



A importância das unidades geológicas para o abastecimento hídrico do pantanal de Cáceres, Mato Grosso, Brasil

The importance of geological units for the water supply of the pantanal of Cáceres, Mato Grosso, Brazil

La importancia de las unidades geológicas para el suministro de agua del pantanal de Cáceres, Mato Grosso, Brasil

Thales Ernildo de Lima  

Universidade do Estado de Mato Grosso– UNEMAT, Cáceres (MT), Brasil
lima.thales@outlook.com

Cristiane da Silva Lima  

Universidade do Estado de Mato Grosso– UNEMAT, Cáceres (MT), Brasil
cristiane-silva89@hotmail.com

Celia Alves de Souza  

Universidade do Estado de Mato Grosso– UNEMAT, Cáceres (MT), Brasil
celiaalves@unemat.br

Resumo

O conhecimento da ocorrência geológica de uma bacia hidrográfica é importante, pois contribui para o sistema fluvial. O presente estudo objetivou caracterizar a ocorrência geológica na bacia do Alto Paraguai, sua influência na disponibilidade de água e manutenção do Pantanal de Cáceres, Mato Grosso, Brasil. Os procedimentos de caracterização das unidades geológicas por meio dos relatórios técnicos CPRM (geodiversidade) e a densidade de drenagem da Bacia do Alto Paraguai foram realizados a partir da inserção e recorte da rede de drenagem. Para o levantamento de dados e o mapeamento dos aspectos geológicos, usaram-se as informações disponibilizadas nos relatórios técnicos CPRM e RADAMBRASIL. Os dados/arquivos foram processados e manipulados em ambiente do software *ArcGIS*, versão 10.3. A obtenção/elaboração do mapa de densidade foi realizada pela inserção e recorte da rede de drenagem, utilizando o *ArcGis*. Os resultados obtidos mostraram que, na área de recarga/captação, destacam-se as ocorrências litológicas a Formação Utariti, a Formação Araras e a Suíte Intrusiva Santa Helena. As demais ocorrências litológicas propiciam o escoamento superficial. A densidade



de drenagem variou de baixa a muito alta. O estudo sobre a influência geológica na disponibilidade de água é fundamental ao planejamento e à gestão.

Palavras-chave: Pantanal de Cáceres. Geologia. Bacia do Alto Paraguai. Densidade de drenagem.

Abstract

The study of the geological occurrence of a hydrographic watershed is important, as it shows the contribution to the river system. This study aimed to characterize the geological occurrence in the Upper Paraguay watershed, its influence on water availability and maintenance of the Pantanal de Cáceres, Mato Grosso – Brazil. The procedures for characterization of geological units through technical reports CPRM (geodiversity), the drainage density of the Upper Paraguay watershed was performed through the insertion and cutting of the drainage network. For data collection and mapping of geological aspects, it used the information provided in the technical reports CPRM and RADAMBRASIL. Data/files were processed and manipulated in ArcGIS software environment, version 10.3. Obtaining/preparing the density map was performed by inserting and cutting out the drainage network, using ArcGis. The results obtained showed that the recharge/abstraction area stands out for the lithological occurrences of the Utiariti Formation, the Araras Formation and the Santa Helena Intrusive Suite. The other lithological occurrences provide surface runoff. The drainage density ranged from low to very high. Studying the geological influence on water availability is fundamental to planning and management.

Keywords: Pantanal de Cáceres. Geology. Upper Paraguay watershed. drainage density.

Resumen

El estudio de la ocurrencia geológica de una cuenca hidrográfica es importante, ya que muestra la contribución al sistema fluvial. Este estudio tuvo como objetivo caracterizar la ocurrencia geológica en la cuenca del Alto Paraguay, su influencia en la disponibilidad de agua y el mantenimiento del Pantanal de Cáceres, Mato Grosso - Brasil. Los procedimientos de caracterización de unidades geológicas mediante informes técnicos CPRM (geodiversidad), se realizó la densidad de drenaje de la Cuenca del Alto Paraguay mediante la inserción y corte de la red de drenaje. Para la recolección de datos y mapeo de aspectos geológicos se utilizó la información proporcionada en los informes técnicos CPRM y RADAMBRASIL. Los datos / archivos se procesaron y manipularon en el entorno de software ArcGIS, versión 10.3. La obtención / preparación del mapa de densidad se realizó insertando y recortando la red de drenaje, utilizando ArcGis. Los resultados obtenidos mostraron que el área de recarga / abstracción destaca por las ocurrencias litológicas de la Formación Utiariti, la Formación Araras y la Suite Intrusiva Santa Helena. Las otras ocurrencias litológicas proporcionan escorrentía superficial. La densidad de drenaje varió de baja a muy alta. Estudiar la influencia geológica sobre la disponibilidad de agua es fundamental para la planificación y la gestión.

Palabras-clave: Pantanal de Cáceres. Geología. Cuenca del Alto Paraguay. densidad de drenaje.

Introdução

O rio Paraguai constitui o tronco de drenagem da Bacia do Alto Paraguai, sendo uma das bacias de escoamento de águas continentais mais importantes do Brasil

(SOUZA, 2012; 2015). Além disso, estabelece o equilíbrio para manutenção do Pantanal, que, em conjunto com o fator geomorfológico, cria as condições ideais para inundações sazonais (SOUZA, 2012; CORRADINE; ASSINE, 2012).

O Pantanal compõe um Bioma que tem (pelas suas características físicas) áreas permanentemente alagadas; ou seja, com vasta extensão de solos alagadiços durante a cheia e o período denominado de vazante, possuindo algumas pequenas porções de terras mais elevadas que não são imersas (MORENO; HIGA, 2005). É também definido como uma planície de sedimentos holocênicos extensa, sobre alguns blocos falhados, permitindo o acúmulo sazonal das águas continentais (SOUZA, 2012).

O Pantanal de Cáceres possui suas próprias características de inundação e foi definido juridicamente de Pantanal de Cáceres, após planejamento e aplicações administrativas em relação à fiscalização ambiental (SILVA; ABDON, 1998). Posteriormente, tornou-se lugar de estudos sobre os tipos e usos dos solos no Pantanal, levando em consideração as particularidades das microrregiões por meio de zoneamento (SILVA; ABDON, 1998).

O espaço geográfico supracitado possui uma área com aproximadamente 12.412,56 km², situado no município de Cáceres (NEVES et al., 2009). O seu sistema hídrico é importante para a manutenção desse ambiente, sendo formado pelos rios Jauru, Paraguai e Corixo Grande. É entendido como uma sub-região, situada ao norte do Pantanal mato-grossense, que corresponde a uma superfície de acumulação extensa, com predominância topográfica plana e sujeita a inundações conduzidas pelo tronco de drenagem, o rio Paraguai (GALVANIN et al. 2014).

O aprofundamento de estudos voltados a ocorrências geológicas proporcionam o entendimento do sistema de drenagem por escoamento superficial, infiltração e percolação, mostrando a contribuição da área de recarga para o sistema de inundação do Pantanal de Cáceres. Assim sendo, realiza o controle de input pluvial no período das chuvas (cheias) e contribui com output hidráulico, em regime de manutenção dos canais fluviais no período de índices menores pluviométricos (seca), agindo como um sistema hidráulico regulador no Pantanal de Cáceres (SOUZA, 2012).

Segundo Olaya (2011), os Sistemas de Informação Geográficos (SIG) têm a aplicabilidade para a análise do espaço por meio de leitura, visualização, edição, gestão de dados espaciais, interpretando os dados espaciais do mundo e atividades humanas. O SIG também é capaz de executar análises de dados, incluídas consultas a recortes espaciais em particular e elaboração de modelos complexos, ressaltando componentes espaciais dos dados e componentes temáticos, permitindo o diagnóstico e o esclarecimento de trechos relativos à superfície terrestre.

Souza, Lani e Sousa (2006) destacaram a origem e a evolução do Pantanal mato-grossense, associados aos eventos de abatimentos estruturais, provavelmente reflexos da orogênese andina e os processos erosivos atuantes; Assine (2003) caracterizou a sucessão estratigráfica com afinamento textural nas rochas da paisagem atual do Pantanal; Souza e Sousa (2010) levantaram algumas teorias sobre a origem e a gênese do Pantanal. Facincani et al. (2011) apresentam as características sísmicas do Pantanal mato-grossense; Oliveira (2013) realizou estudo a localizar ocorrências de depósitos carbonatos continentais na serra das Araras em Mato Grosso.

Imprime-se importância a este estudo, pois, apresenta potencial como arquivo paleoclimático, para compreender sua importância como rocha reservatório, por exemplo. O objetivo da pesquisa, aqui relatada, foi identificar os condicionantes geológicos na bacia do Alto Paraguai e sua influência na dinâmica das águas no Pantanal de Cáceres, Mato Grosso, Brasil.

