

**O POTENCIAL DA CARTOGRAFIA GEOMORFOLÓGICA NO
PLANEJAMENTO DO CONTROLE DA EROSÃO HÍDRICA**

Campos, F.L.M.¹;

¹IFES *Email*:fabiomacao@gmail.com;

RESUMO:

Os recentes estudos em nível mundial que tratam do planejamento do uso da terra para controle da erosão através da aplicação de práticas conservacionistas são revistos neste trabalho, que analisa ainda as principais características das cartas geomorfológicas. Nos resultados da pesquisa são apresentadas as diretrizes e limitações para inserção dos mapas geomorfológicos, mostrando algumas possibilidades de uso para o planejamento ambiental no que concerne à erosão hídrica.

PALAVRAS CHAVES:

Mapas geomorfológicos; Erosão Hídrica; Controle da erosão

ABSTRACT:

Recent researches worldwide that address land use planning for erosion control through of best management practices implementation are reviewed in this paper, which also analyzes the main characteristics of geomorphological maps. The search results are guidelines and limitations for insertion of geomorphological maps, showing some possible uses for environmental planning related to water erosion.

KEYWORDS:

geomorphological maps; water erosion; erosion control

INTRODUÇÃO:

O combate à erosão hídrica é um dos maiores problemas ambientais ligados à geomorfologia e traz uma série de consequências sociais, sobretudo no que concerne aos recursos hídricos. Como as taxas de erosão hídrica e o consequente carreamento de sedimentos estão diretamente ligadas ao relevo e ao uso da terra, as ações que visam planejar o controle da erosão devem, necessariamente, levar em conta desses dois aspectos. Nas últimas décadas tem havido uma crescente preocupação com a poluição da água e do solo que restringem as atividades humanas, destacando-se em particular, as fontes de poluição difusa constituídas pelas terras agrícolas, que contribuem significativamente para a degradação da qualidade da água (Veith et al., 2003), pois a carga de sedimentos nos rios provoca aumento do assoreamento, diminui o fluxo de água e também atua como um transportador de nutrientes (Maringanti et al., 2009). Neste contexto, as práticas conservacionistas ou Best Management Practices (BMP) aparecem como uma promissora alternativa para minimização do problema e muitas pesquisas vem buscando as melhores formas alocação dessas práticas. Em verdade,

O POTENCIAL DA CARTOGRAFIA GEOMORFOLÓGICA NO PLANEJAMENTO DO CONTROLE DA EROÇÃO HÍDRICA

BMPs já vêm sendo empregadas para controle das fontes de poluição difusa, contudo, para alcançar um planejamento e gestão eficientes de bacias hidrográficas, se requer uma otimização da alocação das BMP's (Maringanti et al., 2009). Essa abordagem integrada de gestão, planejamento de terras agrícolas, proteção ambiental e desenvolvimento econômico, na qual se inclui a implantação de BMP's, é uma direção promissora rumo ao desenvolvimento sustentável (Qi e Altinakar, 2011). Contudo, observou-se que, nas principais pesquisas em nível mundial os mapas geomorfológicos não eram utilizados como uma ferramenta para esse procedimento. Diante disso, neste trabalho apresentamos o primeiro passo dado para integração da geomorfologia a essas pesquisas, avaliando o potencial da cartografia geomorfológica no auxílio ao controle da erosão.

MATERIAL E MÉTODOS:

Para realização da pesquisa foram cumpridas 4 etapas, apresentadas sucintamente abaixo. A primeira etapa consistiu numa análise da relevância das informações contidas nas cartas geomorfológicas, ou seja, buscou-se analisar em que cada um dos tipos de informação apresentados poderia auxiliar no planejamento do controle da erosão. Conforme orientação da União Geográfica Internacional, os mapas geomorfológicos devem conter quatro tipos de informações: Morfometria, Cronologia, Morfografia, Morfogênese/Morfodinâmica. Assim, considerando a separação das informações representadas por Cooke e Doornkamp (1990), a avaliação foi realizada. Na segunda etapa da pesquisa, uma análise das características dos diferentes tipos de mapas geomorfológicos foi realizada, identificando as potencialidades e fragilidades de cada tipo. Conforme indicaram Verstappen e Zuidam (1975), os três tipos de mapas considerados foram os mapas preliminares, com fins gerais e com fins especiais. Na terceira etapa ocupou-se em analisar e descrever as metodologias de alocação de BMPs introduzidas pelas recentes pesquisas publicadas mundialmente, destacando suas fragilidades e identificando as etapas onde o conhecimento geomorfológico pode ser utilizado para aprimoramento as mesmas. Ao todo, foram consultados e analisados 16 artigos que descreviam diferentes metodologias para otimização da alocação das BMP's e nenhuma delas utilizava como base mapas geomorfológicos. Por fim, realizou-se uma síntese das análises realizadas, identificou-se o potencial de uso dos mapas geomorfológicos e delineou-se as diretrizes para sua inserção nas pesquisas voltadas a alocação de BMPs.

