

## Avaliação do controle à erosão em solos sob diferentes sistemas de manejo na região de Balsas – MA<sup>(1)</sup>

Thamirys Gomes Dias<sup>(2)</sup>; Guilherme Kangussu Donagemma<sup>(3)</sup>; João Henrique Zonta<sup>(4)</sup>; Dirceu Keplker<sup>(5)</sup>, Edimilson da Silva Oliveira Junior<sup>(6)</sup>, Alexandre Ortega Gonçalves<sup>(7)</sup>

<sup>(1)</sup> Trabalho executado com recursos do projeto EJP soil custeado pelo governo brasileiro e comunidade europeia. <sup>(2)</sup> Graduanda em Engenharia Agrícola e Ambiental, na Universidade Federal Fluminense, Niterói-RJ. <sup>(3)</sup> Engenheiro Agrônomo, Dr em solos e Nutrição de plantas, pesquisador na Embrapa Solos, Rio de Janeiro-RJ. <sup>(4)</sup> Engenheiro Agrônomo, Dr Engenharia Agrícola, pesquisador na Embrapa Cocais, São Luís-MA. <sup>(5)</sup> Engenheiro Agrônomo, Dr em Ciência do Solo, pesquisador na Embrapa Cocais, São Luís-MA. <sup>(6)</sup> Engenheiro Agrônomo, Assistente de performance logística na PRIO, Rio de Janeiro-RJ. <sup>(7)</sup> Engenheiro Agrônomo, Dr em Solos e Nutrição de plantas, pesquisador na Embrapa Solos, Rio de Janeiro-RJ.

**Resumo** – O MATOPIBA é uma região de fronteira agrícola no Brasil que tem experimentado uma expansão significativa da agropecuária. Esse crescimento tem causado degradação do solo e perda de serviços ecossistêmicos do solo (SES) devido ao manejo inadequado. Para mitigar esses impactos, práticas conservacionistas e sistemas de produção sustentáveis, como o Sistema Integração Lavoura- Pecuária (ILP), estão sendo incentivados. Um projeto relevante, o EJP Soil, visa monitorar o impacto do manejo do solo nos SES, utilizando métodos e indicadores acessíveis e de baixo custo para apoiar tanto os produtores quanto as políticas públicas.

Entre os serviços ecossistêmicos cruciais está o controle de erosão, que é essencial para a preservação dos cursos d'água em bacias hidrográficas. O controle de erosão pode ser estimado através da infiltração de água no solo, utilizando o método do anel simples, que é menos preciso mas mais econômico do que o método do duplo anel, sobretudo em solos degradados, onde o método pode ser mais lento. Assim o uso de funções de pedotransferência constitui uma alternativa para estimar a condutividade hidráulica e por conseguinte, o controle de erosão, uma vez que o mesmo é calculado pela intensidade de chuva máxima em uma hora menos o valor da condutividade hidráulica (ou da infiltração de água no solo).

Esse trabalho objetivou avaliar o serviço ecossistêmico controle de erosão a partir da estimativa da infiltração de água no solo, por funções de pedotransferência utilizadas para estimar a condutividade hidráulica do solo em diferentes usos da terra na região de Balsas-MA. Os usos da terra incluem pastagem convencional, Sistema de Plantio Direto, com soja, e cobertura de solo com gramínea; sistema de manejo convencional com Milho, e vegetação natural do Cerrado. O objetivo é avaliar o SES de controle de erosão, correlacionando a intensidade das chuvas com a infiltração de água nos diferentes usos da terra.

A pesquisa envolveu a seleção de 10 sistemas de uso da terra em três tipos de solo da região de Balsas-MA: Neossolo Quartzarênico, Latossolo Vermelho-Amarelo textura média e Latossolo Vermelho argiloso. Os tratamentos incluem lavoura de milho e pastagem em Neossolo Quartzarênico; pousio; lavoura de milho/soja com cobertura de milheto e/ou braquiária; e cultivo de milho contínuo sem cobertura de solo no Latossolo Vermelho- Amarelo textura média. E lavouras de milho com dois tempos de uso: 10 e 40 anos no Latossolo Vermelho textura argilosa, e Cerrado. Foram coletadas amostras compostas de nove amostras simples para determinar a fertilidade (incluindo o carbono orgânico total) e a granulometria, com três repetições. A infiltração de água foi avaliada com o anel simples em campo, junto das trincheiras para o estoque de carbono.