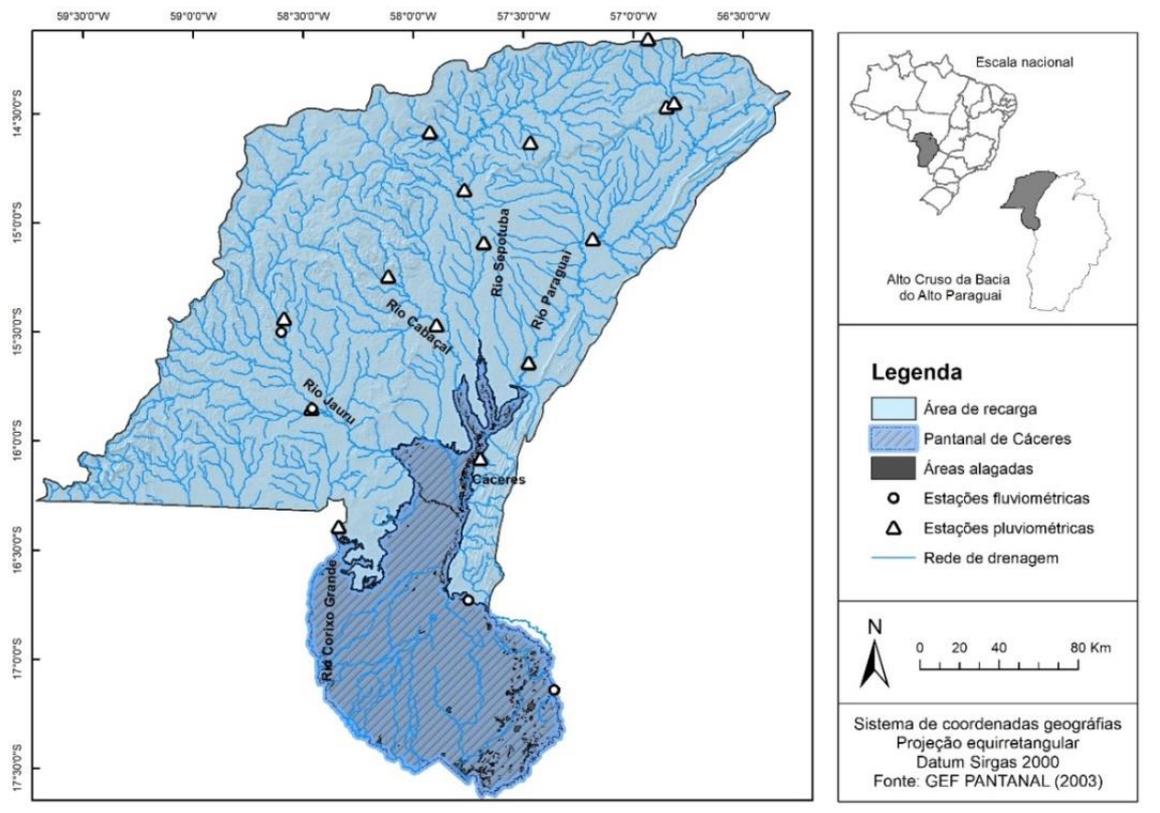
MATERIAIS E MÉTODOS

Área de estudo

A área de estudo corresponde à Bacia do Alto Paraguai, localizada no estado de Mato Grosso, entre as coordenadas geográficas de 14° 30' a 17° 30' de latitude Sul e 56° 30' a 59° 30' longitude Oeste, sendo dividida em duas unidades: área de recarga

(planalto e depressão) e o Pantanal de Cáceres. A área de recarga possui 61.105,00 km² e o Pantanal de Cáceres abrange 12.412,56 Km² (Figura 1).

Figura 1 – Localização da área de estudo na Bacia do Alto Paraguai, estado de Mato Grosso, Brasil



Fonte: Autores, 2021.

Procedimentos metodológicos

A pesquisa foi desenvolvida em duas etapas: a primeira gerou informações sobre as unidades geológicas e com a segunda obtiveram-se informações sobre a ocorrência de abastecimento hídrico no Pantanal de Cáceres.

Primeira etapa: caracterização geológica

Realizou-se o levantamento dos condicionantes geológicos, com base em informações de mapeamento e relatório do Projeto CRPM Levantamento da Geodiversidade (2010).

Densidade de drenagem

A obtenção/elaboração do mapa de densidade de drenagem da Bacia do Alto Paraguai foi realizada a partir da inserção e recorte da rede de drenagem. Foram selecionados todos os registros (rios) presentes na tabela de atributos, sucedendo a mesclagem dos registros em um único item. Posteriormente, utilizando o software ArcGis 10.1, foi executado o seguinte diretório: ArcToolbox -> Spatial Analyst Tools -> Density -> Line Density.

O processamento dos dados seguiu a avaliação de parâmetros por experimentos; ou seja, definiu-se o tamanho do pixel (200) e o raio de proximidade das linhas de drenagem (12.000), que apresentaram as seguintes respostas de densidade: 0 – 0,05 (baixa), 0,05 – 0,13 (média), 0,13 – 0,22 (alta) e 0,22 – 0,30 (muito alta). Portanto, o primeiro intervalo foi de 0,05, enquanto os demais foram de 0,08. Os respectivos intervalos foram escolhidos por representarem a realidade descrita pelos autores Souza (2012) e Leandro (2015).

Segunda etapa: ocorrência de abastecimento hídrico

Nesse momento, foi realizada a união das classes com rochas de características semelhantes (fraturas, material de origem e porosidade) e suas contribuições para processos de infiltração ou escoamento superficial. Desse modo, foi possível definir quatro classes de ocorrência de abastecimento hídrico: escoamento superficial em rochas ígneas e/ou metamórficas não fraturadas, infiltração e percolação em coberturas

e sedimentos, infiltração e percolação em rochas sedimentares e vulcanosedimentares e infiltração e percolação em rochas ígneas e/ou metamórficas fraturadas.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

O estudo dos tipos de rochas e suas características (fraturas, porosidade e permeabilidade) proporciona o entendimento sobre percolação e infiltração da água e escoamento fluvial para abastecer o Pantanal de Cáceres. Assim sendo, para a caracterização da geologia na área de estudo, dividiram-se as unidades geológicas entre segmentos que serão denominados de: área de recarga e Pantanal de Cáceres.

A condição para a percolação da água ocorre por meio de material exposto com muitas fraturas ou poros, como as rochas sedimentares, por exemplo, calcário e arenito. Em contrapartida, quando a camada rochosa não está em superfície, depende da variável solo. Assim, solos e sedimentos arenosos favorecem a infiltração, permitindo que a água entre em contato com a superfície rochosa. Sob outra perspectiva, os materiais argilosos ou cristalinos pouco fraturados, a exemplo de rochas ígneas (Granito/Basalto), metamórficas ou metassedimentares (Mármore/Xisto/Filito), a percolação torna-se desfavorável.

O abastecimento no Pantanal ocorre pela presença de materiais inconsolidados, que desempenham importante função de controle da infiltração, retendo temporariamente uma parcela da água infiltrada, que sucessivamente é liberada aos poucos pelas rochas subjacentes (BRASIL, 1997; TEIXERA et al. 2003).

Área de recarga e Pantanal de Cáceres

Na área de captação/recarga verificou-se a ocorrência de diferentes formações geológicas: Alto Guaporé, Alto Jauru, Alvorada, Araras (membro superior), Araras (membro inferior), Coberturas detrito-lateríticas ferruginosas, Depósitos Aluvionares, Depósitos Pantanosos, Diamantino, Figueira Branca, Fortuna, Guapé, Jauru, Lajes,

Morro Cristalino, Pantanal – facéis terraços aluvionais, Tonalito Cabaçal, Utiariti, Vale da Promissão, Vale do Alegre, Água Clara, Puga, Raizama, Rio Alegre, Rio Branco, Salto das Nuvens, Santa Cruz, Santa Helena, Santa Rita, Serra do Baú, São Domingos, Tapirapuã; totalizando, ao todo, 31 ocorrências geológicas.

As características litológicas (fraturas, fendas, material de origem e porosidade) permitem que ocorram processos diferenciados (infiltração, escoamento superficial e percolação) (Quadro 1).

