

Análise da vulnerabilidade natural e ambiental na Bacia Hidrográfica do Rio Jauru-MT

Camila Calazans da Silva Luz¹
Sandra Mara Alves da Silva Neves¹
Alexander Webber Perlandim Ramos²
Gessica de Jesus Oliveira Silva¹

¹Universidade do Estado de Mato Grosso-UNEMAT
Laboratório de Geotecnologias– Labgeo UNEMAT

Av. Santos Dumont, s/n.,sala 09, Bloco 01 -Lobo.
78200-000 – Cáceres– MT, Brasil

camila_agronomia@hotmail.com;
ssneves@unemat.br;
gessica.unemat@gmail.com

²Universidade do Estado de Mato Grosso - UNEMAT
Rodovia MT-358, Km 07, Jardim Aeroporto
78300-000 - Tangará da Serra - MT, Brasil
webber.unemat@gmail.com

Resumo. A vulnerabilidade natural retrata a pré-disposição do ambiente frente a fatores naturais, como: geomorfologia, geologia, solos. Enquanto a vulnerabilidade ambiental é qualquer suscetibilidade do ambiente a um impacto potencial provocado por um uso antrópico. O escopo desta pesquisa é determinar a vulnerabilidade natural e ambiental na Bacia Hidrográfica do Rio Jauru, no estado brasileiro de Mato Grosso, na perspectiva de que os resultados gerados contribuam no planejamento e na gestão ambiental. Foi efetuada a identificação das características dos solos, geologia, declividade e cobertura vegetal e uso da terra. Sendo esta última variável gerada através de imagens do Landsat 8 da bacia em questão em Sistema de Informação Geográfica. Os mapas temáticos foram combinados para obtenção da vulnerabilidade natural e ambiental. A vulnerabilidade natural foi média em aproximadamente 35% da área do estudo, baixa em 25%, alta em 20%, muito baixa 15% e muito alta em 5%. Os altos valores de vulnerabilidade natural são devidos à presença de áreas que ainda possuem vegetação natural ou que são recobertas por pastagens, implicando na redução da vulnerabilidade ambiental. Constatou-se que 37% da bacia apresentam vulnerabilidade ambiental muito baixa a baixa. Na Bacia Hidrográfica do Rio Jauru os impactos ambientais mais sensíveis são decorrentes do uso inadequado do solo e da falta de medidas de manejo conservacionistas, como a utilização da terra conforme sua aptidão, considerando as áreas de maior vulnerabilidade.

Palavras-chave: geotecnologias, análise ambiental, uso da terra, Pantanal.

Abstract. The natural vulnerability portrays the pre-disposition of the environment against natural factors, such as geomorphology, geology, soils. While environmental vulnerability is any susceptibility to potential impact from anthropogenic use. The scope of this research is to determine the natural and environmental vulnerability in the Jauru River Basin, in the Brazilian state of Mato Grosso, in the perspective that the generated results contribute to the planning and environmental management. Identification of soil characteristics, geology, slope and vegetation coverage and land use were carried out. This last variable is generated through images of Landsat 8 of the cited basin in Geographic Information System. Thematic maps were combined to achieve natural and environmental vulnerability. Natural vulnerability was average at approximately 35% of the study area, low at 25%, high at 20%, very low at 15% and very high at 5%. The high values of natural vulnerability due to the presence of areas that still have natural vegetation or pastures, implying in the reduction of environmental vulnerability, cover them. It was found that 37% of the basin present very low-to-low environmental vulnerability. In the Jauru River Basin, the most sensitive environmental impacts are due to the inadequate use of the soil and the lack of conservation management measures, such as land use according to its suitability, in the most vulnerable areas.

Keywords: geotechnologies, environmental analysis, environmental conservation.

1. Introdução

Nos últimos anos a paisagem tem passado por fortes e constantes interferências humanas que acarretam em alterações nos componentes naturais e, por consequência, no estado de equilíbrio da dinâmica ecológica.

Segundo Bertrand (1968), a paisagem é resultado da combinação dinâmica, portanto instável entre elementos físicos, biológicos e antrópicos em um determinado espaço. Dessa maneira, as modificações dos componentes da paisagem podem causar diversos impactos ao ambiente, ocasionando diretamente na redução do fluxo de processos naturais, comprometendo funções básicas dos ecossistemas (Neves et al., 2014).

