

**Pró-Reitoria de Graduação - PRG  
ESCOLA POLITÉCNICA  
Curso de Engenharia Ambiental  
Trabalho de Conclusão de Curso**

**SIMULAÇÃO DA PERDA DE SOLO EM UMA ÁREA  
AGRÍCOLA NA PROPRIEDADE RURAL POÇÕES,  
CRISTALINA, GOIÁS**

***Autor: Matheus de Moraes Sala  
Orientador: Prof. MSc. Cláudio Tavares Viana Teza  
Co-Orientador: Renato Antônio Gonçalves***

***Brasília - DF  
2015***

**MATHEUS DE MORAIS SALA**

**SIMULAÇÃO DA PERDA DE SOLO EM UMA ÁREA AGRÍCOLA NA  
PROPRIEDADE RURAL POÇÕES, CRISTALINA, GOIÁS.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Católica de Brasília, como requisito parcial para a obtenção de Título de Bacharel em Engenharia Ambiental.

Orientador: Cláudio Tavares Viana Teza

Co-Orientador: Renato Antônio Gonçalves

**Brasília  
2015**



Artigo de autoria de Matheus de Moraes Sala, intitulado “SIMULAÇÃO DA PERDA DE SOLO EM UMA ÁREA AGRÍCOLA NA PROPRIEDADE RURAL POÇÕES, CRISTALINA, GOIÁS”, apresentado como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Ambiental da Universidade Católica de Brasília, em (12/06/2015), defendido e aprovado pela banca examinadora abaixo assinada:

---

Prof. MSc. Cláudio Tavares Viana Teza  
Orientador  
Curso de Engenharia Ambiental – UCB

---

Renato Antônio Gonçalves  
Co-Orientador  
Curso de Engenharia Ambiental – UCB

---

Prof. Ph.D. Rodrigo Studart Corrêa  
Examinador  
Curso de Engenharia Ambiental – UCB

Brasília  
2015

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente eu agradeço a Deus por me proporcionar o privilégio de estudar em uma entidade acadêmica de tantos atributos, onde cada semestre pude aprimorar meu aprendizado, por meio de aulas teóricas, trabalhos acadêmicos, projetos científicos, e principalmente, aulas práticas, até concluir minha formação acadêmica.

Agradeço aos meus amados pais Edson Roberto Sala e Durcelia de Moraes que nunca duvidaram do meu potencial e até nas horas difíceis estavam do meu lado para me dar forças e me incentivar para que eu chegasse até onde cheguei, mostrando a importância dos estudos e da formação acadêmica para ser um bom profissional no futuro.

Gostaria de agradecer ao meu orientador Prof. MSc. Cláudio Tavares Viana Teza por ajudar na confecção de um trabalho desse nível, agradeço pelos conselhos acadêmicos, auxílio e disponibilidade. Ao técnico do laboratório de geoprocessamento, Renato Antônio Gonçalves, pela paciência e orientação para as ferramentas que não conhecia, e também, pela sua grande amizade.

Ao professor Dr. Murilo Gomes Torres, que me apresentou o livro do Baptista, 2003, onde abrange bastante informações sobre o tema do meu trabalho. E também ao professor Ph.D. Rodrigo Studart Côrrea por suas palestras e confecção do livro “Recuperação de Áreas Degradadas Pela Mineração do Cerrado”, onde eu peguei gosto pelo tema.

Agradeço aos meus amados irmãos Mario Sala Neto e Murilo Henrique de Moraes Sala, por estarem sempre dispostos a me escutar sobre assuntos relacionados ao meu curso e nem sempre eles entenderem o que estou dizendo. Aos meus amados tios e tias, primos e primas, amigos e amigas por fazerem parte da minha história, e principalmente, ao tio Valentim Luís Sala que me orientou na escolha da minha formação acadêmica e estava disposto a ajudar no que fosse possível do seu conhecimento como engenheiro agrônomo para a confecção desse trabalho, porém não está mais entre nós para disfrutar dessa conquista.