Os dados coletados foram organizados em uma planilha Excel, e duas funções de pedotransferência foram testadas para estimar a condutividade hidráulica do solo: a função de Julia et al. (2004) e a função de Cosby et al. (1984), que consideram variáveis como areia, silte, argila. A função que estimar a condutividade hidráulica com maior coeficiente de correlação de Person, e maior confiabilidade ou seja menor incerteza, será utilizada para o cálculo do controle de erosão. O cálculo do controle de erosão será realizado subtraindo a infiltração estimada pela função de pedotransferência da intensidade de chuva, ou a condutividade hidráulica do solo.

A confiabilidade da estimativa da condutividade hidráulica será avaliada comparando as medições de campo da infiltração de água com as estimativas feitas pelas funções de pedotransferência. Para tanto, serão usados parâmetros estatísticos como a raiz do erro quadrático médio (RMSE) e o coeficiente de correlação de Pearson para avaliar a precisão e exatidão das estimativas. O controle de erosão calculado com o valor

medido da infiltração de água no solo será comparado com o valor do controle de erosão da condutividade hidráulica estimada pela função de pedotransferência com maior precisão, usando o teste Tukey a 5% de probabilidade. Conclusões: As funções de pedotransferência aplicadas não foram adequadas para a estimativa da condutividade hidráulica para os solos e sistemas de manejo da região de Balsas. Devem ser aplicadas funções de pedotransferência por classe de solo e textura, e incluir funções que considerem variáveis relacionadas a estrutura do solo como por exemplo: água disponível, e densidade do solo. O controle de erosão foi influenciado pela textura do solo e pelos sistemas de manejo

**Palavras-Chave :** MATOPIBA, Sistema de plantio direto, Função de pedotransferência, Serviços Ecosistêmicos, Infiltração de água no solo.

## Introdução

O MATOPIBA, região de fronteira agrícola, tem visto a expansão da agropecuária, resultando na degradação do solo e perda de serviços ecossistêmicos do solo (SES) devido ao manejo inadequado. Para enfrentar esse problema, a adoção de práticas conservacionistas e sistemas de produção mais sustentáveis, como o Sistema Integração Lavoura-Pecuária (ILP), tem sido promovida. O projeto EJP Soil tem como objetivo monitorar o impacto do manejo do solo no SES, usando indicadores e métodos acessíveis de baixo custo, que podem auxiliar tanto os produtores quanto políticas públicas. Um dos serviços ecossistêmicos cruciais é o controle de erosão, essencial para preservar os cursos de água em bacias hidrográficas. A estimativa do controle pode ser realizada através da infiltração de água no solo, utilizando o método do anel simples, que é menos preciso, porém mais econômico que o método do duplo anel. Em casos de solos degradados, o método pode ser demorado, assim uma alternativa é o uso de funções de pedotransferência para estimar a condutividade hidráulica e, a partir dessa estimativa calcular o controle de erosão. Dessa forma pode-se com um método mais prático e de baixo custo, pois só depende de variáveis que saem da análise de solo de rotina dos produtores: fertilidade do solo e da granulometria, estimar a condutividade hidráulica, e então calcular o serviço ecossistêmico controle de erosão. Diante do Exposto, o objetivo desse estudo foi avaliar o controle de erosão calculado considerando a condutividade hidráulica estimada por duas funções de pedotransferência, em diferentes usos da terra na região de Balsas-MA.

## Material e Métodos

Foram selecionados 10 sistemas de uso da terra em três tipos de solo da região de Balsas-MA: Neossolo Quartzarenico, Latossolo Vermelho-Amarelo textura média e Latossolo Vermelho argiloso. Os tratamentos são: lavoura de milho e pastagem no Neossolo Quartzarenico; pousio; lavoura de milho/soja com cobertura de milheto e/ou braquiária; e cultivo de milho contínuo sem cobertura de solo no Latossolo Vermelho-Amarelo textura média. Além disso, há lavoura de milho por 10 anos e lavoura de milho por 40 anos em Latossolo Vermelho textura argilosa; e Cerrado no Neossolo Quartzarenico, Cerrado (referência) no Latossolo Vermelho-Amarelo textura média e Cerrado (referência) em Latossolo Vermelho argiloso.