Assim, a vulnerabilidade ambiental é definida como o inverso da capacidade da paisagem de absorver possíveis alterações sem perda da qualidade (Trevisan et al., 2018a). Está relacionada com o conjunto de fatores ambientais de mesma natureza que um determinado espaço natural possui que frente às atividades antrópicas recorrentes ou que venham a se manifestar, poderá sofrer adversidades e com isso acabe afetando de forma vital, parcial ou total a estabilidade ecológica de determinada área natural (Cunha et al. 2011; Kreitlow et al., 2016; Trevisan et al., 2018a).

De acordo com Florenzano (2008), para a análise de vulnerabilidade ambiental, é considerado o grau de maturidade como o produto direto do balanço morfogênese/pedogênese, indicando claramente se prevalecem os processos erosivos da morfogênese, que geram solos jovens, pouco desenvolvidos, ou se, no outro extremo, as condições de estabilidade permitem o predomínio dos processos de pedogênese, geram solos maduros, profundos, lixiviados e bem desenvolvidos.

Diante disso, estudos relacionados à temática de vulnerabilidade ambiental tem se tornado cada vez mais necessário, pois permitem obter informações em curto espaço de tempo sobre a estrutura da paisagem tendo em vista suas características (Ritters et al., 1995; Trevisan et al., 2018b). Contribui ainda para o avanço das discussões sobre a utilização dos recursos naturais e do ordenamento territorial, considerando que a capacidade de suporte dos ecossistemas está diretamente relacionada às características específicas de cada paisagem natural (Trevisan et al., 2018b).

Para tanto, a adoção de bacias hidrográficas como unidade de análise para a avaliação dos impactos causados pelo homem, possibilita um planejamento mais adequado dos recursos naturais (Bueno et al., 2011), visto que as "... bacias hidrográficas integram uma visão conjunta do comportamento das condições naturais e das atividades humanas nelas desenvolvidas" (Guerra e Cunha, 1996: p. 353).

Nessa perspectiva, a utilização de ferramentas para levantamento de dados e análises espaciais, pertencentes ao campo das geotecnologias, possibilita fornecer informações relevantes na avaliação das condições ambientais, servindo como um instrumento de grande potencial para o estabelecimento de planos integrados de conservação do solo e água, e dos ecossistemas em geral (Flauzino et al., 2010).

Face do exposto, o diagnóstico do estado de vulnerabilidade ambiental das paisagens adotando as geotecnologias como ferramenta de suporte pode contribuir no planejamento e gestão ambiental, colaborando na proteção e conservação das paisagens das unidades hidrográficas que compõem a Bacia do Alto Paraguai (BAP), que contém o bioma Pantanal.

2. Objetivo

Determinar a vulnerabilidade natural e ambiental na Bacia Hidrográfica do Rio Jauru, no estado brasileiro de Mato Grosso, na perspectiva de que os resultados gerados contribuam no planejamento e na gestão ambiental daquela área.

3. Material e Métodos

3.1. Área de estudo

A Bacia Hidrográfica do Rio Jauru (BHRJ), possui uma extensão territorial de 11.697,72 km², situada na região Sudoeste de Planejamento do estado de Mato Grosso (Mato Grosso, 2017), cuja extensão encontra-se distribuída em quatorze municípios (**Figura 1**).

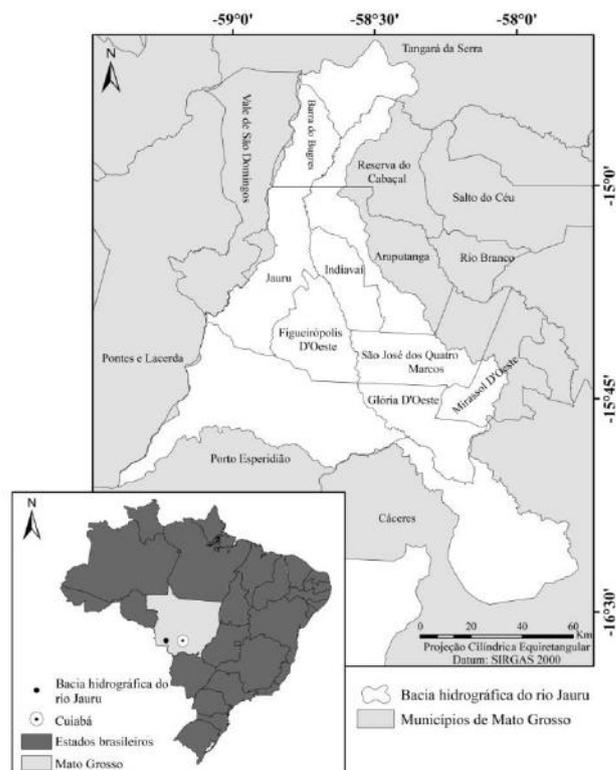


Figura 1. Bacia Hidrográfica do Rio Jauru nos contextos nacional, estadual e municipal. Elaboração: os autores (2018).