## **SIMULAÇÃO DA PERDA DE SOLO EM UMA ÁREA AGRÍCOLA NA PROPRIEDADE RURAL POÇÕES, CRISTALINA, GOIÁS.**

**MATHEUS DE MORAIS SALA**

### **Resumo:**

O presente trabalho foi elaborado com objetivo de facilitar o diagnóstico em áreas que estão sofrendo erosões laminares, relacionadas ao manejo inadequado do uso e ocupação do solo onde temos as atividades agrícolas, pastagem e cultivo de cereais e hortaliças em pivô central, sendo utilizado como referência o Cálculo Universal de Perda de Solo para quantificar essa perda. O software ArcGis foi essencial na elaboração dos materiais e métodos utilizados e posteriormente na obtenção dos resultados. A partir dos resultados obtidos foi observado uma grande perda de solo em pontos distintos fazendo com que os métodos de prevenção ficassem mais fácil de ser implementados e ajudando na contenção dessas erosões laminares.

Palavras-chave: Erosão Laminar. Calculo Universal de Perda de Solo. Software ArcCis. Perda de Solo.

## **1 INTRODUÇÃO**

A história da humanidade é marcada por mudanças políticas, sociais e culturais. O Brasil que tem sua dimensão continental, apresenta desigualdade social e econômica acentuada, tem sua história marcada pela agricultura, desde quando o Brasil colônia XVI exportava pau-brasil, até os dias de hoje (ASSAD,2004; ALMEIDA, 2004).

Em 2000, a agricultura brasileira empregou cerca de 24% de toda a população do país e participou com cerca de 7,6% da formação do PIB, o que correspondeu a R\$86 bilhões. Desde a matéria-prima agrícola até sua industrialização e comercialização, incluindo os setores fornecedores de insumos, máquinas e implementos, naquele ano a contribuição da agricultura foi de cerca de 27% do PIB, ou seja, perto de R\$306,86 bilhões (ASSAD, 2004; ALMEIDA, 2004).

Conforme salientam Assad e Almeida (2004), os aumentos de produtividade contribuíram para a competitividade e eficiência do agronegócio brasileiro e foram alcançados graças a uma verdadeira revolução tecnológica. Em termos de balança comercial, a agricultura apresentou, em 2001, um superávit de US\$19 bilhões, enquanto a balança comercial brasileira não passou de US\$2,6 bilhões. Isto significa que as contas nacionais têm sido equilibradas pelos saldos positivos entre exportações e importações que o setor agrícola apresenta. As exportações deste setor alcançaram US\$23,9 bilhões (15,8% acima de 2000) e as importações US\$4,9 bilhões, dos quais US\$1,2 bilhão refere-se ao trigo. Do total de US\$58,2 bilhões exportados pelo País em 2001, 41,1% referem-se a produtos oriundos da agricultura, com especial destaque para o complexo soja (US\$ 5,3 bilhões), carnes (US\$ 2,5 bilhões), açúcar e álcool (US\$2,4 bilhões) e calçados (US\$ 1,4 bilhão). Para os anos de 2002 e 2003, os saldos agrícolas na balança comercial foram de 20,3 e 25,3 bilhões de dólares, respectivamente. Se considerarmos

as barreiras não-tarifárias do comércio internacional, as medidas protecionistas e os subsídios para o setor, praticados pelos países ricos, percebe-se que a importância da agricultura brasileira se torna ainda maior.

O município de Cristalina é um dos maiores produtores agrícolas do país, se destacando como sendo o maior produtor em diversas áreas, milho doce, alho nobre e trigo irrigado, produz a melhor qualidade de grau e com a maior produtividade. Sendo o maior produtor de feijão da região, maior produtor de batata do centro-oeste e maior produtor de café do estado. Na produção de sequeiros desacatam-se soja, feijão, algodão, sorgo e arroz, numa área total cultivada de 210.000 hectares, sendo que produz as melhores qualidades de sementes de soja e milho (CRISTALINA - GO, 2014).