Quadro 1 – Ocorrências geológicas e processos atuantes (infiltração, escoamento superficial e percolação)

Tipo	Nome	Tipo Rocha	Processos Atuantes
Cobertura detrítica-laterítica ferruginosa		Materiais superficiais	Infiltração e Percolação
Complexo	Alto Guaporé	Ígnea, Metamórfica	Infiltração e Percolação
Complexo	Rio Alegre	Ígnea, Metamórfica	Infiltração e Percolação
Complexo	Serra do Baú	Metamórfica	Escoamento superficial
Corpo	Lajes	Ígnea	Escoamento superficial
Corpo	Tonalito Cabaçal	Ígnea	Escoamento superficial
Depósitos aluvionares		Materiais superficiais	Infiltração e Percolação
Depósitos Pantanosos		Materiais superficiais	Infiltração e Percolação
Formação	Diamantino	Sedimentar	Infiltração e Percolação
Formação	Fortuna	Metamórfica, Sedimentar	Infiltração e Percolação
Formação	Jauru	Sedimentar	Infiltração e Percolação
Formação	Morro Cristalino	Sedimentar	Infiltração e Percolação
Formação	Pantanal	Aluvionares	Infiltração e Percolação
Formação	Puga	Sedimentar	Infiltração e Percolação
Formação	Raizama	Sedimentar	Infiltração e Percolação
Formação	Salto das Nuvens	Sedimentar	Infiltração e Percolação
Formação	Tapirapuã	Ígnea	Escoamento superficial
Formação	Utiariti	Sedimentar	Infiltração e Percolação
Formação	Vale da Promissão	Metamórfica	Infiltração e Percolação
Grupo	Alto Jauru	Ígnea, Metamórfica	Infiltração e Percolação
Litofácies	Araras	Sedimentar	Infiltração e Percolação
Suíte Intrusiva	Água Clara	Ígnea	Escoamento superficial
Suíte Intrusiva	Alvorada	Ígnea	Escoamento superficial
Suíte Intrusiva	Figueira Branca	Ígnea, Metamórfica	Escoamento superficial
Suíte Intrusiva	Guapé	Ígnea	Escoamento superficial
Suíte Intrusiva	Rio Branco	Ígnea	Escoamento superficial
Suíte Intrusiva	Santa Cruz	Ígnea	Escoamento superficial
Suíte Intrusiva	Santa Helena	Ígnea	Escoamento superficial
Suíte Intrusiva	Santa Rita	Ígnea	Escoamento superficial
Suíte Intrusiva	São Domingos	Ígnea	Escoamento superficial
Suíte Intrusiva	Vale do Alegre	Ígnea	Escoamento superficial

Fonte: Autores (2021).

A Suíte Intrusiva Água Clara, localizada na porção central da área de estudo, ocupa uma área de 464,71 km² (0,96% da área total) e é constituída por granito e granodiorito; rochas ígneas que estão parcialmente metamorfizadas e pertencem ao Domínio dos Complexos Granitóides Deformados. Apresentam intemperismo físico e químico moderado a alto, textura predominantemente argilo-siltico-arenosa e possuem percolação fissural. A forma do relevo corresponde a superfícies aplainadas recortadas ou degradadas, possuindo declividade de 0 a 5 graus (CPRM, 2010).

Por sua origem ígnea, com granulação fina ou grossa, com poucas/moderadas fraturas e textura localmente porfirítica e foliação concordante com as encaixantes, a porosidade oscila entre 0 e 15% (KARMANN, 2001). Desse modo, a baixa capacidade de percolação favorece o aumento do escoamento superficial. As características litológicas (composição mineralógica, textura e estrutura) dificultam a infiltração (que somente ocorre através das fraturas das rochas), favorecendo o aumento do fluxo de água superficial.

A Suíte Intrusiva Alvorada – que representa apenas 0,18% da Área de recarga (86 km²) – pertence ao Domínio dos Complexos Granitóides Não Deformados, constituída por séries graníticas sub-alcálicas: cálcio-alcálicas (baixo, médio e alto-K) e toleíticas (sienogranitos, monzogranitos, granodioritos, tonalitos, quartzo monzodioritos, dioritos quartzo monzonitos, monzonitos, etc.) com intemperismo físico e químico moderado a alto. A textura é predominantemente argilo-siltico-arenosa com baixa porosidade (0-15%) e aparece em relevos de colinas dissecadas e morros baixos, alcançando uma declividade de 5 a 20 graus (CPRM, 2010). A ausência de fraturas e o material de origem (composição dos minerais, sua textura e porosidade) dificultam a infiltração e a percolação da água para o abastecimento do lençol freático, favorecendo o escoamento superficial.

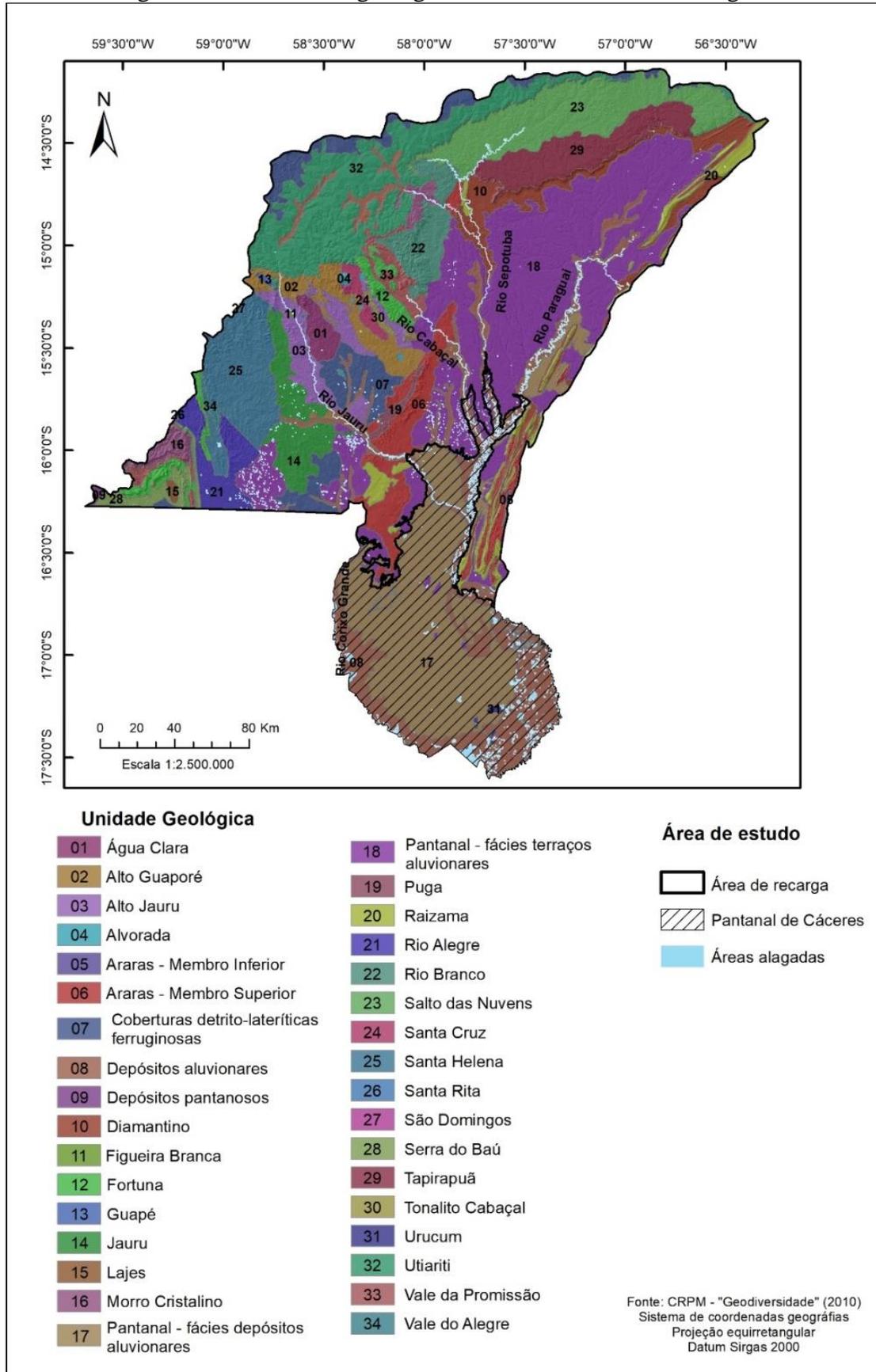
A Formação Araras totaliza 18,83 km² (0,04 % da área de estudo), composta por marga, argilito, calcissiltito, calcário dolomítico e calcário calcítico. São rochas sedimentares proterozóicas dobradas, metamorfizadas em baixo a médio grau, com presença majoritariamente de metacalcários, com intercalações subordinadas de metassedimentos siltico-argilosos e arenosos. São intensamente dobradas e fraturadas, com grau de intemperismo físico e químico variável. A sua textura é

predominantemente argilosa, com porosidade baixa (0-15%) e declividade entre 15 a 35 graus, pertencendo ao domínio de morros e serras baixas (CPRM, 2010). Cabe destacar que, nos calcários, as fendas e fraturas contribuem para a infiltração e percolação da água das precipitações.

A Litofácies da Unidade Araras membro superior é uma das unidades predominantes, com 2.598 km² (5,34% da área total), formada por rochas sedimentares (dolomito, argilito, arenito, sillexito e siltito) do Domínio das sequências sedimentares proterozóicas dobradas, metamorfizadas em baixo a médio grau, com predomínio de metacalcários e intercalações subordinadas de metassedimentos síltico-argilosos e arenosos intensamente dobrados e fraturados (Figura 2). O intemperismo nelas é baixo e a textura predominantemente é a argilosa, com porosidade baixa (0-15%). A declividade oscila entre 15 e 35 graus e pertence, também, ao domínio de morros e serras baixas (CPRM, 2010).