A BHRJ é composta por relevos de planalto e planície, drenadas pelo rio Jauru e seus afluentes. Contém áreas de transição entre a Savana e a Floresta Amazônica. O tipo de clima predominante, de acordo com Tarifa (2011), é o Tropical quente e úmido.

A economia dos municípios em que a bacia possui extensões é baseada na agropecuária, que influencia em 21% no Produto Interno Bruto - PIB estadual.

3.2 Procedimentos metodológicos

Esse estudo baseou-se nas propostas metodológicas de Grigio (2003), Carrijo (2005) e Klais et al. (2012), conforme relatado a seguir. Inicialmente adquiriram-se dados cartográficos da Bacia de estudo em órgãos públicos (SEPLAN/MT e IBGE). Tais dados foram posteriormente processados e organizados em um banco de dados em ambiente SIG.

Para obtenção do mapa de vulnerabilidade ambiental, que visa mostrar a predisposição do ambiente frente a fatores ambientais naturais, foram utilizados mapas de geologia, mapa de aptidão do solo e declividade, que posteriormente foram reclassificados para atribuição dos valores de vulnerabilidade para cada atributo.

Os dados de geologia foram obtidos no sítio da Secretaria de Estado de Planejamento e Coordenação Geral de Mato Grosso - SEPLAN/MT, na escala de 1:250.000. O previsto em Santos et al. (2013) também serviu de base para a seleção do padrão de cores e convenções cartográficas para apresentação do mapa temático.

O mapa de aptidão, obtido na SEPLAN/MT, foi produzido seguindo o Sistema de Avaliação da Aptidão Agrícola das Terras - SAAT (Ramalho Filho e Beek, 1995). Esse modelo considera os níveis de manejo tecnológico, admitindo grupos como: lavouras, pastagem natural e plantada, silvicultura e áreas inaptas indicadas para preservação de flora e fauna, visando avaliar as condições agrícolas de cada unidade de mapeamento de solo. Existem ainda fatores de limitações que podem dificultar ou até mesmo impedir a utilização das terras, atuando de forma integrada ou separadamente.

Em relação ao mapa de declividade, foram utilizadas as cenas do *SRTM*, banda C, com resolução espacial de 30x30 metros, que foram mosaicadas e recortadas pela área de estudo. Sequentemente procedeu-se a conversão do *datum* de WGS 84 para SIRGAS 2000 e adotando-se as coordenadas métricas UTM – Fuso 21. Os procedimentos metodológicos basearam-se na metodologia de Fornelos e Neves (2007). As fases do relevo foram classificadas conforme Santos et al. (2013), como segue: declividade de 0 a 3% - Plano; de 3,1 a 8% - Suave Ondulado; de 8,1 a 20% - Ondulado; de 20,1 a 45% - Forte Ondulado; de 45,1 a 75% - Montanhoso; e >75% - Escarpado.

A combinação dos mapas de vulnerabilidade natural e cobertura vegetal e uso da terra resultou no mapa de vulnerabilidade ambiental, que refere-se à suscetibilidade do ambiente a pressões antrópicas (Grigio, 2003).

O mapa de cobertura vegetal e uso da terra foi elaborado utilizando as imagens do satélite *Landsat 8*, órbitas/pontos 227/71 e 228-70 e 71, do ano de 2016. Foram realizados os seguintes procedimentos: recorte, segmentação e classificação supervisionada no Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas – *SPRING*, do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE (Câmara et al., 1996). Para a segmentação utilizou-se o método de crescimento de regiões, cujos valores de similaridade e área foram 50, respectivamente. Para execução da classificação supervisionada foi utilizado o classificador *Bhattacharya*, com limiar de aceitação de 99,99% e foram estabelecidas sete classes, com base no Manual técnico para vegetação e uso da terra (Brasil, 2012). Na pós-classificação as classes mapeadas foram validadas e/ou corrigidas, por meio dos dados obtidos no campo.