RESULTADOS E DISCUSSÃO:

Análise da Relevância das Informações Geomorfológicas contidas nos demonstrou que as informações morfométricas são de grande importância para a alocação de BMP's e na grande maioria das vezes foi intrinsecamente utilizada nas metodologias de otimização analisadas, haja vista que todas elas, em algum momento, fazem uso de uma das equações de perda de solo (USLE, M-USLE ou RUSLE). O fato das equações de perda de solo utilizarem-se dos elementos morfométricos demonstra a grande influência da forma das vertentes para compreensão dos processos erosivos atuais. Quanto à Morfografia observou-se que as informações morfográficas farão sentido para o fim aqui proposto quando tratarem-se de formas atuais. Uma forma oriunda de processos de deposição

O POTENCIAL DA CARTOGRAFIA GEOMORFOLÓGICA NO PLANEJAMENTO DO CONTROLE DA EROÇÃO HÍDRICA

pretéritos na qual hoje esses processos já cessaram é uma informação menos relevante que uma voçoroca ativa, por exemplo. Deste modo, deve-se ater à descrição das formas tanto quanto recentes e ativas elas forem. A Cronologia, por sua vez, não mostrou-se útil para o processo, haja vista que a idade das formas pouco ou nada irá influenciar nos padrões de erosão e deposição atuais. Vale lembrar, contudo, que quando a cronologia implicar em características relevantes de materiais isso deverá ser observado. As informações morfogênicas e morfodinâmicas são de suma importância para alimentação das metodologias, pois a partir da compreensão do processo atuante pode-se selecionar a prática ou o conjunto de práticas que o combata de maneira mais eficaz a erosão ou o carreamento de sedimentos. No entanto, vale ressaltar que, assim como nas informações morfográficas, o interesse deve ser focado na descrição dos processos atuais, que terão influência direta sobre a erosão e o aporte de sedimentos. Na análise dos tipos de mapas geomorfológicos, chegou-se à conclusão que os mapas preliminares guardam vantagem em relação aos demais tipos de mapas no aspecto agilidade, por serem mais rápidos e simples de serem elaborados e por isso devem ser utilizados sempre que as informações neles contidas forem suficientes para atingimento do fim que se busca. Os mapas com fins gerais, por sua vez, podem ser utilizados para o trabalho de alocação de BMP's, contudo desde que já estejam disponíveis, não fazendo sentido a elaboração dos mesmos somente para esta utilização. No caso da elaboração do de um mapa tal fim, recomenda-se a elaboração de mapas com fins especiais, que contenham informações da morfografia, morfometria e morfodinâmica do local em estudo. Para análise dos procedimentos para otimização da alocação de BMP's foram buscados diversos artigos relacionados ao tema. Um quadro com os principais aspectos observados nas metodologias analisadas é mostrado na figura 1. A avaliação das metodologias mostrou que na maioria delas os resultados obtidos foram satisfatórios, encontrando-se sempre uma solução otimizada do problema. Contudo, analisando mais a fundo as metodologias e levando em conta questões espaciais, constatou-se que três questões podem dificultar a aplicação da maioria dos procedimentos propostos: a) A alta dependência de processamento computacional – Ao utilizar o algoritmos genético como principal função de seleção das BMP's e dos locais de aplicação das mesmas, os procedimentos tendem a ser incompatíveis com grandes áreas, correndo ainda o risco de erros e equívocos pela dificuldade de controle sobre o processo em toda a área. b) Dificuldade de adoção de feições que não sejam constituídas por áreas – Nas metodologias analisadas observou-se que a alocação das BMP's sempre se deu considerando “áreas”, o que dificulta o planejamento de intervenções pontuais e lineares. c) Combinação de poucos tipos de BMP's por simulação – As duas fragilidades expostas acima levam a esta terceira, haja vista que a simulação de todas as BMP's cabíveis para a bacia hidrográfica dificultaria o processo e não possibilitaria a inclusão de BMP's pontuais e lineares.