Foram coletadas amostras compostas de nove amostras simples para análise de fertilidade (incluindo o carbono orgânico total) e granulometria, com três repetições, os indicadores de fertilidade e a textura foram determinados conforme Teixeira et al. (2017). No campo, foi avaliada a infiltração de água no solo com anel simples (Roose et al., 1993), com duas avaliações junto das três trincheiras para estoque de carbono, também com três repetições. Os dados de fertilidade, granulometria, densidade do solo e infiltração de água no solo serão organizados em uma planilha Excel. Serão testadas duas funções de pedotransferência para estimar a condutividade hidráulica: a função de Julia et al.

(2004) e a função de Cosby et al (1984). O valor estimado da condutividade hidráulica pela equação mais adequada será utilizado para o cálculo do controle de erosão, em outra ação do projeto. O cálculo do controle de erosão será: intensidade de chuva ( $I_m$ ) – infiltração de água no solo, ou

controle de erosão: intensidade de chuva – condutividade hidráulica. A  $I_m$  foi calculada conforme Campos et al(2015)

### **Análise estatística**

Será estimada a confiabilidade da estimativa da condutividade hidráulica usando a medição da infiltração de água no solo no campo. Será selecionada a função que estime a condutividade hidráulica do solo com menor incerteza. Os dados de campo da infiltração de água no solo serão utilizados para comparar com os valores das predições de condutividade hidráulica estimados pelas PTFs através de retas 1:1, a raiz do erro quadrático médio (RMSE), que é calculada utilizando os dados de resíduos (diferença entre os dados observados e estimados), e o coeficiente de correlação de Pearson ( $r$ ), que representam parâmetros de exatidão e precisão, respectivamente. O coeficiente de correlação pode ser interpretado através da escala criada por Newbold (1995), sendo classificado como: perfeito, muito forte, substancial, moderado, baixo, ínfimo e nenhum, para os respectivos valores 1; 0,99-0,7; 0,69-0,5; 0,49-0,3; 0,29-0,1; 0,09-0,01 e 0. A comparação do valor do controle de erosão calculado considerando a infiltração de água no solo estimada pela função de pedotransferência, com o valor do controle de erosão medido no campo, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

### **Resultados e Discussão**

Os valores da velocidade de infiltração básica (VIB), variaram de 18 mm/h no sistema de manejo no Latossolo Vermelho Amarelo textura média no sistema de manejo sem adubação a 252 mm/h no Latossolo Vermelho Amarelo textura média sob Cerrado (Tabela 1), A VIB foi influenciada pelo tipo de solo e manejo, os maiores valores são para o solo arenoso e os menores para o solo argiloso, e dentro das classes de solo e textura, em geral o uso reduziu os valores da infiltração de água no solo em relação ao cerrado (referência), de acordo com a VIB (Tabela 1). Em geral a infiltração de água é maior em solos arenosos, reduzindo nos de textura média e mais ainda nos argilosos, no então solos argilosos oxidícos em condição natural apresentam elevada infiltração, como observado na lavoura 40 anos, mantém um valor de VIB elevado, conforme classificação de Estados Unidos (2017), isto está relacionado a aplicação dejetos de suínos por longos anos, favorecendo o aporte de matéria orgânica do solo e com isso melhorando a estrutura do solo. E o uso especialmente convencional, leva a compactação do solo como e o caso do milho 10 anos e milho 40 anos especialmente, possivelmente a aração e gradagem, está levando a compactação e com isso maiores valores de densidade do solo, conseqüentemente a infiltração de água no solo é menor. O Controle de erosão foi sensível ao tipo de solo e sistemas de manejo. Os valores variam de - 216 no Latossolo Vermelho Amarelo sob cerrado a 18 no Latossolo Vermelho Amarelo no sistema de manejo sem adubação, sendo maior no solo arenoso, exceto no Latossolo Vermelho Amarelo textura média sobre o cerrado, e depois no argiloso. Os usos reduziram o controle de erosão em relação ao cerrado, não sendo tanto problema no solo arenoso e no de textura média, e no argiloso sob milho 40 anos, pois não está tendo erosão. Mas no solo argilosos no sistema de manejo com 10 anos de milho, o valor indicam que, está tendo erosão, possivelmente, ainda não teve tempos suficiente do material orgânico, melhorar a estrutura do solo, e a aração e gradagem pode estar favorecendo a compactação do solo. As funções de pedotransferência aplicadas não foram adequadas para estimar a condutividade hidráulica, pois apresentaram baixos valores de  $R^2$  (Tabela 1), conforme a classificação de Newbold (1995). Possivelmente, esses baixos valores se devem, a elevada variabilidade espacial dos dados de infiltração de água no solo, que gera elevado desvio padrão aos valores medidos. Além disso, ao incluir solos com variação grande da textura, de arenoso a argiloso, assim apresentam comportamento distinto o que, limita que uma função seja adequada para os três solos em conjunto. Assim não devem ser aplicadas para estimativa da condutividade hidráulica e com isso do controle de erosão. Então a função de pedotransferência devem ser aplicadas dentro de cada solo