Na álgebra de mapas cada representação cartográfica relativa aos atributos ambientais (geologia, aptidão do solo, fase do relevo e cobertura vegetal e uso da terra) será utilizada como uma evidência, recebendo seus componentes um peso diferente, dependendo da importância para com a hipótese em consideração. O resultado desse procedimento é um mapa com áreas que expressam um grau de importância relativa, através dos valores numéricos de saída (Câmara et al., 2001). Assim sendo, o grau de vulnerabilidade foi distribuído em uma escala de 1 a 3, respeitando os intervalos de 0,5. Nos ambientes onde há o predomínio da pedogênese, apresentando vulnerabilidade muito baixa, atribuiu-se o valor 1. Com o aumento da influência dos processos erosivos, o grau de vulnerabilidade aumenta até atingir o valor máximo, ou seja, 3, representando ambientes de vulnerabilidade muito alta.

Na **Tabela 1** estão apresentados os pesos atribuídos para os atributos ambientais (mapas temáticos) da Bacia hidrográfica do Rio Jauru utilizado para obtenção das vulnerabilidades.

Tabela 1. Pesos atribuídos aos atributos ambientais (Plano de informação) para obtenção das vulnerabilidades natural e ambiental.

Atributos Ambientais	Peso
Geologia	
Aluviões Atuais	3
Formação Araras	3
Formação Fortuna	3
Formação Jauru	3
Formação Morro Cristalino	3
Formação Pantanal	3
Formação Puga	3
Formação Raizama	3
Formação Salto das Nuvens	1
Formação Utiriti	3
Complexo Xingu	2
Ígneas Alcalinas	1
Sequências Metavulcano-Sedimentares do Planalto de Jauru	3
Suíte Intrusiva Guapé	2
Suíte Intrusiva Rio Alegre	2
Aptidão agrícola	
ABC - Terras pertencentes à classe de aptidão boa para lavoura nos níveis de manejo A, B e C	3
Abc - Terras pertencentes à classe de aptidão boa para lavoura nos níveis de manejo A, B e regular no nível C	3
AB(c) - Terras pertencentes à classe de aptidão boa para lavoura nos níveis de manejo A, B e restrita para o nível C	3
2a(b) - Terras pertencentes à classe de aptidão regular para lavoura no nível de manejo A, restrita no nível B e inapta no nível C	2
2Bc - Terras aptidão inaptas para lavoura no nível de manejo A, boa no nível B e regular no nível C	2
3(b)c - Terras inaptas para lavoura no nível de manejo A, restrita no nível B e regular no nível C	2
4P – Terras inaptas para lavoura e com aptidão boa para pastagem plantada	1
5p – Terras inaptas para lavoura com aptidão regular para pastagem plantada	1
6(p) – Terras indicadas para preservação da fauna e flora com aptidão restrita para pastagem plantada	1
8 (s) – Terras com aptidão restrita para Silvicultura	1
000 - Terras sem aptidão Agrícola	1
Fases do relevo	

Plano (0 - 3%)	1
Suave Ondulado (3,1 – 8%)	2
Ondulado (8,1 – 20%)	2,5
Forte Ondulado (20,1 – 45%)	3
Cobertura vegetal e uso da terra	
Agricultura	3
Áreas degradadas por mineração	3
Água	1
Influência Urbana	3
Pecuária	2,5
Silvicultura	2
Vegetação	1

Organização: os autores (2018).

Para operacionalização da álgebra de mapa procedeu-se a operação de intersecção entre os mapas dos atributos ambientais no software ArcGis, versão 10.5, resultando primeiramente no mapa de vulnerabilidade natural (VN) e posteriormente no de vulnerabilidade ambiental (VA). Tanto a VA, quanto a VN, referem-se à média aritmética dos valores de vulnerabilidade de cada atributo ambiental. O resultado da média aritmética foi distribuído em seis classes, conforme proposto por Grigio (2003): Sem classificação (menor ou igual a 0,9), muito baixa (de 1,0 a 1,3 de vulnerabilidade), baixa (de 1,4 a 1,7 de vulnerabilidade), média (de 1,8 a 2,2 de vulnerabilidade), alta (de 2,3 a 2,5 de vulnerabilidade) e muito alta (maior ou igual a 2,6 de vulnerabilidade).

