



## USO DO MODELO CLUE-S PARA ANÁLISE DE CENÁRIO DE OCUPAÇÃO DA TERRA E DO SWAT PARA ESTIMATIVAS DO ESCORRIMENTO SUPERFICIAL E DA PRODUÇÃO DE SEDIMENTOS, EM BACIA HIDROLÓGICA

C.A. Galharte<sup>1</sup>, E.R. de la Torre<sup>2</sup>, C.M.P. Vaz<sup>3</sup>, S. Crestana<sup>3</sup>

- (1) Embrapa Pecuária Sudeste, Rodovia Washington Luiz, Km 234 s/n, 13560-970, São Carlos, SP, carol.galharte@gmail.com
- (2) Instituto Matogrossense do Algodão, IMAmt, Rodovia BR 070, Km 265, 78850-000, Primavera do Leste, MT, eliotorre@imamt.com.br
- (3) Embrapa Instrumentação, Rua XV de Novembro, 1452, 13560-970, São Carlos, SP, carlos.vaz@embrapa.br, silvio.crestana@embrapa.br

**Resumo:** As condições ambientais contrastantes do bioma Cerrado junto à baixa fertilidade natural dos solos fazem da produção de algodão mato-grossense uma das atividades agrícolas mais intensivas e desafiantes na procura da sustentabilidade. O trabalho estimou o escoamento superficial e a produção de sedimentos em áreas de produção algodoeira em função da mudança de uso e cobertura do solo. A área escolhida foi a microbacia hidrográfica Mourão (MBH-M), inserida na Bacia Rio das Mortes, localizada no município de Campo Verde – MT, que se encontra consolidado com a cultura do algodão. Para atingir tal objetivo, foi utilizado o modelo de simulação espacial Conversion of Land Use and its Effects at small region extent (CLUE-S) e o modelo Soil and Water Assessment Tool (SWAT). A aplicação satisfatória do CLUE-S permitiu o desenvolvimento de cenário de expansão da cultura do algodão em paisagem com diferentes características. No caso da MBH-M, o modelo SWAT estimou maior escoamento superficial e produção de sedimentos nos cultivos do milho e soja.

**Palavras-chave:** escoamento superficial, produção de sedimentos, CLUE-S, SWAT, algodão.

### *RUNOFF AND SEDIMENT YIELD ESTIMATION IN AREAS OF PRODUCTION COTTON DUE TO CHANGES IN LAND USE AND LAND COVER*

**Abstract:** The contrasting environmental conditions of the Cerrado biome near the low fertility of the soils make the production of Mato Grosso Cotton one of the most challenging and intensive agricultural activities in the search for sustainability. The study estimated the runoff and sediment production in areas of cotton production due to the change of use and land cover. The area chosen was a watershed Mourao (MBH-M), inserted in Rio das Mortes Basin, located in Campo Verde - MT, which is consolidated with the cotton crop. To achieve this goal, the model of spatial simulation Conversion of Land Use and Its Effects at small region extent (CLUE-S) and the Soil and Water Assessment Tool (SWAT) model was used. The successful application of CLUE-S allowed the scenario development expansion of cotton growing in landscape with different characteristics. In the case of MBH-M SWAT model estimated higher runoff and sediment yield in crops of corn and soybean.

**Keywords:** runoff, sediment yield, CLUE-S, SWAT, cotton.

### 1. Introdução

Os processos de mudança de uso e cobertura do solo despertam preocupação no planejamento da ocupação do espaço devido à sua complexidade e à vulnerabilidade dos sistemas econômicos, sociais e ambientais.

As mudanças de uso e cobertura do solo surgem, geralmente, em respostas aos padrões e demandas da economia global, regional e local causando grandes alterações nos ecossistemas e mudanças na sociedade. Assim, é uma tarefa complexa analisar as possíveis alterações na paisagem e seus impactos, sendo importante o desenvolvimento de pesquisas que avaliem a magnitude dessas alterações no uso e cobertura do solo.

O presente trabalho estimou o escoamento superficial e a produção de sedimentos em cenário de microbacia hidrográfica que possui a cultura do algodão, localizada em área cujo Instituto Matogrossense do Algodão (IMAmt) possui interesse estratégico de visar à sustentabilidade para o Estado do Mato Grosso, em função da mudança de uso e cobertura do solo. Para tal, associou metodologia de modelagem e simulação com a instrumentação e avaliação experimental em campo.