O planeta é composto por 500.000.000 km<sup>2</sup>, sendo que apenas 30% é área emersa e somente 3/5 são consideradas áreas ecúmenas (áreas onde os fatores naturais permitem a instalação antrópica), pois os outros 2/5 são formadas por desertos e geleiras. As práticas agrícolas convencionais, feitas sem acompanhamento técnico, têm levado a uma significativa redução da área disponível para esta finalidade, o que gera preocupação, pois tem-se que alimentar muito mais gente, em um futuro próximo (BAPTISTA, 2003, p.17).

Segundo Corrêa (2009, p. 17):

A conceituação de área degradada é ampla e diversa na literatura. Genericamente, qualquer alteração do meio ambiente pode ser considerada uma forma de degradação. Dessa forma, pode ser considerada uma forma de degradação. Dessa forma, pode ser área degradada aquela que diminuiu sua produtividade, por causa de manejos agrícolas inadequados, aquela que teve sua cobertura vegetal removida, aquela que recebeu excesso de fertilizantes e agrotóxicos, a que teve seu solo poluído ou que, finalmente, aquela área que perdeu seus horizontes superficiais do solo por causa da erosão ou da mineração.

Ainda segundo Corrêa (2009, p. 18):

A pedologia estuda a formação, as características dos solos por meio da descrição de perfis. Segundo os pedólogos o estudo de solos é o estudo de perfis de solos. Ao se cavar uma trincheira ou se observar um corte de estrada, percebe-se que o solo, ou perfil do solo, é formado por camadas ou horizontes sobrepostos. Cada horizonte ou camada possui características específicas, atributos e limitações de ordem física, química, biológica, hidrológica e estrutural. Cada tipo de solo encontra uma sequência própria de horizontes.

O cerrado possui uma área de 25% da extensão territorial brasileira, 220 milhões de hectares, onde sua maior parte localiza-se no planalto central, tendo também manchas de Cerrado nas Regiões Sudeste, Sul, Norte e Nordeste do Brasil (MARCEDO, 1994).

A precipitação média anual no Cerrado varia entre 750 e 2.000 mm e as temperaturas médias anuais são propícias ao crescimento vegetal durante todo o ano (18 a 26°C). Porém, para o cultivo de plantas e para o controle da erosão em solos descobertos a má distribuição das chuvas é um sério problema. Para o desenvolvimento das mudas arbóreas em fases iniciais, em períodos de seca que o déficit hídrico nos solos de Cerrado pode superar os 790, representando forte impedimento para a sobrevivência dessas espécies (LOPES, 1984).

O solo do Cerrado apresenta baixa disponibilidade de nutrientes para os vegetais, por serem muito intemperizados, fator que o deixa mediamente ácido. Como lembrado por Einton (1994), o clima sobre a vegetação do Cerrado tem efeito indireto, por causa da sua ação sobre

o solo: o crescimento de uma vegetação de maior porte e biomassa estaria sendo limitada pela falta de nutrientes presentes no solo do Cerrado (CORRÊA, 2009). A vegetação nativa de Cerrado cresce sobre solos pobres em bases trocáveis, principalmente cálcio (MALAVOLTO; KIELMANN, 1985).

A erosão é o processo de desagregação, transporte e deposição de partículas componentes do solo determinados pela ação do vento e, mais especificamente, pela água (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1993).

Após alguns anos de uso e ocupação do solo, várias áreas que eram definidas para o cultivo de produtos agrícolas vão perdendo sua fertilidade natural e a agricultura foi substituída por áreas de pastagem (SOUZA, 2009).

Quando o processo de desagregação, transporte e deposição acontece de forma natural, a erosão é normalmente gradual e lenta, tendendo o terreno a uma condição relativamente estável. Porém, quando o agente degradador é o homem, o processo tende a ocorrer de forma acelerada. Para combater e minimizar os efeitos provocados pela erosão, utiliza-se diversos procedimentos e técnicas conservacionistas (COSTA, 1991).

A erosão hídrica mais comum que se tem na literatura é a laminar. Onde o escoamento superficial ocorre de forma difusa, erodindo, teoricamente, uma lamina homogeneia de solo. Onde a água que escoar ocorre normalmente associada a um evento pluviométrico prolongado ou um intenso e de curta duração. A capacidade erosiva desse escoamento é diretamente proporcional à turbulência do mesmo (GUERRA, 1994).

