



FRAGILIDADE AMBIENTAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO GUARIROBA NO MUNICÍPIO DE CAMPO GRANDE, MS

*Luiz Felipe Finck¹; Elisângela Martins de Carvalho²; Izabel Rodrigues Leite¹;
Aleska Kaufmann Almeida¹ & Isabel Kaufmann de Almeida^{3*}*

RESUMO – O mapeamento da fragilidade ambiental é importante ferramenta de planejamento e gestão de bacias hidrográficas, podendo ser utilizado por órgãos públicos em escala local ou regional. O presente trabalho apresenta o mapeamento e análise da fragilidade ambiental da Bacia Hidrográfica do Córrego Guariroba, fonte de mais de 34% da demanda municipal de abastecimento de Campo Grande, MS. Através das variáveis classe de solo, intensidade pluviométrica e declividade do local, foi gerado o Mapa de Fragilidade Potencial, que relacionado com os dados de uso e cobertura da terra, possibilitou a obtenção do Mapa de Fragilidade Emergente. Os resultados mostram que, aproximadamente, 57% da área da bacia é caracterizada com Médio grau de fragilidade potencial e 70% com Alto grau de fragilidade emergente. O produto final destaca as áreas de maior fragilidade e/ou suscetíveis aos processos erosivos, gerando informações que possibilitam estabelecer o zoneamento da bacia, assim como critérios para seu plano de manejo e posteriormente o monitoramento das áreas críticas, prevenindo contra a perda de qualidade e provendo o equilíbrio ambiental.

ABSTRACT– The mapping of environmental fragility is an important planning and management tool for river basins, and can be used by public agencies at a local or regional scale. This work presents the mapping and analysis of environmental fragility of the Guariroba Watershed, source of more than 34% of municipal demand for water supply of Campo Grande, MS. Through the variables, soil class, rainfall intensity and slope of the site, the Potential Fragility Map was generated and that related to the land use and land cover data, the Emerging Fragility Map was obtained. The results show that approximately 57% of the basin area is characterized with Medium degree of potential fragility and 70% with High degree of emergent fragility. The final product highlights the areas of greatest fragility and / or susceptible to erosive processes, generating information that makes it possible to establish the zoning of the basin, as well as criteria for its management plan and subsequently the monitoring of critical areas, preventing against loss of quality and providing environmental balance.

Palavras-Chave – Gestão de bacias, Fragilidade ambiental, Geoprocessamento.

INTRODUÇÃO

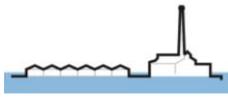
Diante de intervenções, os sistemas ambientais apresentam maior ou menor fragilidade em função de suas características. Qualquer alteração nos diferentes componentes da natureza (solo,

1) Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Ambientais - PPGTA, Faculdade de Engenharias, Arquitetura e Urbanismo e Geografia – FAENG, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul - UFMS. Cidade Universitária, CEP 79070-900. Campo Grande, MS.

2) Docente, Departamento de Geociências, Campus de Aquidauana - CPAQ, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul – UFMS.R: Oscar Trindade de Barros s/n, Serraria, CEP 79200000, Aquidauana, MS.

3) Docente, Faculdade de Engenharias, Arquitetura e Urbanismo e Geografia – FAENG, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul - UFMS. Cidade Universitária, CEP 79070-900. Campo Grande, MS.

*Autor Correspondente: isabel.almeida@ufms.br



vegetação, clima, relevo e recursos hídricos) pode acarretar no comprometimento da funcionalidade do sistema danificando e/ou alterando o seu estado de equilíbrio dinâmico.

Nesse sentido, a fragilidade ambiental é a susceptibilidade do ambiente em sofrer alterações ou intervenções (Schiavo *et al.*, 2016). A partir do momento que o ambiente perde seu equilíbrio dinâmico (podendo ser por processos naturais ou antrópicos), o mesmo pode entrar em colapso, criando uma situação de risco (Spörl, 2004). De acordo com Valle *et al.*, (2016) o mapeamento da fragilidade ambiental é um instrumento de planejamento e gestão de bacias hidrográficas, podendo ser utilizada por órgãos públicos em escala local ou regional.