4. Resultados e Discussão

A classe de vulnerabilidade natural média representou 463.020,75 ha da extensão da bacia (**Figura 2 A**), sendo constituída pela Formação Araras, Aluviões atuais, Formação Fortuna, Formação Pulga, Formação Morro Cristalino, Formação Pantanal, Formação Raizama, Formação Salto das Nuvens, Formação Utiariti e Suíte Intrusiva Guapé. Os solos são aptos para pastagens e com restrições quanto ao manejo na agricultura, apresenta declividade variável, porém em sua maioria plana.

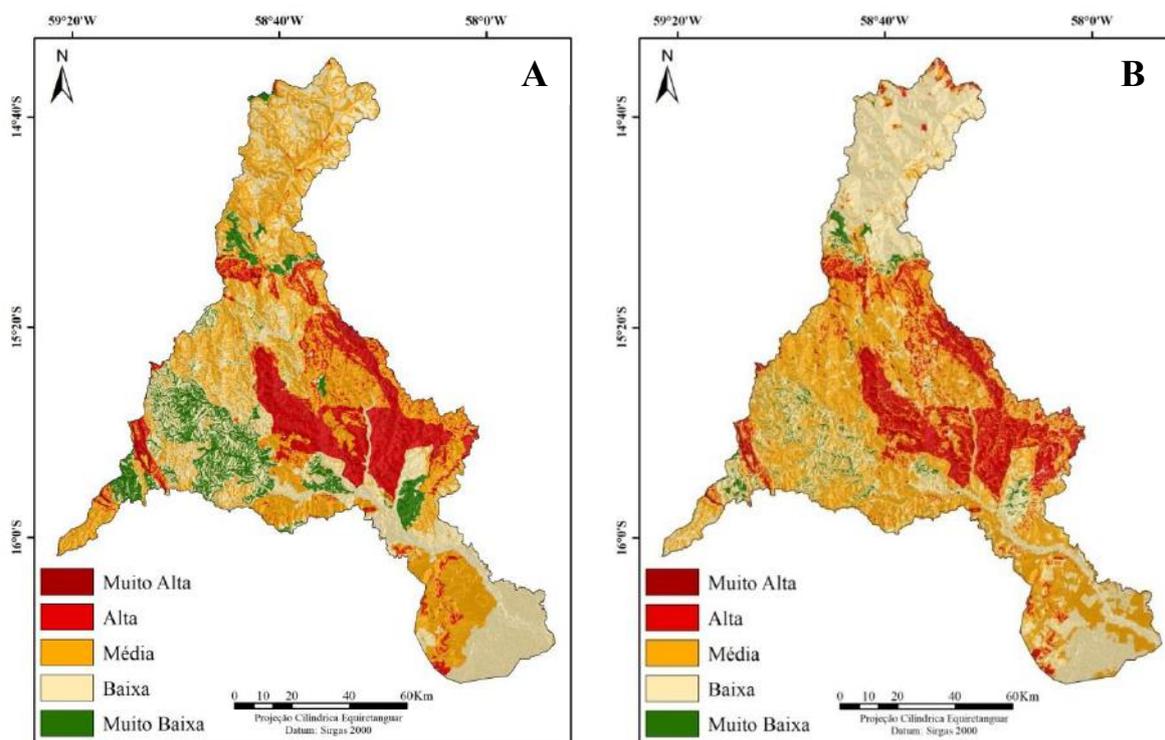


Figura 2. Vulnerabilidade natural (A) e Ambiental (B) da Bacia Hidrográfica do Rio Jauru – MT. Elaboração: Os autores (2018).

A vulnerabilidade natural baixa se concentra em áreas predominantemente planas, com áreas restritas e regulares para pastagem plantada – 6(p) e 5(p) correspondeu a 384.361,41 ha. Essa classe ocorre por toda a bacia, no entanto sua maior representação situa-se na porção sudoeste, disposta em Plintossolos Háplicos.

Esse tipo de solo possui características limitantes como impedimento de drenagem e periodicidade de inundação, que tem como consequência a formação de um horizonte plíntico (Santos et al., 2013). Entretanto, a vegetação natural como pastejo extensivo pode constituir uma alternativa, em determinadas épocas do ano. Relativo ao solo quando ocorre o rebaixamento acentuado do lençol freático, a plintita tende a endurecer de maneira irreversível, dificultando o manejo do solo (Martins et al., 2006).