O POTENCIAL DA CARTOGRAFIA GEOMORFOLÓGICA NO PLANEJAMENTO DO CONTROLE DA EROÇÃO HÍDRICA

Quadro com principais aspectos observados nas metodologias de otimizaç

| Nº | Referência/ Autor(es) | Modelo utilizado | Nº práticas testadas | Nº áreas testadas | Unidade de aplicação das BMPs | Otimização | Área da Bacia |
|----|------------------------------|-----------------------------|---------------------------------|----------------------|---|--|----------------------------|
| 1 | Qi & Altinakar, 2011 | AnnAGNPSand CCHE1D | 5 (mudanças de uso agrícola) | 7 | Campos Agrícolas | Tabu Search heuristic method (algoritmo) | 21,3 km ² |
| 2 | Chang et al., 2009 | WinVAST | 2 | 8 | Sub-bacias | - | - |
| 3 | Panagopoulos et al., 2010 | SWAT | 13 (combinadas entre si) | 259 | HRUs | Algoritmo Genético | 2.000 km ² |
| 4 | Yu&Zhen, 2001 | AnnAGNPS | 1 | 155 | áreas com tipo de solo e cobertura similares | Simulação com Cenários pré-definidos | 1.172 ha |
| 5 | Maringanti et al., 2009 | SWAT | 54 combinações de BMPs | 433 | HRUs | Algoritmo Genético | 2.520 km ² |
| 6 | Giri et al., 2012 | SWAT | 10 | não informado | Sub-bacias | - | 22.260 km ² |
| 7 | Zhen et al., 2004 | AnnAGNPS | 1 | 155 | Áreas com tipo de solo e cobertura similares | Scatter Search Algorithm | 1.172 ha |
| 8 | Hsieh e Yang, 2007 | - | 3 | 14 | Sub-bacias | Discrete differential dynamic programming | 303 km ² |
| 9 | Jha et al., 2009 | SWAT | 33 combinações | mais de 3000 | HRUs | Algoritmo Genético | 9.400 km ² |
| 10 | Veith et al., 2003 | Programado no ArcView | | 125 | Campos Agrícolas | Algoritmo Genético | 1.104 ha |
| 11 | Kaini et al., 2012 | SWAT | 5 | 147 | Sub-bacias | Algoritmo Genético | 1.189 km ² |
| 12 | Shenet al., 2013 | SWAT | 7 | 47 | Sub-bacias | Algoritmo Genético | 47,24 km ² |
| 13 | Gitau et al., 2006 | SWAT | 7 | 991 | HRUs | Algoritmo Genético | 3.700 ha |
| 14 | Srivastava et al. 2002 | AnnAGNPS | 15 | 45 | Campos Agrícolas | Algoritmo Genético | 725 ha |
| 15 | Morari et al., 2004 | ArcInfo + CropSystemodel | 4 | 2000 | Campos Agrícolas | Simulação com Cenários pré-definidos | 75.000 ha |
| 16 | Betrie et al., 2011 | SWAT | 3 | não informado | HRUs | Simulação com Cenários pré-definidos | 184.560 km ² |

O quadro demonstra um resumo das informações coletadas, haja vista que não foi possível detalha-las no artigo.

CONSIDERAÇÕES FINAIS:

Observou-se que uma alocação prévia das BMP's considerando os compartimentos geomorfológicos como unidade de aplicação das BMP's poderia diminuir esse esforço ou até mesmo eliminar a otimização, num está futuro. Quando se pretende planejar o controle da erosão e do aporte de sedimentos é importante a identificação de feições lineares e pontuais. Essas feições poderiam ser facilmente identificadas numa carta geomorfológica de detalhe, suprindo tal fragilidade das metodologias existentes. O planejamento da alocação das BMP's com o auxílio de mapas geomorfológicos para grandes bacias poderá tornar-se um trabalho muito custoso e demorado, sendo necessário dividir a mesma em áreas menores. A questão da escala das cartas geomorfológicas para este fim deve ser sempre observada, uma vez que escalas muito pequenas poderiam não fornecer as informações relevantes. Planeja-se como próxima etapa da pesquisa o detalhamento das diretrizes de mapeamento geomorfológico para fins de alocação de BMP's

AGRADECIMENTOS:

Agradeço ao Instituto Federal do Espírito Santo pela viabilização da presença e apresentação do trabalho neste evento.