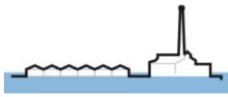
A partir do mapeamento de paisagens através de imagens de satélite, os Sistemas de Informações Geográficas (SIG) têm revolucionado o planejamento ambiental, sendo uma importante ferramenta que permite a correlação de dados físicos, naturais e socioeconômicos, se apresentando de forma essencial para a determinação da fragilidade ambiental (Ruhoff, 2004). Para a determinação da fragilidade ambiental tanto em ambientes naturais quanto antropizados, Ross (1994) propôs um método de análise empírica, com base no conceito das unidades ecodinâmicas de Tricart (1977). Segundo Valle *et al.* (2016), esse método sintetiza diferentes padrões de fragilidade em unidades ecodinâmicas estáveis e unidades ecodinâmicas instáveis ou, respectivamente, instabilidade potencial e instabilidade emergente, que são representadas pelo mapa de fragilidade potencial, constituído por fatores da paisagem, e o mapa de fragilidade emergente, que considera além dos fatores da paisagem, a cobertura da terra e intervenções antrópicas.

A Área de Proteção Ambiental (APA) do Córrego Guariroba, constitui uma, das três áreas de proteção ambiental situadas no município de Campo Grande – MS. Instituída pelo Poder Público Municipal em 1995, a APA do Guariroba teve sua criação vinculada à necessidade de recuperação e conservação do principal sistema produtor de água bruta para abastecimento público de Campo Grande (Campo Grande, 2008). Segundo a Águas Guariroba (2020), concessionária responsável pelo abastecimento público de Campo Grande, MS, a captação de água do Córrego Guariroba corresponde a mais de 34% da demanda municipal. Desta forma, o presente trabalho tem por objetivo o mapeamento e análise da fragilidade ambiental potencial e emergente na Bacia do Guariroba, utilizando técnicas de geoprocessamento.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

A área de estudo compreende integralmente a Bacia Hidrográfica do Córrego Guariroba, de 36.196 Hectares, localizada no município de Campo Grande, estado Mato Grosso do Sul, entre as Longitudes 54° e 55° Oeste e Latitudes 20° e 21° Sul (Figura 1). De acordo com a classificação Köppen (Alvares *et al.*, 2013), o clima predominante é Aw, definido como quente e úmido, com



XIII Encontro Nacional de Águas Urbanas

Outubro/2020 – Porto Alegre/RS

temperatura média anual de 22°C e precipitação de 1.400 mm, tendo a maior ocorrência de precipitações entre os meses de outubro a março.