As áreas de vulnerabilidade natural alta e muito alta totalizaram 290.508,83ha. Nestes lugares ocorre a influência direta da declividade acentuada (Relevos Ondulado a Forte ondulado) e sua formação litológica (Sequência Metovulcano-Sedimentares do Planalto do Jauru, Complexo Xingu, Formação Jauru, Formação Pantanal, Suíte intrusiva Guapé, Suíte intrusiva Rio Alegre e Formação Pulga), possui formas convexas em relação à geomorfologia. Há algumas áreas aptas para agricultura com e sem restrições nos níveis de manejo.

Segundo Brasil (2009), as áreas convexas são caracterizadas por relevos de topo convexas com diferentes ordens de grandeza e aprofundamento de drenagem, separados por vales de fundo plano. De acordo com Zanella et al. (2011) em situações como a supracitada deve-se atentar a legislação ambiental pertinente, incentivar o emprego de tecnologias de menor impacto, promover a aplicação dos planos de controle e monitoramento ambiental e a adoção de medidas compensatórias e de práticas ambientalmente corretas.

A vulnerabilidade natural muito baixa representa 105.980,36 ha da extensão da bacia. Quanto à geologia, é formada pelo Complexo Xingu, Formação Pulga e Suíte Intrusiva Rio Alegre, com Argissolos vermelhos e relevo Plano a Suave ondulado. Essas áreas são indicadas

de forma regular para pastagem plantada e para lavoura no nível B e C e em alguns lugares Restrita no nível B e inapta no nível C.

A baixa fertilidade natural apresentada pelos solos da área de estudo foi considerada como limitação agrícola, por serem altamente erodíveis, contudo o manejo com alta tecnologia pode auxiliar a correção dessa limitação. Lumbreras et al. (2015) explica que o gradiente textural, típico de solos com horizonte B textural, assim como um conteúdo mais elevado de argila dos horizontes subsuperficiais, propiciam a redução da infiltração e acentuam o deflúvio superficial, contribuindo para sua maior suscetibilidade à erosão.

Na vulnerabilidade ambiental predomina a classe média, que correspondeu a 40,31% da extensão territorial da unidade hidrográfica investigada (**Figura 2 B**), sendo constituídas por áreas anteriormente ocupadas pela formação vegetal de Savana, o que propiciou a expansão da pecuária em áreas de relevo Plano a Ondulado.

A aptidão do solo variou de boa, para lavouras (1ABC), a sem aptidão agrícola (000), indicadas em sua maioria para pastagem plantada. Todavia, na BHRJ devido ao manejo inadequado da pastagem, tem ocorrido a degradação do solo (**Figuras 3 e 4**).



Figura 3. Área pastagem em processo de degradação no município de Jauru - MT. Fonte: LabGeo Unemat (2017).



Figura 4. Processos erosivos em áreas de município de Figueirópolis D'Oeste - MT. Fonte: LabGeo Unemat (2017).

De acordo com Moreira et al. (2005) o uso contínuo de equipamentos inadequados na preparação do solo, uso de pastagens constituídas de forrageiras exigentes em fertilidade num regime extensivo de pastejo, a falta de reposição dos nutrientes, acidificação do solo, a perda da matéria orgânica e a compactação do solo, diminuem a eficiência das pastagens que resulta em rápida degradação do solo. Dias Filho (2011) relata que cerca de 70 milhões de hectares de pastagens, nas regiões Centro-Oeste e Norte do Brasil, estão degradadas ou em processo de degradação, isto é, estão recobertas por pastagens improdutivas ou de muito baixa produtividade.

As classes de vulnerabilidade ambiental baixa e muito baixa somaram 36,71% da extensão da bacia, estando localizadas em sua maioria na porção sul, onde há o predomínio da vegetação natural devido, principalmente aos solos que são inaptos para atividades agropecuárias e na porção sudeste onde ocorre a planície pantaneira (**Figuras 5 e 6**).



Figura 5. Vegetação natural no município de Reserva do Cabaçal - MT. Fonte: LabGeo Unemat (2017).



Figura 6. Área pantaneira no município de Cáceres -MT. Fonte: LabGeo Unemat (2017).