As Coberturas detrito-lateríticas ferruginosas atingem uma área de 2.552, 28 km² (5,25% da Área de recarga), apresentando um aglomerado de laterita, silte, areia e argila em sua composição litológica, contendo também materiais superficiais, com depósitos detrito-lateríticos provenientes de processos de lateritização em rochas de composições diversas, sem a presença de crosta. Não possui deformações geológicas e o intemperismo físico e químico é moderado alto, com variação na vertical. A porosidade é variável (0 a >30%), com superfícies aplainadas conservadas e declividade de 0 – 5 graus (CPRM, 2010). A composição litológica de porosidade variável caracteriza a unidade lito-hidrogeológica granular, que possui capacidade de infiltração e percolação da água, posteriormente emitida para o sistema hídrico do Pantanal.

Figura 2 – Ocorrências geológicas na Bacia do Alto do Paraguai



Fonte: Autores, 2021.

Os Depósitos aluvionares integram 2.333,64 km² (4,80% da área de recarga). Sua composição litológica corresponde à areia, silte, cascalho e argila, associados ao domínio dos sedimentos cenozóicos inconsolidados ou pouco consolidados, depositados em meio aquoso. Essa unidade apresenta ambiente de planície aluvionar recente (materiais inconsolidados e de espessura variável, que da base para o topo apresentam cascalho, areia e argila). Desse modo, tais depósitos não apresentam deformações ou fraturas, apenas o aspecto anisotrópico estratificado, com porosidade alta (> 30%). A declividade é nula, formando planícies fluviais ou flúvio-lacustres (CPRM, 2010). Os depósitos estão ao longo do perfil longitudinal do rio Paraguai e seus tributários, que têm capacidade de recarga do lençol freático pela sua composição sedimentar e alta porosidade alta (>30%), o que revela a participação desses depósitos no abastecimento hídrico do Pantanal.

A Formação Diamantino, composta por folhelho, argilito, siltito e arcóseo, pertence ao domínio das sequências sedimentares proterozóicas dobradas e metamorfizadas em baixo a médio grau. Nela predominam os metassedimentos siltico-argilosos com intercalações de metagrauvacas intensamente dobrados e fraturados e com intemperismo variável na vertical. A textura predominante é argilo-siltico-arenosa, com porosidade variável (0 a >30%), com relevo de superfícies aplainadas retocadas ou degradadas, com declividade de 0 a 5 graus (CPRM, 2010). Abrange uma área equivalente a 2.251,94 km² (4,63%), cobrindo parte da porção norte e leste da área de estudo. Essa formação, por ser sedimentar, com alto grau de fraturamento das rochas e porosidade variável, torna-se suscetível à percolação da água e constitui um fator de recarga por se localizar em áreas de cabeceira (ao Norte), e de divisor de águas (ao Leste), dos aquíferos que alimentam o Pantanal.

A ocorrência geológica Figueira Branca é uma Suíte Intrusiva composta, segundo o CPRM (2010), por rochas ígneas ou metamórficas do Domínio dos Corpos Máficos-Ultramáficos (anortosito, dunito, troctolito, gabro, serpentinito e norito). Não possui deformações tectônicas e o intemperismo físico e químico é de baixa intensidade devido à baixa porosidade (0 a 15%) e textura predominantemente argilosa. A declividade varia de 5 a 20 graus e forma um relevo de colinas dissecadas e morros baixos. É uma das menores unidades aferidas na área de estudo, com apenas 6,30 km² (0,01% da área de estudo). Suas características indicam que são rochas desfavoráveis à

infiltração da água, mas propiciam o escoamento em superfície, contribuindo assim para a inundação periódica do Pantanal.

A Formação Fortuna abrange 1,94% da área de estudo, correspondendo a 942 km². Apresenta metaconglomerado oligomítico e arenito, sendo formação de origem metassedimentar (sequências sedimentares proterozóicas dobradas e metamorfozadas em baixo grau a médio grau). Apresenta pouco a moderado dobramento e fratura; com o intemperismo moderado a alto, a porosidade é alta (>30%) em textura predominantemente arenosa. Também forma um relevo de colinas dissecadas e morros baixos, com declividade de 5 a 20 graus (CPRM, 2010). A Formação Fortuna contribui para o abastecimento do Pantanal por meio da infiltração e percolação de água nas rochas, especialmente o arenito.

A Suíte intrusiva Guapé totaliza apenas 35 km², ou seja, 0,07% da Área de recarga. Pertence aos Complexos Granitóides Não Deformados e está constituída por sienogranito, monzogranito e quartzo monzonito (não dobrados e pouco fraturados). O intemperismo físico e químico é moderado e alto, enquanto a textura predominantemente é argilo-siltico-arenosa com baixa porosidade (0 a 15%). A declividade oscila entre 15 e 35 graus, pertencendo ao domínio de morros e serras baixas (CPRM, 2010). As características litológicas, em conjunto com a declividade, favorecem o elevado escoamento superficial, confirmando o apontado pela Embrapa (1979).

A Formação Jauru, composta por rochas sedimentares como arenito, folhelho, diamictito, siltito arenoso e conglomerado, ocupa 3,32% da Área de recarga. Trata-se de rochas pouco a moderadamente consolidadas, associadas a grandes e profundas bacias sedimentares do tipo sinéclise. Os para-conglomerados com intercalações de tilitos e folhelhos não apresentam dobramentos e as fraturas não são significativas, enquanto o intemperismo químico é de moderado a alto e a textura arenosa com porosidade moderada (15 a 30%). Essa formação está presente nas superfícies aplainadas retocadas ou degradadas, com declividade de 0 a 5 graus (CPRM, 2010), características que favorecem a recarga do lençol freático e com isso, o abastecimento do Pantanal.

A ocorrência Corpo Lajes, com 59,53 km² (0,12% da Área de recarga) é formada por rochas ígneas metamorfizadas como monzogranito e sienogranito, agrupadas no Domínio dos Complexos Granitóides Deformados. Essa unidade também se caracteriza por séries graníticas sub-alcálicas e toleíticas não dobradas, mas com zonas de cisalhamento. O seu intemperismo físico e químico é de moderado a alto, com baixa porosidade (0-15%) e textura argilo-siltico-arenosa predominante. Apresenta-se em superfícies aplainadas conservadas com declividade de 0 a 5 graus (CPRM, 2010), características que propiciam o escoamento superficial, mesmo ocorrendo em áreas de baixa declividade e superfície plana.

A Formação Morro Cristalino, constituída por arenito fino, situa-se na parte do norte e do oeste da Área de recarga, com área de 600 km² (1,23%). Essa unidade sedimentar pertence ao domínio das sequências sedimentares proterozóicas dobradas, metamorfizadas em baixo a médio grau. Caracteriza-se, também, pela presença de metarenito, quartzitos e metaconglomerados. Apresenta-se de pouco a moderadamente dobrada e fraturada, com intemperismo físico e químico de moderado a alto, elevada porosidade (>30%) e textura predominantemente arenosa. O relevo apresenta-se por degraus estruturais e rebordos erosivos, com declividade entre 10 a 25 graus, localmente > 45 (CPRM, 2010). A porosidade do arenito e o fraturamento na rocha possibilitam a infiltração e percolação da água, contribuindo para o abastecimento do Pantanal o ano todo.

A Formação Pantanal (fácies terraços aluvionares), que apresenta a maior área de abrangência (cerca de 27,47%), pertence ao Domínio dos Sedimentos Cenozóicos Inconsolidados ou Pouco Consolidados, depositados em meio aquoso, que formam atualmente terraços aluvionares com material inconsolidado a semi-consolidado de espessura variável (da base para o topo é formado por cascalho, areia e argila). Não apresenta deformações tectônicas ou fraturas, sendo a sua porosidade alta (>30%) (CPRM, 2010). Essa unidade apresenta a menor declividade (0-3 graus), o que, em conjunto com suas características litológicas, oportuniza a infiltração e percolação de água para o abastecimento anual do Pantanal.

A Formação Puga é formada por arenito, lamito e diamictito, que pertencem às chamadas Sequências Sedimentares Proterozóicas Dobradas, com metamorfismo de

grau baixo a médio. Também contém metassedimentos siltico-argilosos com intercalações de metagrauvacas. Possui dobramentos e fraturas intensas, com intemperismo físico e químico de baixo a alto na vertical e textura predominantemente argilo-siltico-arenosa e porosidade variável (0 a > 30%). Seu relevo é essencialmente de morros e serras baixas, com declividade de 15 a 35 graus. Essa formação ocupa 175,91 km², ou seja, 0,36% (CPRM, 2010). Mesmo que a composição sedimentar da Formação Puga seja favorável à infiltração, o relevo forte ondulado faz parte da água escoar pela superfície inclinada, antes de se infiltrar.

A Formação Raizama é composta por rochas sedimentares como arenito, siltito, arcóseo, argilito e conglomerado, das Sequências Sedimentares Proterozóicas Dobradas, com metamorfismo de baixo a médio grau. Também apresenta metarenito, quartzitos e metaconglomerados pouco a moderadamente dobrados e fraturados, com intemperismo físico e químico moderado a alto. A textura é predominantemente arenosa, com porosidade alta (>30%) e declividade entre 25 e 45 graus (localmente de 60 a 90). Área cobre 1.479,92 km², que representa 3,04% da Área de recarga (CPRM, 2010), cujas peculiaridades Todo isto indica que a sustentação fluvial no Pantanal tem a participação da ocorrência Raizama por infiltração e percolação.