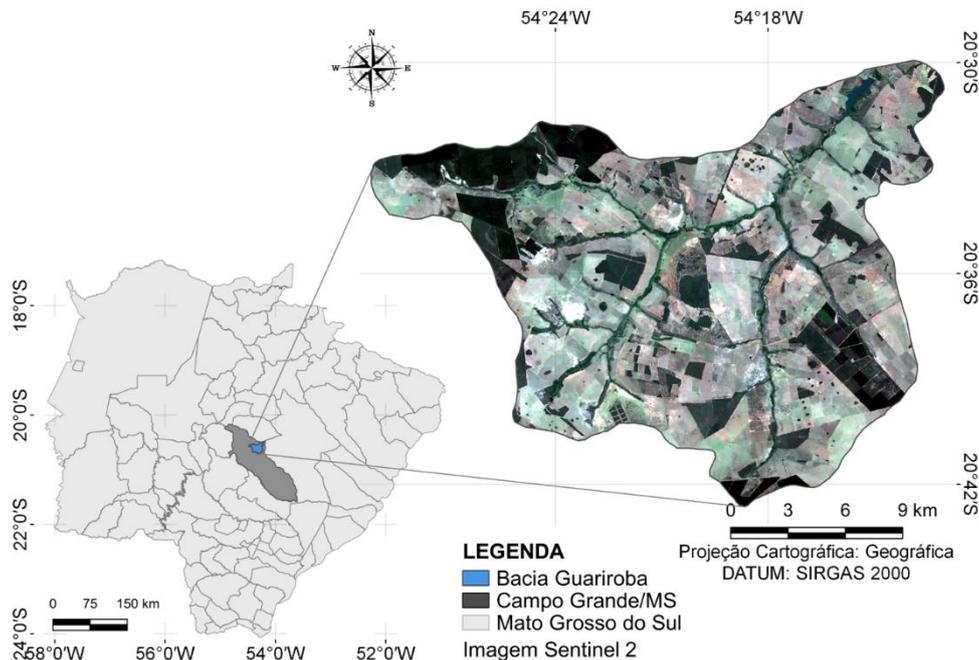


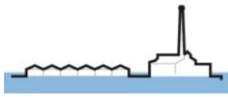
Figura 1 – Localização da área de estudo.

A Bacia do Guararioba possui drenagem com padrão dendrítico, orientando-se de sudoeste para nordeste, sendo o córrego Guararioba afluente do Ribeirão Botas, que é afluente do Rio Pardo que por sua vez é um importante afluente do Rio Paraná. A bacia encontra-se no bioma cerrado, com vegetação de fitofisionomias de cerrado stricto sensu, cerradão, vereda, buritizal (EMBRAPA, 2018).

Metodologia

Para a elaboração deste trabalho, se fez necessário a geração de mapas intermediários. Para constituir as classes de fragilidade ambiental foram utilizados como planos de informação, a precipitação, a declividade do terreno, as classes de solo e uso e cobertura da terra. Os mapas foram classificados com limites pré-definidos e hierarquizados de forma que permitissem a sobreposição e os cálculos entre as distintas variáveis utilizadas no diagnóstico da fragilidade ambiental da bacia.

A base de dados do trabalho foi georreferenciada no sistema de projeção Universal Transversa de Mercator (UTM), Fuso 21 K, de DATUM SIRGAS 2000 e todas as etapas de geoprocessamento foram realizadas no *software* QGIS 2.18. Os dados de solos e o perímetro da Bacia do Córrego Guararioba foram obtidos através do *sítio online* do Instituto de Meio Ambiente de Mato Grosso do Sul (IMASUL, 2018) em formato vetorial (shapefile) e posteriormente definidos os pesos de cada classe de solo conforme Ross (1994).



O mapa de declividade da área foi elaborado a partir do MDE (Modelo Digital de Elevação) Alos Palsar de 12,5 metros de resolução espacial (NASA, 2018), sendo ela modelada a partir da função “SLOPE” ou “Declividade” e categorizada segundo Ross (1994).

O mapa de uso e cobertura da terra foi obtido a partir da classificação semiautomática supervisionada por amostragem, da imagem do satélite Sentinel 2A (ESA, 2018), com resolução espacial de 10 metros, datada em 12 de agosto de 2018. Para o correto emprego desta metodologia, foi necessária a categorização das classes de uso de acordo com Ross (1994).

Os dados de precipitação e clima foram obtidos através do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2018) utilizando o Normal Climatológica do Brasil entre 1981 e 2010. A ocorrência da precipitação na região de estudo é caracterizada por um clima que possui dois a três meses de seca no período do inverno e maior volume precipitado no período do verão, entre os meses de dezembro a março (INMET, 2018). Desta forma atribuiu-se o peso 3 para toda a área, uma vez que, segundo Ross (2012) é o que melhor se enquadra às condições locais.