A manutenção da vegetação, assim como o predomínio de relevo plano, é de fundamental importância para manutenção da baixa e muito baixa vulnerabilidade ambiental. Assim sendo, pode-se considerar que áreas mais estáveis são aquelas que possuem vegetação nativa, onde foi aferido o valor mais baixo de vulnerabilidade, indicando estabilidade nessas áreas decorrente do lento escoamento superficial que influencia diretamente na capacidade de erosão do solo (Lopes e Saldanha, 2016).

As classes de alta e muito alta vulnerabilidade ambiental predominaram na porção centro-leste (17,71%) do território estudado. A formação geológica correspondeu a Sequências Metavulcano-Sedimentares do Planalto de Jauru, Formação Pantanal, Formação Jauru, Formação Fortuna/Formação Vale da Promissão, Formação Utariti, Formação Salto das Nuvens, Formação Araras, Formação Pulga e Complexo do Xingu, com relevo variando de Plano à Forte ondulado. A aptidão oscilou de boa, para lavouras em todos os tipos de manejo (1ABC); até sem aptidão, para uso agrícola; e com aptidão restrita, para pastagem plantada (6(p)), sendo designadas exclusivamente à conservação. Atualmente essas áreas são ocupadas pela pecuária extensiva, agricultura e influência urbana. Em áreas como estas, Zanella et al. (2011) recomendam que deve-se cumprir a legislação ambiental pertinente, incentivar o emprego de tecnologias menos impactantes, promover a aplicação dos planos de controle e monitoramento ambiental e a adoção de medidas compensatórias e de práticas ambientalmente corretas.

5. Conclusão e sugestão

A classe alta de vulnerabilidade natural ocorre em áreas que possuem vegetação natural e/ou recobertas por pastagens, que é a principal atividade econômica da região, influenciando na vulnerabilidade Ambiental, que nessas áreas são média e baixa.

Na Bacia Hidrográfica do Rio Jauru os impactos ambientais podem ser atribuídos principalmente ao uso inadequado do solo, ou seja, em desconformidade com sua aptidão. Portanto, sugere-se a incorporação no manejo agrícola das informações relativas às vulnerabilidades natural e ambiental.

6. Referências

Bertrand, G. Paysageet geographie Physique Globale: esquisse méthodologique. *Revue Géographique des Pyrénées Du Sud-Ouest*, v. 39, n. 3, p. 249-272, 1968.