O Complexo Rio Alegre localiza-se na porção oeste, com a presença de xisto, metabasalto, rochas vulcânicas piroclásticas, formação ferrífera bandada, metachert, metadacito e metarriolito, de origem ígnea/metamórfica. Cobre uma área de 1.136 km² (2,34%) e aparece intensamente dobrada e fraturada, com intemperismo físico e químico de baixa a alta intensidade, na horizontal e na vertical. A porosidade desse complexo é baixa (0 a 15%), com textura variável (de arenosa a argilo-siltosa) e declividade 0 a 50 em superfícies aplainadas conservadas (CPRM, 2010). Influencia a dinâmica fluvial de abastecimento do Pantanal, com contribuição por infiltração e percolação, apesar da origem ígnea/metamórfica das rochas, por possuir rochas intensamente dobradas e fraturadas e baixa declividade. O curso para a infiltração e percolação é mais lento do que em rochas sedimentares, mas as fraturas e a baixa declividade criam condições para a ação lito-hidrogeológica fissural (KARMANN, 2001).

A Suíte Intrusiva Rio Branco ocupa perfaz uma área de 1.314 km² (2,70% da Área de recarga), composta por gabro, quartzo gabro e olivina gabro, pertencentes ao Domínio dos Corpos Máficos-Ultramáficos não dobrados e pouco a moderadamente fraturados, com baixa intensidade de intemperismo físico e químico. A textura predominante é a argilosa, com porosidade baixa (0 a 15%). Suas superfícies são aplainadas retocadas ou degradadas, com declividade de 0 a 5 graus (CPRM, 2010). Pode-se afirmar que a participação da Suíte Intrusiva Rio Branco é maior através do escoamento superficial devido à sua origem ígnea, a ausência de dobramentos e poucas fissuras, bem como a baixa porosidade.

A Formação Salto das Nuvens, com área de 3.714,59 km² (7,63% da Área de recarga), compõe-se por um conglomerado polimítico e arenito (dominantes), além de siltito, marga, argilito, pertencentes ao Domínio das Coberturas Sedimentares e Vulcanossedimentares Mesozóicas e Paleozóicas pouco a moderadamente consolidadas (CPRM, 2010). Apresenta-se pouco dobrada e fraturada, com intemperismo físico e químico baixo a alto (na horizontal e vertical) e porosidade predominantemente arenosa (0 a >30%). Está presente em degraus estruturais e rebordos erosivos, com declividade entre 10 a 25 graus (localmente > 45). Sua constituição sedimentar, com poucos dobramentos e fraturas, em conjunto com a porosidade e declividade, determinam que a Formação Salto das Nuvens seja favorável à infiltração e percolação da água, abastecendo os depósitos subterrâneos que sustentam o Pantanal.

A Suíte Intrusiva Santa Cruz, situada na porção oeste, abrange apenas 0,59% da Área de recarga (286,99 km²). Pertence aos Complexos Granitóides Deformados com séries graníticas sub-alcálicas e toleíticas não dobradas e com fraturas nas zonas de cisalhamento. O seu intemperismo físico e químico é de moderado a alto, a textura predominantemente argilo-siltico-arenosa e a porosidade baixa (0 a 15%). Forma relevos de colinas dissecadas e morros baixos, com declividade de 5 a 20 graus (CPRM, 2010). A Suíte Intrusiva Santa Cruz apresenta escoamento superficial, devido à origem ígnea das rochas, associadas à textura predominantemente argilosa e baixa porosidade.

A Suíte Intrusiva Santa Helena é composta por rochas ígneas (monzogranito, Ssienogranito, aplito, tonalito, pegmatito e granodiorito) pertencentes ao Domínio dos Complexos Granitóides intensamente deformados. Trata-se de séries graníticas sub-

alcalinas e toleíticas com intemperismo físico e químico moderado a alto, baixa porosidade (0 a 15%) e textura predominantemente argilo-síltico-arenosa. A declividade varia de 5 a 20 graus e seu relevo é de colinas dissecadas e morros baixos (CPRM, 2010). Localiza-se na porção norte e leste, no sopé do Planalto dos Parecis, ocupando uma área 2.535, 45 km² (5,21% da Área de recarga), portanto as suas características favorecem o escoamento superficial.

A Suíte Intrusiva Santa Rita, que totaliza uma área de 9,07 km² (a 0,02% da Área de recarga) e também pertence ao Domínio dos Complexos Granitóides Deformados, estando constituída por tonalito, granodiorito foliado e monzogranito (séries graníticas sub-alcalinas e toleíticas). Mesmo que não dobrada, as suas fraturas ocorrem em zonas de cisalhamento, enquanto o intemperismo é de moderado a alto e a textura predominantemente argilo-siltico-arenosa, com baixa porosidade (0 a 15%) (CPRM, 2010). O relevo revela-se por superfícies aplainadas retocadas ou degradadas, com declividade de 0 a 5 graus. O sistema hídrico do Pantanal é alimentado por essa ocorrência através de escoamento superficial principalmente, devido às características litológicas supracitadas.

A Suíte Intrusiva São Domingos pertence ao Domínio dos Complexos Granitóides Não Deformados, composta por granitóides (sienogranitos, monzogranitos, granodioritos, etc) não dobrados e pouco fraturados, com intemperismo físico e químico de moderado a alto. Possui baixa porosidade (0 a 15%) e textura predominantemente argilo-síltico-arenosa. Ocupa um relevo de colinas dissecadas e morros baixos, com declividade de 5 a 20 graus (CPRM, 2010). Essa ocorrência, por ter uma origem ígnea e não possuir dobramentos e fraturas, baixa porosidade e predomínio de argila, torna-se desfavorável à infiltração e percolação, ou seja, sua contribuição no sistema hídrico do Pantanal é por escoamento superficial.

O Complexo Serra do Baú é composto por rochas metamórficas (ortogneisse, monzogranítico e migmatito) do Domínio do Complexo Granito-gnaisse-migmatítico e granulitos. Possui intenso dobramento e cisalhamento, com intemperismo variável, porosidade baixa (0-15%) e textura essencialmente argilo-síltico-arenosa. Apresenta-se em colinas amplas e suaves, com 3 a 10 graus de declividade. Esse complexo localiza-se

na porção oeste, com área equivalente a 460,10 km², correspondendo a 0,95% da Área de recarga (CPRM, 2010) e o escoamento ocorre principalmente em superfície.

A Formação Tapirapuã é composta basicamente por gabro e diabásio, com baixo intemperismo físico e químico, textura predominantemente argilosa e baixa porosidade (entre 0 e 15%). O relevo apresenta-se como planalto, com declividade de 2 a 5 graus, exceto no eixo de vale. A Formação Tapirapuã concentra-se ao norte, na borda do planalto dos Parecis, com área de 1.994,01 km², equivalente a 4,10% da Área de recarga (CPRM, 2010). Por apresentar origem ígnea, sem dobramentos, pouco fraturado, com textura argilosa e baixa porosidade, também abastece o Pantanal por meio do escoamento superficial.

O Corpo Tonalito Cabaçal integra apenas 77,42 km² da área (0,16%) e também pertence ao Domínio dos Complexos Granitóides Intensamente Deformados, com séries graníticas sub-alcálicas e toleíticas não dobradas e com poucas fraturas. O intemperismo físico e químico varia de moderado a alto, com textura predominantemente argilo-siltico-arenosa e baixa porosidade (0 a 15%). O relevo apresenta-se como colinas dissecadas e morros baixos, com declividade entre 5 a 20 graus (CPRM, 2010). Essa ocorrência, por ser de origem ígnea, não possuir dobramentos e nem fraturas significativas, além de uma textura predominantemente argilosa e uma baixa porosidade, contribuindo para o abastecimento do Pantanal através do escoamento superficial.

A Formação Utiriti é composta por arenitos, argilitos e intercalações de pelitos, e faz parte do Domínio das Coberturas Sedimentares e Vulcanossedimentares Mesozóicas e Paleozóicas pouco a moderadamente consolidadas e não dobradas. Apresenta baixa a moderada intemperização físico e química na horizontal e na vertical, com porosidade variável (0 a >30%) e textura predominantemente arenosa. Exceto nos vales, está presente em topos planos (relevo, chapadas e platôs) (CPRM, 2010). Sua área cobre 5.038,85 km², equivalente a 10,36%. Pelas suas características, contribui para o abastecimento do lençol freático por infiltração e percolação, favorecendo a manutenção do Pantanal.