Desta forma, para a característica de cada parâmetro se atribuiu um peso correspondente e individualizado e posteriormente reclassificado em intervalos iguais de 1 a 5, que representam o grau de fragilidade ambiental, sendo o grau 1 = Muito Fraco, grau 2 = Fraco, grau 3 = Média, grau 4 = Alta e grau 5 = Muito Alta. Diante dessa definição e classificação, foi aplicada a função *Álgebra de Mapas*, com a seguinte equação, adaptada, de Silva (2014).

$$\text{Fragilidade Ambiental Potencial} = (D. 0,30) + (I. 0,35) + (S. 0,35) \quad (1)$$

$$\text{Fragilidade Ambiental Emergente} = (D. 0,25) + (I. 0,25) + (U. 0,25) \quad (2)$$

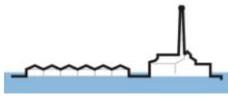
Sendo D a declividade, I a intensidade pluviométrica, S solos e U uso e ocupação.

RESULTADO E DISCUSSÃO

O mapa de declividade da Bacia do Guariroba (Figura 2a e Tabela 1) permitiu quantificar as áreas de maior abrangência com seus respectivos pesos. A declividade é o principal fator condicionante para o desenvolvimento das atividades em um determinado local, sendo também responsável pela ocorrência de processos geomorfológicos, como a erosão laminar e os deslizamentos.

Tabela 1 –Distribuição das classes de declividade e respectivos pesos.

| Declividade (%) | Área (Ha) | Frequência (%) | Peso |
|-----------------|--------------|----------------|------|
| 0 a 3 | 6382,25 | 17,63 | 1 |
| 3 a 6 | 14752,45 | 40,76 | 1 |
| 6 a 12 | 14213,15 | 39,27 | 2 |
| 12 a 20 | 817,25 | 2,26 | 3 |
| 20 a 30 | 24,40 | 0,07 | 4 |
| > 30 | 6,50 | 0,02 | 5 |
| Total | 36196 | 100 | |



XIII Encontro Nacional de Águas Urbanas

Outubro/2020 – Porto Alegre/RS

A Bacia do Guariroba apresenta de maneira geral uma declividade baixa, com áreas de declive até 6% ocupando 58,4% da área, caracterizada com relevo plano.