- Brasil. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual técnico de vegetação brasileira**. 2 ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2012.271p.
- Brasil. **Manual técnico de geomorfologia**. 2 ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2009.182p.
- Bueno, J. M. M.; Dalmolin, R. S. D.; Miguel, P.; Rosa, A. S.; Balbinot, A. Conflitos de uso da terra em uma bacia hidrográfica no estado do Rio Grande do Sul. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 15., Curitiba-PR, 2011. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2011. p. 9152-9157.
- Câmara, G. et al. SPRING: Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modelling. **Computers & graphics**, v. 20, n. 3, p. 395-403, 1996.
- Câmara, G.; Daves, C. Arquitetura de sistemas de informação geográfica. In: Câmara, G.; Davis, C.; Monteiro, A. M. V. (Org.). Introdução à ciência da geoinformação. São José dos Campos: INPE, 2001. p. 42 – 76
- Carrizo, M. G. G. **Vulnerabilidade ambiental: o caso do Parque Estadual das Nascentes do Rio Taquari, MS**. 2005. 112f. Dissertação (Mestrado em Saneamento Ambiental e Recursos Hídricos) - Centro de Ciências Exatas e Tecnologia, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, 2005.
- Cunha, R. C.; Dupas, F. A.; Pons, N. A. D.; Tundisi, J. G. Análise da influência das variáveis ambientais utilizando inferência Fuzzy e zoneamento das vulnerabilidades. Estudo do caso da bacia hidrográfica do ribeirão do Feijão, São Carlos – SP. **Geociências**, v. 30, n.3, p. 399-414, 2011.
- Dias Filho, M. B. Os desafios da produção animal em pastagens na fronteira agrícola brasileira. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 1, p. 243-252, 2011.
- Flauzino, F. S.; Silva, M. K. A.; Nishiyama, L. Rosa, R. Geotecnologias aplicadas à gestão dos recursos naturais da Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba no Cerrado Mineiro. **Sociedade & Natureza**, n. 22, n. 10, p. 75-91, 2010.
- Fornelos, L. F.; Neves, S. M. A. S. Uso de modelos digitais de elevação (MDE) gerados a partir de imagens de radar interferométricos (SRTM) na estimativa de perdas de solo. **Revista Brasileira de Cartografia**, Paraná, v. 59, n. 1, p. 25-33, 2007.
- Grigio, A. M. **Aplicação de sensoriamento remoto e sistema de informação geográfica na determinação da vulnerabilidade natural e ambiental do município de Guamaré (RN): simulação de risco às atividades da indústria petrolífera**. 2003. 253f. Dissertação (Mestrado em Geodinâmica) - Centro de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2003.
- Guerra, A. J. T.; Cunha, S. B. (Orgs.). **Geomorfologia e Meio Ambiente**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996. 372p.
- Klais, T. B. A. et al. Vulnerabilidade natural e ambiental do município de Ponta Porã, Mato Grosso do Sul, Brasil. **Ambiente & Água**, v. 7, n. 2, p. 277-290, 2012.
- Kreitlow, J. P.; Silva, J. S. V.; Neves, S. M. A. S.; Neves, R. J.; Neves, L. F. S. Vulnerabilidade ambiental e conflito no uso da terra no município de Mirassol D'Oeste, Brasil. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 68, n. 10, p. 1917-1936, 2016.
- Lopes, M. S.; Saldanha, D. L. Vulnerabilidade ambiental e conflito no uso da terra no município de Mirassol D'oeste, Brasil. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 68, n. 9, p. 1689-1708, 2016.
- Lumbreras, J. F.; Carvalho Filho, A.; Barros, A. H. C.; Aglio, M. L. D.; Dart, R. O.; Silveira, H. L. F.; Quartaroli, C. F.; Almeida, R. F.; Freitas, P. L. **Aptidão Agrícola das Terras do Matopiba**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2015, 48 p.
- Martins, E. A. K. et al. Relações solo-geoambiente em áreas de ocorrência de Ipuca na Planície do Médio Araguaia - Estado de Tocantins. **Revista Árvore**, v. 30, n. 2, p. 297-310, 2006.
- Mato Grosso. Secretaria de Estado de Planejamento. Regiões de Planejamento de Mato Grosso: 2017 / Secretaria de Estado de Planejamento – Cuiabá, MT, 2017. 245 p.
- Moreira, J. A. A. et al. Atributos químicos e físicos de um Latossolos vermelho distrófico sob pastagens recuperadas e degradadas. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 35, n. 3, p. 155-161, 2005.
- Neves, L. F. S.; Neves, S. M. A. S.; Canale, G. R. Análise da fragmentação de cerrado na bacia hidrográfica do rio Aguapé, Porto Esperidião (MT): um estudo de caso a partir das geotecnologias e métricas da paisagem. **Ateliê Geográfico**, v. 8, n. 2, p. 130-149, 2014.

Ramalho Filho, A.; Beek, K. J. **Sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras**. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPS, 1995.

Ritters, K. H.; O'neil, R. V.; Hunsaker, C. T.; Wickham, J.D.; Yankee, D. H. Timmins, S.P. A factor analysis of landscape pattern and structure metrics. **Landscape Ecology**, v.10, n. 1, p. 23-39, 1995.

Santos, H. G.; Oliveira, J. B.; Lumbreiras, J. F.; Anjos, L. H. C.; Coelho, M. R.; Jacomine, P. K. T.; Cunha, T. J. F.; Oliveira, V. A. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2013.353p.

Tarifa, J. R. **Mato Grosso – Clima: análise e representação cartográfica**. Cuiabá: Entrelinhas, 2011. 102p.

Trevisan, D. P.; Moschini, L. E.; Dias, L. C. C.; Gonçalves, J. C. Avaliação da vulnerabilidade ambiental de São Carlos – SP. **RA'EGA**, v. 44, n. 1, p. 272-288, 2018a.

Trevisan, D. P.; Moschini, L. E.; Trevisan, B. P. Avaliação da vulnerabilidade dos solos à erosão no município de São Carlos–SP. **Revista de Geografia (Recife)**, v. 35, n. 2, p. 354-370, 2018b.

Zanella, M. E.; Dantas, E. W. C.; Olímpio, J. L. S. A Vulnerabilidade natural e ambiental do Município de Fortaleza/CE. **Boletim Goiano de Geografia**, v. 31, n. 2, p. 13-27, 2011.