A Formação Vale da Promissão compreende rochas como ardósia, metargilito, metassiltito e metarenito (com intercalações irregulares de metassedimentos arenosos e siltico-argilosos), pertencentes ao Domínio das Sequências Sedimentares Proterozóicas dobradas e metamorfozadas em baixo a médio grau. Apresenta-se pouco a moderadamente dobrada e intensamente fraturada, com intemperismo físico baixo e intemperismo químico baixo a alto na horizontal e vertical. Sua porosidade é alta (>30%), a textura principalmente argilo-siltosa e a declividade entre 25 e 45 graus (localmente de 60-90), caracterizando um relevo de inselbergs e outros relevos residuais (CPRM, 2010). Localizado na porção central e oeste, ocupa uma área de 710,27 km² (1,46% da área de estudo). A Formação Vale da Promissão, de origem metamórfica, está intensamente fraturada e com porosidade alta, o que favorece a infiltração e percolação para o sistema freático saturado que alimenta o Pantanal.

A Suíte Intrusiva Vale do Alegre encontra-se localizada na porção oeste, constituída por serpentinito, gabro, peridotito, dunito, diabásio e harzburgito, não apresentando dobramentos e sem fraturas significativas. O intemperismo físico e químico é baixo e a textura predominantemente argilosa, com baixa porosidade (0 a 15%). Com declividade de 0-5 graus, envolve superfícies aplainadas conservadas (CPRM, 2010). A área dessa unidade corresponde a 110,43 km², equivalendo a 0,23% da área (Tabela 3) e pelas suas características, favorece o escoamento superficial.

A seguir apresentam-se as ocorrências geológicas na Área de recarga, a área em km² e a porcentagem de ocupação da superfície (Tabela 1). Os dados demonstram que as áreas de maiores porosidades estão ao norte e ao oeste, fazendo parte da borda do divisor de águas da Bacia do Alto Paraguai. As unidades localizadas no centro da bacia possuem textura predominantemente argilosa, que dificultam a infiltração da água e favorecem o escoamento superficial.

Tabela 1 – Geologia da Bacia do Alto Paraguai (Área de estudo)

Eon	Era	Período	Unidade	Área	
				(km ²)	(%)
Fanerozoico	Cenozoico	Quaternário	Depósitos aluvionares	2.333,64	4,80
			Coberturas detrito-lateríticas ferruginosas	2.552,28	5,25
			Formação Pantanal – fácies terraços aluvionares	13.368,60	27,47
	Mesozoico	Cretáceo	Grupo Parecis – Formação Salto das Nuvens	3.714,59	7,63
			Formação Tapirapuã	1.994,01	4,10
			Grupo Parecis – Formação Utariti	5.038,85	10,36
		Carbonífero	Suíte Intrusiva Santa Rita	9,07	0,02
			Formação Jauru	1.614,18	3,32
			Grupo Alto Paraguai – Formação Diamantino	2.251,94	4,63
Proterozoico	Superior	Grupo Alto Paraguai – Formação Puga	175,91	0,36	
		Grupo Alto Paraguai – Formação Raizama	1.479,92	3,04	
		Complexo Rio Alegre	1.136,65	2,34	
	Médio	Grupo Aguapeí – Formação Fortuna	942,08	1,94	
		Grupo Aguapeí – Formação Morro Cristalino	600,09	1,23	
		Grupo Aguapeí – Formação Vale da Promissão	710,27	1,46	
		Araras, Membro Superior	2.598,25	5,34	
	Neoproterozóico	Araras, Membro Inferior	18,83	0,04	
		Mesoproterozóica	Suíte intrusiva São Domingos	3,18	0,01
	Suíte Intrusiva Santa Helena		2.535,45	5,21	
	Suíte Intrusiva Santa Cruz		286,99	0,59	
	Suíte Intrusiva Alvorada		85,78	0,18	
	Complexo Alto Guaporé		1.213,18	2,49	
	Suíte Intrusiva Rio Branco		1.314,80	2,70	
	Paleo-Mesoproterozóica	Paleoproterozóico	Suíte Intrusiva Vale do Alegre	110,43	0,23
			Suíte Intrusiva Guapé	35,01	0,07
			Suíte Intrusiva Figueira Branca	6,3	0,01
			Grupo Alto Jauru	1.468,36	3,02
			Suíte Intrusiva Água Clara	464,71	0,96
	Não identificado	Complexo Serra do Baú	460,1	0,95	
		Corpo Tonalito Cabaçal	77,42	0,16	
Corpo Lajes		59,53	0,12		
Depósitos Pantanosos		5,60	0,05		
TOTAL				48.666,00	100,00

Fonte: Autores, 2021. Legenda: em negrito, destaque das unidades predominantes.

As rochas sedimentares identificadas na área de estudo pelo CPRM (2010), como arenito, siltito, folhelho, argilito, arenito conglomerático, conglomerado polimítico, dolomito, lamito, diamectito, grauvaca, arenito fino, calcário e arcóseo, permitem a infiltração e recarga dos aquíferos. Outros fatores que contribuem para a formação da Área de recarga do Pantanal de Cáceres (localizado ao sul) são a

declividade, que é predominantemente baixa (0 a 10 graus), e a ausência de dobramentos.

Apesar de algumas unidades geológicas ocuparem uma área inferior a 10% em relação ao montante total da área de estudo, o fato de a escala utilizada para o mapeamento ser de 1:2.500.000 (ou seja, cada centímetro equivale a 25 km) derivou a necessidade de assumir para a análise cartográfica, áreas acima de um (1) quilômetro como relevantes em relação à influência na recarga do lençol freático. Desse modo, apenas algumas das unidades geológicas não são relevantes: Suíte Intrusiva Santa Rita, Grupo Alto Paraguai – (Formação Puga), Grupo Aguapeí – (Formação Fortuna, Formação Morro Cristalino, Formação Vale da Promissão), Araras, Membro Inferior, Suíte Intrusiva São Domingos, Suíte Intrusiva Santa Cruz, Suíte Intrusiva Alvorada, Suíte Intrusiva Vale do Alegre, Suíte Intrusiva Guapé, Suíte Intrusiva Figueira Branca, Suíte Intrusiva Água Clara, Complexo Serra do Baú, Corpo Tonalito Cabaçal, Corpo Lajes e Depósitos Pantanosos. Desse modo, a espacialidade de cada unidade geológica apresentada caracteriza tanto a Área de recarga, quanto a do Pantanal de Cáceres.

Densidade de drenagem

Na Bacia do Alto Paraguai, na área de recarga, predomina Alta e Muito Alta a densidade de drenagem. No Pantanal de Cáceres, prevalece Média densidade. A densidade de drenagem nessas duas unidades está relacionada à declividade do terreno, como características das rochas (fraturas, fendas e porosidade), elementos que compõem os solos (permeabilidades e impermeabilidade) e a distribuição da precipitação (volume e intensidade).

A rede de drenagem que compõe a bacia do Alto Paraguai é complexa, sendo formada por rios, ribeirões, córregos, canais secundários e corixos. O termo regional corixos corresponde a canais naturais, com escoamento temporário, pouco profundo e relativamente estreito, que servem de conexão entre as lagoas, ou as baías e o rio Paraguai (SOUZA; SOUSA, 2009, p. 2).

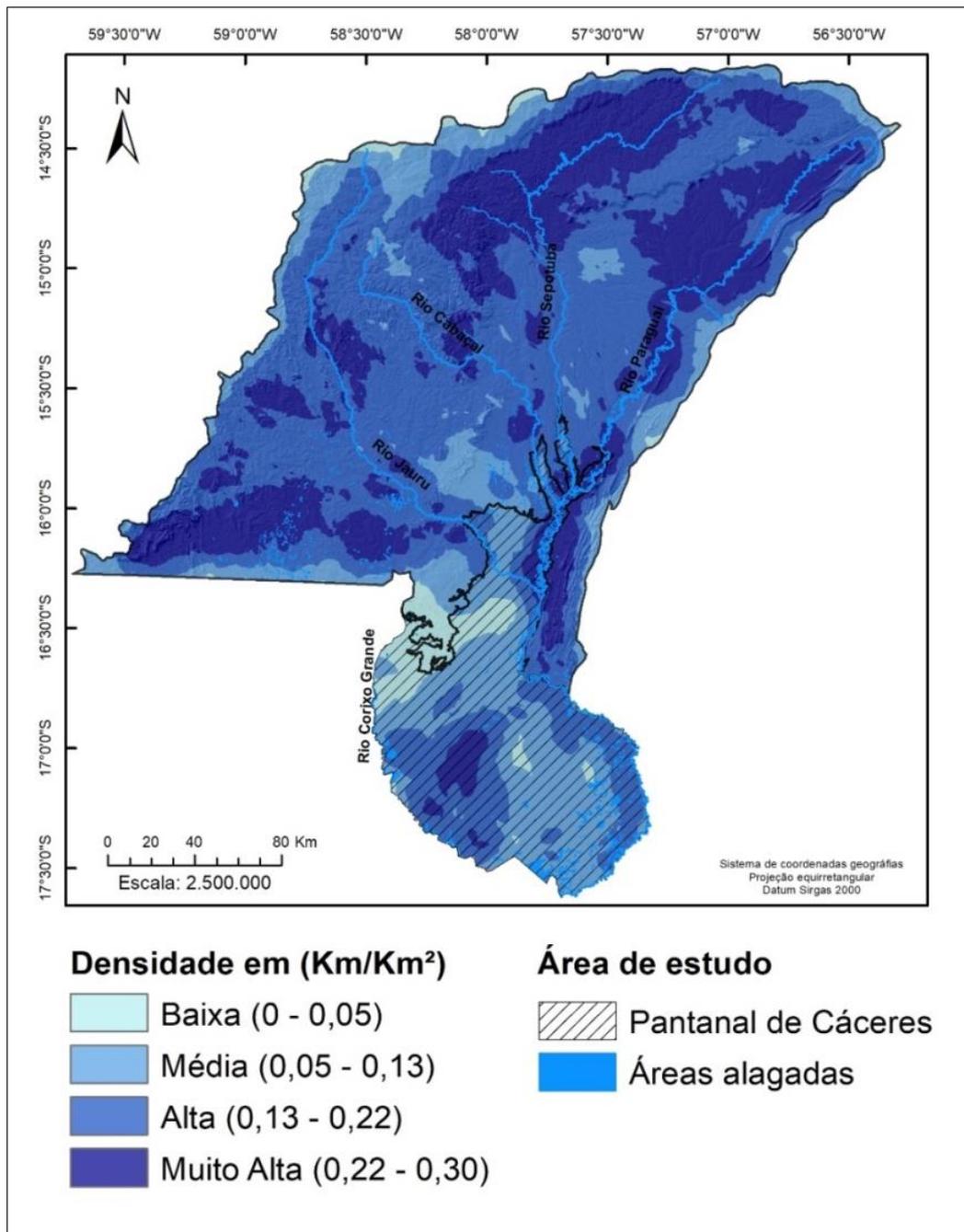
Na bacia do rio Sepotuba, destaca-se Alta e Muito Alta a densidade de drenagem. O trecho em que ocorre Muito Alta a densidade encontra-se em área de ocorrências de rochas ígneas e metamórficas, que contribuem para escoamento pluvial e surgimentos de rede de drenagem.