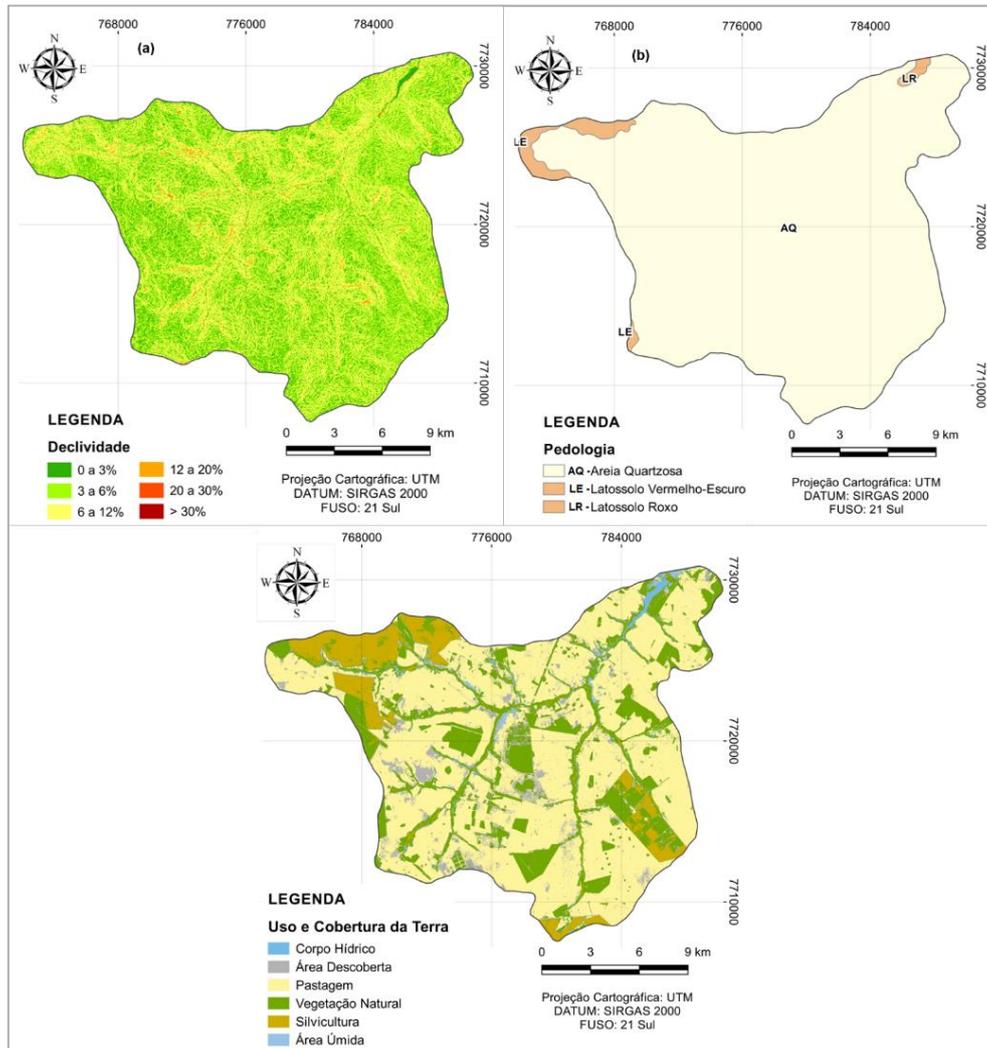


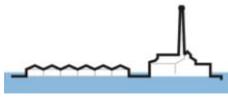
Figura 2 –Mapas de: (a) Declividade; (b) Solos; (c) Uso e Cobertura da Terra.

Na Bacia do Guariroba foram identificadas três classes de solo (Figura 2b e Tabela 2), com a predominância do solo Areia Quartzosas ocupando uma área relativa de 97,23% e em proporções inferiores, encontram-se os solos Latossolo Vermelho-Escuro e Latossolo Roxo.

Tabela 2 –Distribuição das classes pedológicas e respectivos pesos.

| Classes de Solo | Área (Ha) | Frequência (%) | Peso |
|--------------------|--------------|----------------|------|
| Areia Quartzosa | 35192,35 | 97,23 | 5 |
| Latossolo Vermelho | 845,15 | 2,33 | 1 |
| Latossolo Roxo | 158,5 | 0,44 | 1 |
| Total | 36196 | 100 | |

O solo Areia Quartzosa ou Neossolo Quartzarênico por ser muito arenoso, apresenta baixa capacidade em agregar partículas, o que é condicionado pelos baixos teores de argila e de matéria orgânica, tornando assim o solo muito suscetível à erosão. Quando possui ocorrência em cabeceiras



de drenagem, em geral, dão origem a grandes voçorocas. As áreas de mananciais onde há ocorrência desse tipo de solo, recomenda-se que sejam isoladas e mantidas para a preservação dos recursos hídricos, da flora e da fauna (EMBRAPA, 2018).

O uso e cobertura da terra na área de estudo foi categorizado em seis classes (Figura 2c), a saber: Corpo Hídrico, Área Descoberta (solo exposto e degradado), Pastagem, Vegetação Natural, Silvicultura e Área Úmida (várzeas e brejos). De acordo com a classificação (Tabela 3), na bacia existe a predominância do uso de Pastagem, representado por 62% da área, seguida por Vegetação Natural com ocorrência de 21,35%. Ressalta-se que a maioria das áreas de pastagens do local não possuem manejo adequado e encontram-se degradadas.