**Tabela 1.** Velocidade de infiltração básica (VIB) medida no campo, condutividade hidráulica estimada pela função de Julia et al. (2009) (CH1), Condutividade-hidráulica estimada pela função de Cosby et al. (1998) (CH2), e controle de erosão (CE), e  $R^2$  da função de Julia et al. (2009)( $R^2$  1), e da função de Cosby et al (1998)( $R^2$  2) sob diferentes sistemas de uso do solo, em Três solos: Neossolo Quartzarênico (RQ), Latossolo Vermelho-Amarelo textura media (LVA t.m), e Latossolo Vermelho Argiloso (LV t.argilosa) da região de Balsas-MA.

Sistema de uso da terra e tipo de solo	VIB (mm/h)	CH1 (mm/h)	CH2 (mm/h)	CE (mm/h)	$R^2$ 1	$R^2$ 2
Cerrado RQ	163	83	28	-126	0,140	0,143
Cerrado LV t.m	147	35	27	-110	0,149	0,143
Cerrado LV t.m	252	10	26	-216	0,149	0,143
Lavoura de soja RQ	105	70	28	-64	0,149	0,143
Pastagem Braquiaria RQ	101	83	28	-64	0,149	0,143
Lavoura/ pousio LVA t.m	25	35	27	12	0,149	0,143
Lavoura plantas de cobertura LVA t.m	54	26	26	-18	0,149	0,143
Lavoura Solo sem adubação LVA t.m	18	26	26	18	0,149	0,143
Lavoura Milho 10 anos LV argilosa	27	10	26	9	0,149	0,143
Lavoura Milho 40 anos LV argilosa	51	7	26	-10	0,149	0,143

e textura, além disso, usar um número maior de dados. Como os coeficiente de correlação das funções foram baixos, não calculamos o controle de erosão considerando a condutividade hidráulica estimada pelas funções, e com isso não fizemos a comparação dos valores do controle de erosão entre sistemas de uso pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

## Conclusões

As funções de pedotransferência aplicadas não foram adequadas para a estimativa da condutividade hidráulica para os solos e sistemas de manejo da região de Balsas.

Devem ser aplicadas funções de pedotransferência por classe de solo e textura, e incluir funções que considerem variáveis relacionadas a estrutura do solo como por exemplo: água disponível, e densidade do solo

O Controle de erosão foi influenciado pela texturado solo e pelos sistemas de manejo.

## Agradecimentos

A Embrapa pelo financiamento do trabalho e pela infraestrutura para execução deste trabalho.

## Referências

CAMPOS, A. R., SANTOS, G. G., ANJOS, J. C. R. dos, STEFANOSKI, D. C., & MORAES, J. M. F. (2015). Equações de intensidade de chuvas para o estado do Maranhão. *Revista Engenharia Na Agricultura*, v.23, p.435–447, 2015.

COSBY, BJ, HORNBERGER, GM, CLAPP, RB, GINN, TR. A statistical exploration of the relationships of soil-moisture characteristics to the physical-properties of soils. *Water Resour Res* 20:682–690. 1984.

ESTADOS UNIDOS DEPARTMENT OF AGRICULTURE SOI SORVEY DIVISION SOIL CONSERVATION SERVICE SOIL SORVEY STAFF. Soil Sorvey Manual. Wasgigton, D.C. 2017, 603p. (USDA, Agriculture, hadbook, 18).

JULIA, M.F., MONREAL, T. E., JIMENEZ, A.S.C., MELÉNDEZ, E.G., 2004, Constructing a saturated hydraulic conductivity map of Spain using pedotransfer functions and spatial prediction, *Geoderma*, 123, 257–277.

NEWBOLD, P. *Statistics for Business & Economics*. ed. New Jersey: Prentice-Hall, 144, 1995.

TEIXEIRA, P.C.; DONAGEMMA, G.K.; FONTANA, A. *Manual de análise de solo*. 3.ed. rev. e ampl. – Brasília, DF: Embrapa, 2017. p.255-257.