Observa-se Alta e Muito Alta a densidade de drenagem ao longo do corredor fluvial do rio Paraguai, o que está relacionado aos canais secundários resultantes da migração lateral. A concentração de cursos de águas que desaguam na margem esquerda do rio Paraguai contribui para o aumento da densidade. Tais cursos d'águas possuem suas nascentes ou percorrem os vales da Província Serrana, embasados em rochas da Formação Sepotuba, com baixa permeabilidade.

No leque aluvial do rio Jauru, a evidência é de Alta e Muito Alta a densidade, o que está associada aos canais fluviais do leque e aos corixos. O leque aluvial possui rede de drenagem, que corta as formas de acumulação antigas e recentes, que constituem vários níveis de acumulação fluvial (SOUZA, 2004, p.11).

Desse modo, pode-se concluir que a área de recarga possui predominantemente Alta densidade de drenagem, enquanto que, no Pantanal de Cáceres, ocorre drenagem Média. A média densidade de drenagem está relacionada às características pedológicas apresentadas anteriormente, que não favorecem a infiltração de água no solo, somado à topografia situada em planície. A região permanece periodicamente inundada, com baixa gradiente para o escoamento das águas, fato que corrobora o resultado obtido no mapeamento, indicando menor densidade de drenagem na área pantaneira que na área de recarga (Figura 3).

Figura 3 – Densidade de drenagem na Bacia do Alto Paraguai



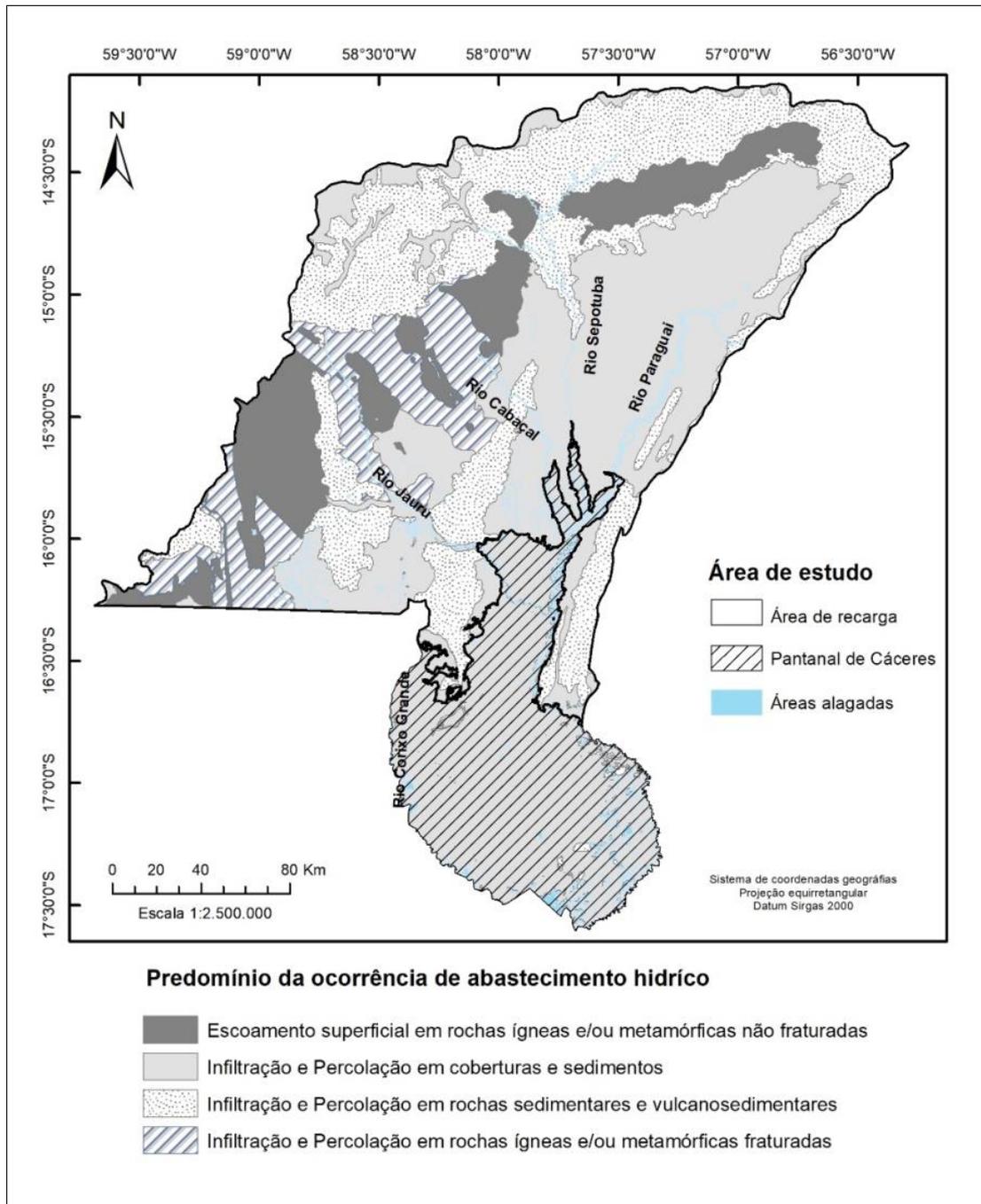
Fonte: Autores, 2021.

Ocorrência hídrica dominantes na Bacia do Alto Paraguai

A combinação dos fatores apresentados pelas características geológicas (textura, declividade, porosidade e fraturamento das rochas) permitiu mostrar as áreas que

caracterizam a captação de água para os aquíferos, por infiltração e percolação, em ambientes estruturais ígneas, metamórficos, sedimentares e materiais superficiais e escoamento superficial (Figura 4).

Figura 4 – Formas de abastecimento hídrico dominantes na Bacia do Alto Paraguai



Fonte: Autores, 2021.

A Área de recarga contribuiu para o abastecimento do Pantanal de Cáceres devido à atuação dos seguintes processos: escoamento superficial, infiltração e percolação. As diferentes dinâmicas da água estão associadas às características geológicas (textura, porosidade e faturamento das rochas) e declividade do terreno. Nas estruturas ígneas e metamórficas, predominou o escoamento superficial e, nas estruturas sedimentares, preponderou a infiltração e percolação.

A capacidade de recarga do lençol freático por infiltração e o processo de escoamento superficial nas diferentes ocorrências geológicas ocorrem no grupo em que predominam as rochas ígneas com a presença de materiais finos e a baixa porosidade. O escoamento superficial é favorecido nas unidades de Água Clara, Alvorada, Figueira Branca, Guapé, Lajes, Rio Branco, Santa Cruz, Santa Helena, Santa Rita, São Domingos, Serra do Baú, Vale do Alegre, Tonalito Cabaçal e Formação Tapirapuã,

Os materiais de origem ígnea e/ou metamórfica (com fissuras) contribuem para infiltração e percolação da água em Alto Guaporé, Rio Alegre, Grupo Alto Jauru. Ao mesmo tempo, as rochas sedimentares (fraturas, fendas e alta porosidade) correspondem às Litofácies Araras, Cobertura detrítica-laterítica ferruginosa, Depósitos aluvionares, Depósitos pantanosos, Formação Diamantino, Fortuna, Jauru, Morro Cristalino, Pantanal, Puga, Raizama, Salto das Nuvens, Utariti e Vale da Promissão.