A escolha da área de estudo justifica-se pelos seus respectivos usos e coberturas, sendo a MBH-M com o uso e cobertura predominantemente agrícola, assim como a Fazenda Mourão, parceira do IMAmt, está inserida na área de estudo. O melhor planejamento das mudanças de uso e cobertura do solo e a compreensão dos possíveis

impactos podem proporcionar um menor impacto ambiental e uma produção mais sustentável. Nesse contexto, a geração de cenários por meio de simulações torna-se importante fonte de informação para auxiliar na gestão ambiental e no planejamento do uso do solo.

## 2. Materiais e Métodos

### 2.1. *Microbacia hidrográfica Mourão (MBH-M)*

A MBH-M inserida na bacia Rio das Mortes está localizada na região sudeste do Estado do Mato Grosso, entre as coordenadas geográficas 15°29'17" Sul e 54°53'52" Oeste, nos municípios de Campo Verde e Dom Aquino e ocupa uma área de 1668 hectares, composta por algodão, soja, milho, pastagem, vegetação natural e infraestrutura. De acordo SEPLAN (2001) os solos predominantes na área de estudo são: Latossolo Vermelho Escuro (LVE), Solos Litólicos Distróficos (SLD) e Areias Quartzosas.

### 2.2. Conversion of Land Use and its Effects at small region extent (CLUE-S)

O CLUE-S realiza avaliações de mudanças nos complexos padrões espaciais de uso da terra em virtude das interações entre a dinâmica espacial e temporal. (VERBURG et al., 2002). O modelo CLUE-S possui quatro categorias: características da área de estudo; Políticas e restrições de uso do espaço; Parâmetros específicos de conversão e Demanda de uso da terra; que compõem o seu fluxo de informações, que juntas criam uma série de condições e possibilidades para as quais o modelo calcula a melhor solução por meio de um procedimento iterativo.

Para realizar a simulação do modelo CLUE-S foi necessário montar um banco de dados que considerou fatores biofísicos e socioeconômicos relevantes para área de estudo (VERBURG et al., 2002). As variáveis adotadas no presente foram: Mapa de uso e ocupação de 2007 da MBH-M, densidade populacional rural, renda per capita, distância a estradas, distância a rios, hipsometria, classes de solo, temperatura máxima, temperatura mínima e precipitação. Ressalta-se que os dados foram gerados na interface ArcView versão 9.3 na escala de 1:250.000.

### 2.3. Soil and Water Assessment Tool (SWAT)

O SWAT foi desenvolvido pelo Serviço de Pesquisa Agrícola (ARS) no Texas, Estados Unidos da América com o intuito de prever o impacto das práticas de manejo do solo sobre a produção de sedimentos, escoamento, carga de poluentes e qualidade da água em bacias hidrográficas que possuem diferentes tipos, usos e manejos de solos, durante longos períodos. De acordo com Arnold et al. (1998) e Minoti (2006), o modelo SWAT requer informações específicas sobre a vegetação, o clima, a topografia, as propriedades e as práticas de manejo do solo da bacia hidrográfica estudada. Os processos físicos associados ao movimento da água, movimento dos sedimentos, crescimento das culturas, ciclagem de nutrientes, dentre outros, são diretamente modelados pelo SWAT usando os dados de entrada.

Para possibilitar o cálculo dos fenômenos hidrológicos é necessário fornecer ao SWAT os seguintes dados: modelo digital de elevação; mapa de uso e cobertura do solo; mapa de pedologia; mapa da hidrografia; parâmetros de solo e; dados meteorológicos diários (precipitação, temperatura máxima e mínima, radiação solar, umidade relativa e velocidade do vento).

### 2.4. Sistemática de amostragem para fins de medidas de parâmetros físicos

Para o trabalho optou-se por selecionar dois pontos de amostragem no Latossolo Vermelho-Escuro, dois pontos no Solo Litólicos distrófico e um ponto no solo Areias Quartzosas. Em cada um dos pontos, foram abertas trincheiras com extensão de 1 metro de largura X 1 metro de profundidade para retirar amostras de solo do Horizonte A em 20 centímetros e amostras do Horizonte B em 80 centímetros de profundidade. Nos dois horizontes do solo foram retiradas amostras indeformadas em anéis volumétricos de 2,5 cm, amostras indeformadas em anéis volumétricos de 5 cm e amostras deformadas.

