCIACÃO, V.S.; PAIXÃO, A.A. 2017. **Implicações do uso e ocupação do solo para o planejamento e gestão ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Aquidauana, Mato Grosso do Sul**. *Interações*, v. 19, n. 2, p. 343-358.

LOUREIRO, R. L., LIMA, J. P. S., FONZAR, B. C. *Vegetação: As regiões Fitoecológicas, Sua Natureza e Seus Recursos Econômicos*. Ministério das Minas e Energias. Secretaria Geral. **Projeto RADAMBRASIL: Geologia, Geomorfologia, Pedologia, Vegetação e Uso Potencial da Terra**. Folha SE. 21 Corumbá e parte da Folha SE. 20. Rio de Janeiro, 1982.

NEVES, J. 2007. **Um Porto Para o Pantanal: a fundação de Aquidauana: civilização e dependência**. Campo Grande. Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, 156p.

NÍVEL do Rio Aquidauana ultrapassa os 10m e deixa município em alerta geral. **Jornal O Pantaneiro**, 2018. Disponível em: <https://www.opantaneiro.com.br/niveis-dos-rios/nivel-do-rio-aquidauana-ultrapassa-os-10m-e-%20%20deixa-municipio-em-alerta/137247/> Acesso: 28/10/ 2021.

NOGUEIRA, V.L. et al. **Projeto Bonito-Aquidauana, Relatório Final**. Goiânia, DNPM/CPRM, 1978. 14 v. (Relatório do Arquivo Técnico da DGM. 2744), v. 1.

PCBAP. **Plano de Conservação da Bacia do Alto Paraguai**. Estudos hidrológicos da Bacia do Alto Paraguai. Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal. Brasília: Volumes: I. 73 p. II, Tomos I e II-A. 1997.

PEREIRA, M. C. B et al. **Bacia Hidrográfica do Rio Miranda: estado da arte**. Campo Grande: UCDB, 2004.

Plano de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Paraguai, SNIRH, 2019.

POTT, A., DAMASCENO-JUNIOR, G. A., SILVA, M. P; Características da Bacia Hidrográfica do Rio Miranda. **Revista GeoPantanal**, 2014.

QGIS.org, 2021. QGIS Geographic Information System. **QGIS Association**. <http://www.qgis.org>

RODRIGUES, L. P.; LITE, E. F. 2018. ZONEAMENTO AMBIENTAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO ACÔGO (MS). **Geoambiente On-Line**, (31).

SABUGO, J. M. V., NOVAIS, J. A. C. Uso Potencial da Terra: Capacidade de Uso Dos Recursos Naturais Renováveis. In. Brasil. Secretaria Geral. **Projeto RADAMBRASIL: Geologia, Geomorfologia, Pedologia, Vegetação e Uso Potencial da Terra**. Folha SE. 21 Corumbá e parte da Folha SE. 20. Rio de Janeiro, 1982.

SANTOS, E.T. dos; XIMENES, L.S.V.; PAIXAO, A.A. Impactos da inundação do rio Aquidauana (MS) sobre o ambiente e a saúde da população ribeirinha em 2016. In: **6º Simpósio de Geotecnologias no Pantanal, 2016, Cuiabá/MT**. Campinas: EMBRAPA, 2016. v. 1. p. 21-40.

SECRETARIA DE ESTADO DE MEIO AMBIENTE, DO PLANEJAMENTO E DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA (SEMACE)/ INSTITUTO DE MEIO AMBIENTE DE MATO GROSSO DO SUL (IMASUL). **Diagnóstico da bacia hidrográfica do rio Miranda**. Campo Grande, MS, 2013.

SECRETARIA DE PLANEJAMENTO E COORDENAÇÃO GERAL (SEPLAN-MS). **Atlas Multirreferencial do Estado de Mato Grosso do Sul**. Campo Grande, MS: SEPLAN/IBGE, 1990.

SILVA, A. **Geomorfologia do megaleque do rio Paraguai, Quaternário do Pantanal Mato-Grossense, Centro-Oeste do Brasil**. Doutorado, Universidade Estadual Paulista, 2010.

SILVA, A. M. da. **Relações entre os processos erosivos e sedimentológicos de bacia hidrográfica em função das características físicas e de uso do solo estudadas através de técnicas de Geoprocessamento**. 1999. 247fls. Tese (Doutorado em Ciências de Engenharia Ambiental) – Escola de Engenharia Ambiental de São Carlos, São Carlos - SP.

SILVA, J. S.V.; POTT, A; ABDON, M.M.; POTT, V.J.; SANTOS, K.R. Projeto GeoMS: Cobertura vegetal e uso da terra do Estado de Mato Grosso do Sul. **Embrapa Informática Agropecuária**, Campinas, 2011.

SILVEIRA, A. L. L. Ciclo Hidrológico e Bacia Hidrográfica. In: TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. 1. ed. Porto Alegre: Editora da Universidade: ABRH: EDUSP, 1993. Cap. 2. p. 35 – 53.

SOMAR METEOROLOGIA, 2021.

TOMÁS, W.; BORGES, P. A. L.; ROCHA, H. J.; FLOREZ FILHO, R. S.; KUTCHENSKI JÚNIOR, F.; UDRY, T. V. **Potencial dos rios Aquidauana e Miranda, no Pantanal de Mato Grosso do Sul, para a conservação da ariranha**. (Pteronura brasiliensis).

TONELLO, K. C. **Análise hidroambiental da bacia hidrográfica da cachoeira das Pombas, Guanhães, MG**. 2005. 69f. Tese (Doutorado em Ciências Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

**Topodata: banco de dados geomorfométricos do Brasil**. Variáveis geomorfométricas locais. São José dos Campos, 2008. <http://www.dsr.inpe.br/topodata/>

TUCCI, C. E. M. 2002. **Regionalização de vazões**. Porto Alegre, Ed. UFRGS, p. 256.

TUCCI, C. E. M. **Controle de enchentes**. In: Hidrologia, Ciência e Aplicação. Porto Alegre: UFRGS, 2º ed. Vol. 4. Abra editora, cap. 16, p. 621 – 658, 1997.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. 3.ed. Porto Alegre: ABRH, 2004. 943 p.

VALENTE, A. L. S. Uma metodologia para determinação de áreas de risco, através de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto. In: **Anais VII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**. Salvador, Brasil, INPE, 1996, p. 417 – 420.

VILLELA, S. M.; MATTOS, A. **Hidrologia aplicada**. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1975, p. 237.

ZAVATTINI, J. A. Dinâmica climática no Mato Grosso do Sul. **Geografia**, Rio Claro, v. 17, n. 2, p. 65-91, out. 1992.