Tabela 3 – Classes de uso da terra e respectivos pesos.

| Uso da Terra | Área (Ha) | Frequência (%) | Peso |
|-------------------|--------------|----------------|------|
| Corpo Hídrico | 145,88 | 0,40 | 1 |
| Área Descoberta | 2421,88 | 6,69 | 5 |
| Pastagem | 22441,44 | 62,00 | 4 |
| Vegetação Natural | 7728,44 | 21,35 | 1 |
| Silvicultura | 2996,55 | 8,28 | 3 |
| Área Úmida | 461,81 | 1,28 | 2 |
| Total | 36196 | 100,00 | |

Diante das características analisadas e dos dados gerados, foi possível estabelecer o grau de fragilidade ambiental da Bacia do Guariroba (Figura 3, Tabela 4 e Tabela 5).

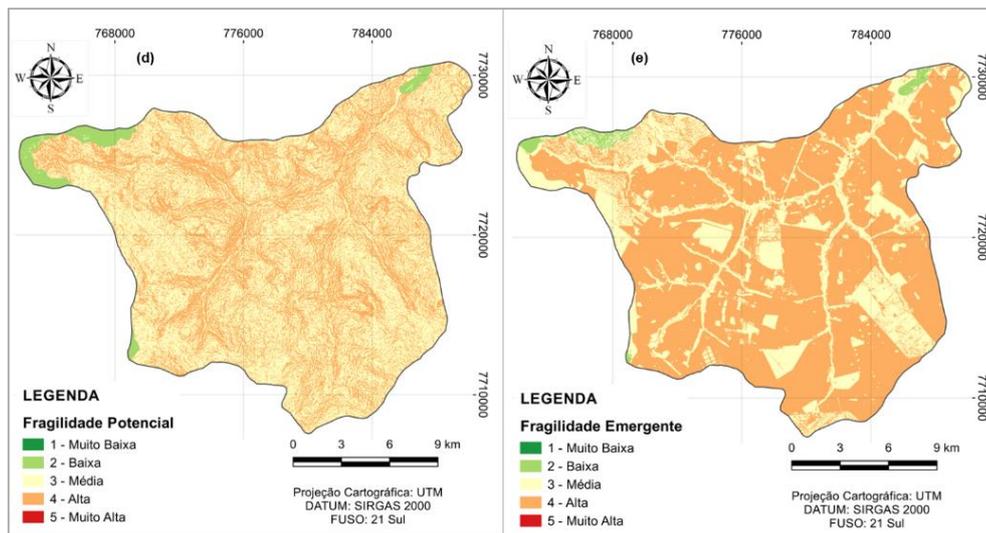


Figura 3 – Mapas de: (d) Fragilidade Potencial; (e) Fragilidade Emergente

No que se refere à Fragilidade Ambiental Potencial, caracterizada apenas por fatores naturais da paisagem, a maior parte da área da bacia apresentou fragilidade Média, com 57,11%, seguida de 40,16% da área com fragilidade Alta e apenas 2,73% com fragilidade Baixa. Mesmo com declividades baixas, a Bacia do Guariroba possui fragilidade ambiental média-alta, isso se deve principalmente pelo solo local e pelo fator pluviométrico.



XIII Encontro Nacional de Águas Urbanas

Outubro/2020 – Porto Alegre/RS

Tabela 4 –Distribuição das classes de Fragilidade Potencial.

| Categoria | Área (Ha) | Frequência (%) |
|------------------|------------------|-----------------------|
| 1 - Muito Baixa | 0,00 | 0,00 |
| 2 - Baixa | 986,42 | 2,73 |
| 3 - Média | 20672,34 | 57,11 |
| 4 - Alta | 14537,24 | 40,16 |
| 5 - Muito Alta | 0,00 | 0,000 |
| Total | 36196 | 100 |

No mapa de Fragilidade Ambiental Emergente a situação da bacia se alterou, diminuiu a área de Fragilidade Média para 28,65%, porém houve um aumento da Fragilidade Alta para 70% da área da bacia e apenas 1,36% considerado como áreas de fragilidade baixa.

Tabela 5 –Distribuição das classes de Fragilidade Emergente.