### 2.5. Análise granulométrica do solo

As partículas do solo são classificadas conforme seus diâmetros. Sendo assim, a análise granulométrica das partículas de solo propicia o entendimento do efeito da textura nas propriedades físicas do solo. Além disso, é um indicador de qualidade do solo sob diversos aspectos, como drenagem, erosão, adsorção de nutrientes e pesticidas (VAZ et al., 1996). Para a análise granulométrica do presente trabalho foi utilizado o Analisador Granulométrico Automático de raios gama (Vaz et al. 1992 e Naime et al. 2001), baseado na atenuação de um feixe de raios gama pelas partículas dispersas em sedimentação, que tem como principal característica o fornecimento da distribuição detalhada do tamanho de partículas (DTP) que constitui o solo.

### 3. Resultados e Discussão

Na simulação no modelo CLUE-S, ao realizar a regressão logística com os usos e cobertura do solo da MBH-M, verificou-se que os fatores explanatórios do CLUE-S que influenciaram na probabilidade de alocação do uso e cobertura da MBH-M foram: renda, distância a estradas, hipsometria, densidade populacional, temperatura máxima, precipitação e o tipo de solo Latossolo vermelho-escuro. Sendo assim, as áreas com maior probabilidade para alocação dos usos e cobertura apresentavam menores distâncias às estradas, menor densidade populacional, média de temperatura máxima de 28 °C, precipitação de até 1600 milímetros, áreas com o relevo mais plano e com o tipo de solo Latossolo vermelho-escuro.

Ao analisar o Cenário 2020 da MBH-M gerado pelo CLUE-S e comparar com o mapa da MBH-M de 2007 (Figura 1), nota-se que no Cenário 2020 ocorreu a expansão da soja em detrimento da cultura do milho e do algodão. O milho manteve-se somente em dois talhões, a soja se concentrou na parte central da MBH-M, no qual fica próximo da estrada e o algodão manteve-se nas áreas periféricas e nos tipos de solo que não foram preferências na regressão logística. É possível verificar que o algodão se expandiu em área ocupada pela cultura do milho.

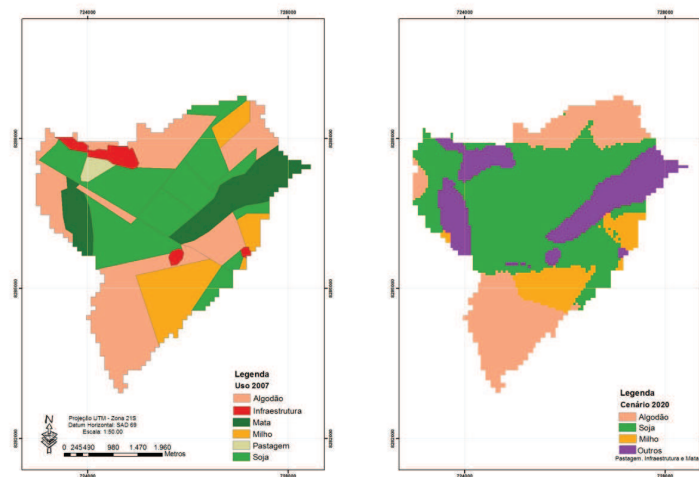


Figura 1. Mapa de uso e ocupação da MBH-M: mapa de uso e ocupação de 2007 e Cenário 2020.

Para realizar simulações no modelo SWAT, foram usados os mapas de uso da MBH-M do ano de 2007 e o Cenário de 2020 como dados de entrada para o modelo SWAT a fim de fornecer uma avaliação do potencial impacto das mudanças de uso do solo nos diferentes cenários.

Na Tabela 1 são apresentadas as médias tanto de escoamento superficial quanto de produção de sedimentos dos principais usos do solo na MBH-M do ano 2007 e o Cenário 2020, estimadas pelo modelo SWAT.

Tabela 1. Médias do escoamento superficial e da produção de sedimentos dos principais usos do solo na MBH-M.

Mapas	Escoamento superficial (mm)		Produção de sedimentos (t/ha)	
	Ano 2007	Cenário 2020	Ano 2007	Cenário 2020
Usos				
Algodão	119, 87	118, 55	0, 210	0, 209
Soja	123, 36	131, 79	0, 213	0, 212
Milho	123, 23	122, 85	0, 282	0, 205
Floresta	0, 39	0, 41	0	0

Os valores tanto de escoamento superficial quanto de produção de sedimentos da MBH-M são próximos, porém são distintos. Tal fato apresenta a importância de que a mudança de uso e cobertura de uma área age diretamente, de forma positiva ou não, na sustentabilidade. Assim, é possível afirmar que segundo as simulações realizadas com o SWAT e comparação do uso do solo dos cenários, a cultura da soja e milho propiciaram maior escoamento superficial e produção de sedimentos quando comparados à cultura do algodão. Tal resultado é representativo, pois essas três culturas são cultivadas em significativa área do estado do Mato Grosso.