O POTENCIAL DA CARTOGRAFIA GEOMORFOLÓGICA NO PLANEJAMENTO DO CONTROLE DA EROÇÃO HÍDRICA

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA:

- BETRIE G.D.; MOHAMED Y.A.; VAN GRIENSVEN A.; SRINIVASAN R. Sediment management modeling in the Blue Nile Basin using SWAT model. *Hydrol Earth Syst Sci* 15: 807–818, 2011.
- CHANG, C. L.; LO, S. L.; HUANG, S. M.: Optimal strategies for best management practice placement in a synthetic watershed, *Environ. Monit. Assess.*, 153, 359–364, 2009.
- COOK, R. U.; DOORNKAMP, J. C. *Geomorphology in Environmental Management: A new Introduction*. 3ªEd. New York. Oxford University Press, 1990, 410 p.
- GIRI, S.; NEJADHASHEMI, A. P.; WOZNICKI, S. A. Evaluation of targeting methods for implementation of best management practices in the Saginaw River Watershed. *Journal of Environmental Management*, v. 103, p. 24-40, 2012.
- GITAU, M. W.; T. L. VEITH; W. J. GBUREK; JARRETT A. R. Watershed level best management practice selection and placement in the town Brook watershed, New York, *J. Am. Water Resour. Assoc.*, 42, p. 1565–1581, 2006.
- GUSTAVSSON, M. Development of a detailed geomorphological mapping system and GIS Geodatabase in Sweden. Digital comprehensive summaries. Uppsala dissertation from de Faculty from Science and Technology, n. 236. 2006.
- HSIEH C. D.; YANG W. F.; JEON J. H., Optimal nonpoint source pollution control strategies for a reservoir watershed in Taiwan. *J Environ Manage* 85: 10, 2007.
- JHA, M.; RABOTYAGOV, S.; GASSMAN, P. W. Optimal placement of conservation practices using genetic algorithm with SWAT. Working Paper - Center for Agricultural and Rural Development, Iowa State University, 2009.
- KAINI, P.; ARTITA, K.; NICKLOW. J. W. Optimizing Structural Best Management Practices Using SWAT and Genetic Algorithm to Improve Water Quality Goals. *Water Resour Manag* 26: 1827–1845. 2012.
- MARINGANTI, C.; CHAUBEY, I.; POPP, J. Development of a multiobjective optimization tool for the selection and placement of best management practices for nonpoint source pollution control. *Water resources research*. V. 45, W06406, 2009.
- MORARI, F.; LUGATO, E.; BORIN, M. An integrated non-point source model-GIS system for selecting criteria of best management practices in the Po Valley, North Italy *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 102 (3), pp. 247-262. 2004.
- PANAGOPOULOS, Y.; MAKROPOULOS, C.; MIMIKOU, M. Decision support for diffuse pollution management. *Environmental Modelling & Software*, v. 30, p. 57-70, 2012.
- QI, H.; ALTINAKAR, M. S. A conceptual framework of agricultural land use planning with BMP for integrated watershed management. *Journal of Environmental Management*, v. 92, p. 149-155, 2011.
- SHEN, Z; CHEN, L. XU, L. A Topography Analysis Incorporated Optimization Method for the Selection and Placement of Best Management Practices. *PLoS ONE*, v. 8, n. 1: 1-12. 2013.
- SRIVASTAVA, P.; HAMLETT, J. M.; ROBILLARD, P. D. and Day, R. L. Watershed optimization of best management practices using AnnAGNPS and a genetic algorithm. *Water Resources Research*. v 38 n. 3, p. 1-14, 2002.
- VERSTAPEN, H.T.; ZUIDAM, R.A. van. ITC System of geomorphological survey.

O POTENCIAL DA CARTOGRAFIA GEOMORFOLÓGICA NO PLANEJAMENTO DO CONTROLE DA EROSÃO HÍDRICA

Netherlands, Manuel ITC Textbook, Vol. VII, Chapter VII.3. 1975.
VEITH, T. L.; WOLFE, M. L.; HEATWOLE C. D. Optimization procedure for cost effective BMP placement at a watershed scale. Journal of the american water resources association, v. 39, p. 1331– 1343, 2003.
YU, S. L.; ZHEN, J. X. Development of a best management practice (bmp) placement Strategy at the watershed scale. In: Watershed Management: proceedings of the Third International Conference on Watershed Management.2001, Taipei, Taiwan. American Society of Civil Engineers.
ZHEN, X.; YU, S. L.; LIN, J. Optimal location and sizing of storm water basins at watershed scale, Journal of Water Resources planning and management -ASCE, v. 130, p. 339–347, 2004.