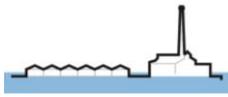
| Categoria | Área (Ha) | Frequência (%) |
|------------------|------------------|-----------------------|
| 1 - Muito Baixa | 0,00 | 0,00 |
| 2 - Baixa | 492,28 | 1,36 |
| 3 - Média | 10370,32 | 28,65 |
| 4 - Alta | 25332,12 | 69,99 |
| 5 - Muito Alta | 1,28 | 0,004 |
| Total | 36196 | 100 |

Integrando-se o mapa de fragilidade potencial e o mapa de uso e cobertura da terra, o mapa de fragilidade emergente oferece melhor validação das áreas suscetíveis à erosão, pois denota a influência das atividades antrópicas no equilíbrio do meio ambiente (Valle *et al.*, 2016).

A análise da fragilidade ambiental da Bacia do Guariroba permitiu identificar que a maior parte de sua área está em áreas de grau de fragilidade alta e média. A distribuição das áreas com seus graus de fragilidade está relacionada, principalmente, à classe de solo na bacia e ao uso e cobertura de terra. O solo Areia Quartzosa ou Neossolo Quartzarênico é muito frágil e suscetível a erosão e somado às práticas extensivas de pecuária, corrobora para um maior grau de fragilidade ambiental.

Foi possível identificar a influência que a perda da vegetação natural exerce sobre a estabilidade do solo, pois algumas áreas que anteriormente eram classificadas com grau Médio, foram convertidas em grau Alto. Assim, foi possível constatar que a vegetação natural é capaz de proteger o solo, favorecendo a capacidade de infiltração da água e reduzindo o escoamento superficial, além de auxiliar na manutenção das relações ecológicas, estabelecendo assim um equilíbrio no ambiente capaz de diminuir a susceptibilidade do terreno à erosão (Kawakubo *et al.*, 2005).

Fatores como solo e declividade são fundamentais e decisivos para impor limitações às formas de ocupação. Apesar da área de estudo possuir declividade baixa, neste caso a classe de solo



possui um peso superior, pela sua fragilidade, onde é recomendado a preservação da fauna e flora e o manejo adequado das atividades agropecuárias. Essas precauções são fundamentais para manter o ecossistema local em equilíbrio e controlar os processos erosivos (Valle *et al.*, 2016), resultando em uma colaboração que garanta a qualidade dos recursos hídricos e o abastecimento de água no município.

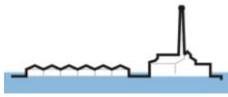
CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando os resultados obtidos, a área de estudo foi diagnosticada como de Média fragilidade ambiental potencial e Alta fragilidade ambiental emergente, indicando assim, a suscetibilidade à ocorrência de processos erosivos a partir das características naturais e ações antrópicas no meio. A representação da fragilidade ambiental permitiu interpretar a relação entre as condições ambientais e o uso e ocupação da bacia, processo esse, útil ao planejamento de bacias hidrográficas e de réplica acessível diante da disponibilidade de dados oficiais e às técnicas de análise.

O papel da vegetação natural se destacou como essencial para a estabilidade do ambiente, sendo que, no Mapa de Fragilidade Emergente, foi capaz de reduzir a fragilidade ambiental em áreas mais suscetíveis. A variável do uso e cobertura da terra foi determinante para verificar a influência que a forma de uso do solo exerce na estabilidade do ambiente. A partir do Mapa de fragilidade emergente foi possível identificar as áreas prioritárias para a preservação e conservação ambiental, podendo ser utilizado como instrumento para o planejamento e gestão em bacias hidrográficas.

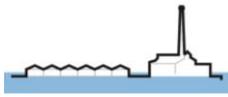
O produto dessas interações pode contribuir para o equilíbrio ambiental, resultando em ganhos econômicos e ecológicos, visto que a Bacia do Guariroba é a principal fonte de captação superficial de água para abastecimento humano de Campo Grande/MS. A diminuição de sedimentos carregados aos corpos hídricos e a prevenção da degradação ambiental na bacia representa a manutenção do manancial para a continuação do fornecimento de serviço de abastecimento, sendo essas, questões de interesse público e social.