Tais características, a partir da análise dos dados demonstrados, apontam que na Bacia do Alto Paraguai, na área de recarga e Pantanal de Cáceres, ocorre escoamento superficial em 12%. Os processos de recarga, até o nível de base, pela infiltração em fissuras, textura porosa, ocorrem em 88% da área total em estudo.

A vazão o rio Paraguai na área de recarga variou de 141,55 e 163,36 m³/s no período chuvoso e de 106,08 a 123,26 m³/s na estiagem. A vazão no rio Paraguai no Pantanal de Cáceres (na Estação de Descalvado) no período chuvoso variou entre 973,05 a 578,73 m³/s; no período de estiagem, entre 298,05 a 310,23 m³/s.

Considerações finais

A execução da pesquisa proporcionou o conhecimento das unidades geológicas que contribuem para a disponibilidade de água no Pantanal. Desse modo, o estudo permitiu verificar a capacidade de recarga e infiltração, bem como o processo de escoamento superficial nas diferentes ocorrências geológicas da Bacia do Alto Paraguai. No caso das rochas ígneas e metamórficas, cujas fraturas contribuem para a infiltração da água, a declividade do relevo em que aparecem torna predominante o escoamento superficial. Contrariamente, a elevada porosidade das rochas sedimentares, de conjunto com as fraturas nelas presentes, contribui para que ocorra infiltração e percolação da água.

Referências

ASSINE, M. L. **Sedimentação na bacia do pantanal mato-grossense, Centro-Oeste do Brasil**. 2003, 115 f. Tese (Livre-docência). UNESP, Franca, SP. 2003.

BRASIL, MMA – PCBAP – **Análise integrada e prognóstico da bacia do Alto Paraguai, Pantanal**. v. I e III – P.N.M.A – Brasília, 1997. Disponível em: <<https://www.bdpa.cnptia.embrapa.br/consulta/>>. Acesso em: 20 maio 2021.

CORRADINI, F. A.; ASSINE, M. L. Compartimentação geomorfológica e processos deposicionais no megaleque fluvial do rio São Lourenço, pantanal mato-grossense. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v. 42, p. 20-33, 2012. Disponível em: <<http://www.ppegeo.igc.usp.br/index.php/rbg/article/view/7997>>. Acesso em: 20 maio 2021.

CPRM. **Geodiversidade do estado do Mato Grosso** (Juliana Maceira Moraes Org.). Goiânia: CPRM, 2010.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. In: Reunião técnica de levantamento de solos, 10, 1979, Rio de Janeiro. **Súmula...** Rio de Janeiro, 1979. 83p. Disponível em: <<https://edepot.wur.nl/480004>>. Acesso em: 16 jan. 2021.

FACINCANI, E. M. et al. **Sismicidade da bacia do pantanal mato-grossense**. XIII Simpósio Nacional de Estudos Tectônicos (XIII SNET). Campinas, SP, 2011. Disponível em: <<https://repositorio.usp.br/item/002285065>>. Acesso em: 16 jan. 2021.

FITZ, P. R. **Geoprocessamento sem complicação**. Oficina de textos, 2018.

GALVANIN, E. A. S. et al. Avaliação dos Índices de Vegetação NDVI, SR e TVI na discriminação de fitofisionomias dos ambientes do Pantanal de Cáceres, MT. **Ciência**

Florestal, v. 24, n. 3, p. 707-715, 2014. Disponível em: <<https://periodicos.ufsm.br/cienciaflorestal/article/view/4090>>. Acesso em: 18 mar. 2021.

KARMANN, I. Ciclo da água subterrânea e sua ação geológica, In: TEIXEIRA et al. (Org.) **Decifrando a Terra**. 5. ed. São Paulo: Oficina de Textos / Edusp, pub., 2001. pp.114-138.

MORENO, G.; HIGA, T. C. S. (Org.) **Geografia do Mato Grosso: território, sociedade, ambiente**. Cuiabá, Entrelinhas, 2005.

NEVES, S. M. A. S. et al. Geotecnologias aplicadas na identificação e classificação das unidades ambientais do Pantanal de Cáceres, MT, Brasil. **Revista Geografia**, [S.l.], v. 34, p. 795-805, 2009. Disponível em: <<https://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/ageteo/article/view/4869>>. Acesso em: 18 mar. 2021.

OLAYA, V. **Sistemas de Información Geográfica**. Libro SIG, 2011.

OLIVEIRA, E. C. **Rochas carbonáticas continentais (Quaternário) do pantanal mato-grossense e adjacências**. 2013. 133f. Tese (Doutorado em Geotectônica) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013. doi: 10.11606/T.44.2013.tde-14112013-111133. Acesso em: 18 mar. 2021.

SILVA, J. S. V.; ABDON, M. M. Delimitação do Pantanal Brasileiro e suas sub-regiões. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v.33, Número Especial, Brasília. 1998. p. 1703-1711. Disponível em: <<https://seer.sct.embrapa.br/index.php/pab/article/view/5050>>. Acesso em: 23 abr. 2021.

SOUZA, C. A. **Bacia hidrográfica do rio Paraguai, MT: dinâmica das águas, uso e ocupação e degradação ambiental**. São Carlos: Ed Cubo, 2012.

SOUZA, C. A. **Dinâmica do corredor fluvial do rio Paraguai entre a cidade de Cáceres e a Estação Ecológica da ilha de Taiamã, MT**. 2004. 173 f. Tese (Doutorado em Geografia). Centro de Ciências Matemáticas e da Natureza, Universidade Federal do Rio de Janeiro, UFRJ, Rio de Janeiro, 2004.

SOUZA, C. A.; LANI, J. L.; SOUSA, J. B. **Origem e evolução do pantanal mato-grossense**. VI Simpósio nacional de geomorfologia/regional conference on geomorphology. Geomorfologia tropical e subtropical: processos, métodos e técnicas/Tropical and subtropical geomorphology: processes method sand techniques. Goiânia, v. 6, p. 6-10, 2006. Disponível em: <<https://periodicos.ufpe.br/revistas/revistageografia/article/download/228920/23331>>. Acesso em: 23 abr. 2021.

SOUZA, C. A.; SOUSA, J. B. Dinâmica das águas do rio Paraguai, no alto curso da bacia hidrográfica do Paraguai, no trecho cidade de Cáceres e a estação ecológica da ilha de Taiamã. Mato Grosso/Brasil. In: XII Encuentro de Geógrafos de América Latina. **Anais...** Caminando en una América Latina en transformación. Montevideú, 2009. Disponível em: <<http://observatoriogeograficoamericalatina.org.mx/egal12/Geografiasocioeconomica/Geografiacultural/37.pdf>>. Acesso em: 23 abr. 2021.

SOUZA, C. A.; SOUZA, J. B. Pantanal mato-grossense: origem, evolução e as características atuais. **Revista Eletrônica da Associação dos Geógrafos Brasileiros** Seção Três Lagoas, v. 11, p. 34-54, 2010. Disponível em: <<https://periodicos.ufms.br/index.php/RevAGB/article/view/654>>. Acesso em: 18 mar. 2021.

SOUZA, C. A. et al. Informações preliminares sobre transporte de sedimentos no rio Paraguai entre a cidade de Cáceres e a estação ecológica da ilha de Taiamã, Pantanal Superior, Mato Grosso, Brasil. **Recursos Hídricos**, Lisboa, Portugal, v. 36, n. 2, p. 47-55, 2015. Disponível em: <http://www.aprh.pt/rh/pdf/rh36_n2-4.pdf>. Acesso em: 23 out. 2018.

TEIXEIRA, W. et al. (Org.). **Decifrando a Terra**. São Paulo: Oficinas de Texto.

Autores

Thales Ernildo de Lima – É Graduado e Mestre em Geografia pela Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT). Atualmente é Professor do ensino básico na rede estadual de Mato Grosso.

Endereço: Av. Tancredo Neves, 1095 - Cavahada II 78217-900 - Cáceres - Mato Grosso.

Cristiane da Silva Lima – É Graduada e Mestra em Geografia pela Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT). Atualmente é Doutoranda em Ciências Ambientais pela Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT) e Professora do ensino básico na rede estadual de Mato Grosso.

Endereço: Av. Tancredo Neves, 1095 - Cavahada II 78217-900 - Cáceres - Mato Grosso.

Celia Alves de Souza – É Graduado em Geografia pela Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS), Mestra e Doutora em Geografia pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Atualmente é Professora do programa de Pós Graduação em Geografia e Ciências Ambientais pela Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT) e é Bolsista de Desenvolvimento Científico Regional do CNPq - Nível A.

Endereço: Av. Tancredo Neves, 1095 - Cavahada II 78217-900 - Cáceres - Mato Grosso.

Artigo recebido em: 29 de junho de 2021.

Artigo aceito em: 16 de novembro de 2021.

Artigo publicado em: 01 de janeiro de 2022.