Com base nos valores percebe-se a influência que a cobertura vegetal exerce como fator de combate à erosão. Porém, não é só o tipo de cobertura que irá combater a erosão, mas também a realização de práticas conservacionistas adequadas, como por exemplo: culturas em faixas, curvas de níveis entre outros. Algumas culturas tornam o solo mais suscetível à erosão que outros. Solos com culturas anuais, como: milho, algodão e soja, estão mais expostos à erosão que solos cultivados com plantas perenes ou semi-perenes (BERTONI & LOMBARDI NETO, 2005).

De acordo com Panachuki et al. (2011), a perda de solo em culturas anuais é mais intensa que em culturas perenes devido ao processo de preparo da terra ocorrer com mais frequência. A perda do horizonte superficial do solo gera grande impacto, pois em geral é a camada mais fértil e rica em matéria orgânica. Assim, a cobertura vegetal tem importante papel no controle da erosão e na redução das perdas de matéria orgânica e nutrientes por meio de sedimento (Martins Filho et al., 2009).

#### 4. Conclusões

O CLUE-S possibilitou simular cenários em função da mudança do uso do solo na microbacia hidrográfica do ribeirão das Guabirobas a partir de fatores socioeconômicos e biofísicos. Por meio do modelo SWAT foi possível estimar que a cultura da soja e do milho, tanto nos anos de 2007 quanto no Cenário 2020 da MBH-M gerados pelo CLUE-S, propiciam maior escoamento superficial e produção de sedimentos quando comparados à cultura do algodão, ilustrando claramente a dependência do uso e cobertura do solo com a perda de solo.

#### Agradecimentos

Os autores agradecem ao Instituto Matogrossense do Algodão, IMAmt, pelo financiamento e à Embrapa Instrumentação pelo apoio que possibilitaram a realização deste trabalho.

#### Referências

- ARNOLD, J. G.; SRINIVASAN, R.; MUTTIAH, R. S.; WILLIAMS, J.R. Large area hydrologic modeling and assessment. Part I: model development. *JAWRA*, v. 34, n. 1, p. 73-89, 1998.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. *Conservação do Solo*. Piracicaba: Livroceres, 392 p. 2005.
- MARTINS FILHO, M. V.; LICCIOTI, T. T.; PEREIRA, G. T.; MARQUES JÚNIOR, J.; SANCHEZ, R. B. Perdas de solo e nutrientes por erosão num Argissolo com resíduos vegetais de cana-de-açúcar. *Engenharia Agrícola*, v.29, p.8-18, 2009.
- MINOTI, R. T. *Abordagens Qualitativa e Quantitativa de Micro-bacias Hidrográficas e Áreas Alagáveis de um Compartimento do Médio Mogi-Superior-SP*. 2006. 231 p. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo, 2006.
- NAIME, J. M.; VAZ, C. M. P.; MACEDO, A. Automated soil particle size analyzer based on gamma-ray attenuation. *Computers and Electronics in Agriculture*, Amsterdam, v. 31, n. 3, p. 295-304, 2001.
- PANACHUKI, E.; BERTOL, I.; ALVES SOBRINHO, T.; OLIVEIRA, P. T. S.; RODRIGUES, D. B. B. Perdas de solo e de água e infiltração de água em latossolo vermelho sob sistemas de manejo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 35, p. 1777-1786, 2011.
- SEPLAN - MT, *Zoneamento sócio-econômico-ecológico do estado do Mato Grosso*, Cuiabá, Secretaria de Estado de Planejamento e Coordenação Geral, 2001.
- VAZ, C. M. P.; OLIVEIRA, J. C. M.; REICHARDT, K.; CRESTANA, S.; CRUVINEL, P. E.; BACCHI, O. O. S. Soil mechanical analysis through gamma ray attenuation. *Soil Technology*, Amsterdam, v. 5, p. 319-325, 1992.
- VAZ, C. M. P.; NAIME, J. M.; SILVA, A. M. *Analizador granulométrico de solos*. Comunicado Técnico, nº 5. São Carlos: Embrapa Instrumentação Agropecuária, 1996.
- VERBURG, P. H.; SOEPBOER, W.; LIMPIADA, R.; ESPALDON, M. V. O.; SHARIFA, M.; VELDKAMP, A. Land use change modelling at the regional scale: the CLUE-S model. *Environmental Management*, v. 30. n. 3, p. 391-405, 2002.