Agradecimentos – À Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul – FUFMS, à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES e à Fundação de Apoio ao Desenvolvimento do Ensino, Ciência e Tecnologia do Estado de Mato Grosso do Sul.



REFERÊNCIAS

- ÁGUAS GUARIROBA. *Água*. Disponível em: <<https://www.aguasguariroba.com.br/agua/>>. Acesso em: 07 de set. de 2020.
- ALVARES, C.; STAPE, J.; SENTELHAS, P.; GONÇALVES J.; SPAROVEK, G. (2013). “Köppen’s climate classification map for Brazil”. *Meteorologische Zeitschrift* 711– 728.
- CAMPO GRANDE. (2008). *Prefeitura Municipal de Campo Grande. Águas Guariroba S.A. Plano de Manejo da Área de Proteção Ambiental dos Mananciais do Córrego Guariroba – APA do Guariroba. Volume I*. Campo Grande, p 145 - 170.
- EMBRAPA. Agência de Informações EMBRAPA. “*Bioma Cerrado*”. Disponível em:<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia16/AG01/arvore/AG01_2_10112005101955.html>. Acesso em: 20 ago. 2018.
- ESA. European Space Agency. “*Sentinel 2A*”. Disponível em: <<https://sentinel.esa.int/web/sentinel/home>>. Acesso em: 15 ago. 2018.
- IMASUL. Instituto de Meio Ambiente de Mato Grosso do Sul. “*Sistema Interativo de Suporte ao Licenciamento Ambiental*”. Disponível em: <http://sisla.imasul.ms.gov.br/sisla/pagina_inicial2.php>. Acesso em: 28 jul. 2018.
- INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. “*Normais Climatológicas*”. Disponível em:<<https://portal.inmet.gov.br/normais>>. Acesso em: 20 ago. 2018.
- KAWAKUBO, F. S.; MORATO, R. G.; CAMPOS, K. C.; LUCHIARI, A.; ROSS, J.L.S. (2005). “*Caracterização empírica da fragilidade ambiental utilizando geoprocessamento*” in Anais do XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia, Abr. 2005, pp.2203-2210.
- NASA. National Aeronautics and Space Administration. “*Earth Data*”. Disponível em: <<https://vertex.daac.asf.alaska.edu/>>. Acesso em: 10 ago. 2018.
- ROSS, J. (1994). “*Análise Empírica da Fragilidade dos Ambientes Naturais e Antropizados*”. *Revista do Departamento de Geografia, São Paulo*, v. 8, pp. 63-74.
- ROSS, J. (2012). “*Landforms and environmental planning: Potentialities and Fragilities*”. *Revista do Departamento de Geografia, São Paulo*, v. especial, pp. 38-51.



RUHOFF, A.L. (2004). “*Gerenciamento de recursos hídricos em bacias hidrográficas: modelagem ambiental com a simulação de cenários preservacionistas*”. Dissertação de Mestrado (Programa de Pós-Graduação em Geomática), Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

SCHIAVO, B. N. V.; HENTZ, Â. M. K.; DALLA CORTE, A. P.; SANQUETTA, C. R. (2016). “*Characterization of the environmental fragility of a urban river basin in the municipality of Santa Maria–RS*”. Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental, 20(1), pp. 464-474.

SPÖRL, C.; ROSS, J.L.S. (2004). “*Análise comparativa da fragilidade ambiental com aplicação de três modelos*”. GEOUSP – Espaço e Tempo, v. 15, pp. 39-49.

TRICART, J. (1997). *Ecodinâmica*. IBGE. Série recursos naturais e meio ambiente. Rio de Janeiro.

VALLE, I. C.; FRANCELINO, M. R.; PINHEIRO, H. S. K. (2016). “*Mapeamento da fragilidade ambiental na Bacia do Rio Aldeia Velha, RJ*”. Floresta e Ambiente, 23(2), pp. 295-308.