O manual para Levantamento Utilizado do Meio Físico e Classificação de Terras no Sistema de Capacidade de Uso (BELLINAZZI Jr. et al., 1991) subdivide a erosão laminar em cinco estágios:

1 . Ligeira – já é perceptível, porém menos de 25% do horizonte superficial foi retirado, ou ainda, quando não é possível determinar a profundidade normal do horizonte A de um solo não erodido, com mais de 15 cm de camada superficial restante;

2 . Moderada – remoção do horizonte A oscilando entre 25 e 75%, ou então não é possível determinar a profundidade normal do horizonte A de um solo não erodido, com 5 a 15 cm de horizonte superficial restante;

3 . Severa – mais de 75% do horizonte superficial removido e com partes do horizonte subsequente (B) aflorando, ou quando não é possível determinar a profundidade normal do horizonte A de um solo não erodido, com menos de 5 cm de camada superficial restante;

4 . Muito severa – remoção total do horizonte A e com o horizonte B bastante alterado, oscilando entre 25 a 75% de perda;

5 . Extremamente severa – o horizonte B, nesse estágio, encontra-se praticamente todo removido e o C apresenta-se à mostra, estando danificado.

O processo de erosão laminar é o resultado da integração de dois potenciais: o natural e o antrópico. Onde o potencial natural à erosão laminar é composto por fatores climáticos (erosividade da chuva), fatores pedológicos (erodibilidade dos solos) e por fatores topográficos (comprimento da rampa e declividade). E o potencial antrópico é o resultado da combinação de suas variáveis: uso e manejo, e as práticas conservacionistas adotadas (ROSA, 1995).

A partir da integração desses dois potenciais de erosão laminar, chega-se à proposição de Wischmeier e Smith (1978), com a equação conhecida mundialmente como a Equação Universal de Perda de Solo (USLE).

Anteriormente foi feito várias pesquisas para desenvolver uma formula eficaz para estimar a perda de solo por erosão laminar, o desenvolvimento dessas equações subsidiou o trabalho de dois cientistas do Serviço de Pesquisa Agrícola (ARS) do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA), W. H. Wischmeier e D. D. Smith (1978), chamada de Equação Universal de Perda de Solo (USLE – Universal Soil Loss Equation), sendo provavelmente uma das mais aceitas e utilizadas para o cálculo de perdas de solo. Projetada

como um método para a predição da média anual de perda de solo causada por erosão laminar, não se adequa para a estimativa para um evento pluviométrico específico (USDA, 1996).

Rosa e Brito (1996) definem geoprocessamento como o conjunto de técnicas que visam a coletar e tratar as informações espaciais, bem como desenvolver sistemas e aplicações, com graus diferenciados de sofisticação.

Sendo assim este trabalho tem como objetivo geral simular a quantidade de solo perdido em uma porção de área de pastagem em solo agrícola. Para isso têm-se como objetivos específicos quantificar perda de solo e verificar em campo a presença de erosões.

A discussão deste tema, pois é um assunto pouco abordado principalmente para áreas agrícolas e tem como proposta a recuperação e conservação do solo e proteção dos recursos hídricos. Muitas propriedades rurais precisam de um plano de recuperação para que suas atividades agrícolas não prejudiquem tanto o meio ambiente.

O fato de não encontrar na literatura a utilização desse método matemático para áreas pequenas. Na literatura encontra-se pesquisas nas quais se estuda a perda de solo de bacias hidrográficas inteiras, sempre voltado para grandes áreas, esquecendo a importância de estudos onde pode favorecer áreas que representa a produção de alimentos para a população humana.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado em uma área agrícola, inserida no município de Cristalina Goiás, no período compreendido entre agosto de 2014 a junho de 2015.

A propriedade rural possui uma área de 448,54 hectares e o perímetro de 9.444,12 metros, sendo 327,6 hectares de pastagem, 120,17 hectares de cultivo com pivô central e 0,697 hectares de savana parque (figura 1).

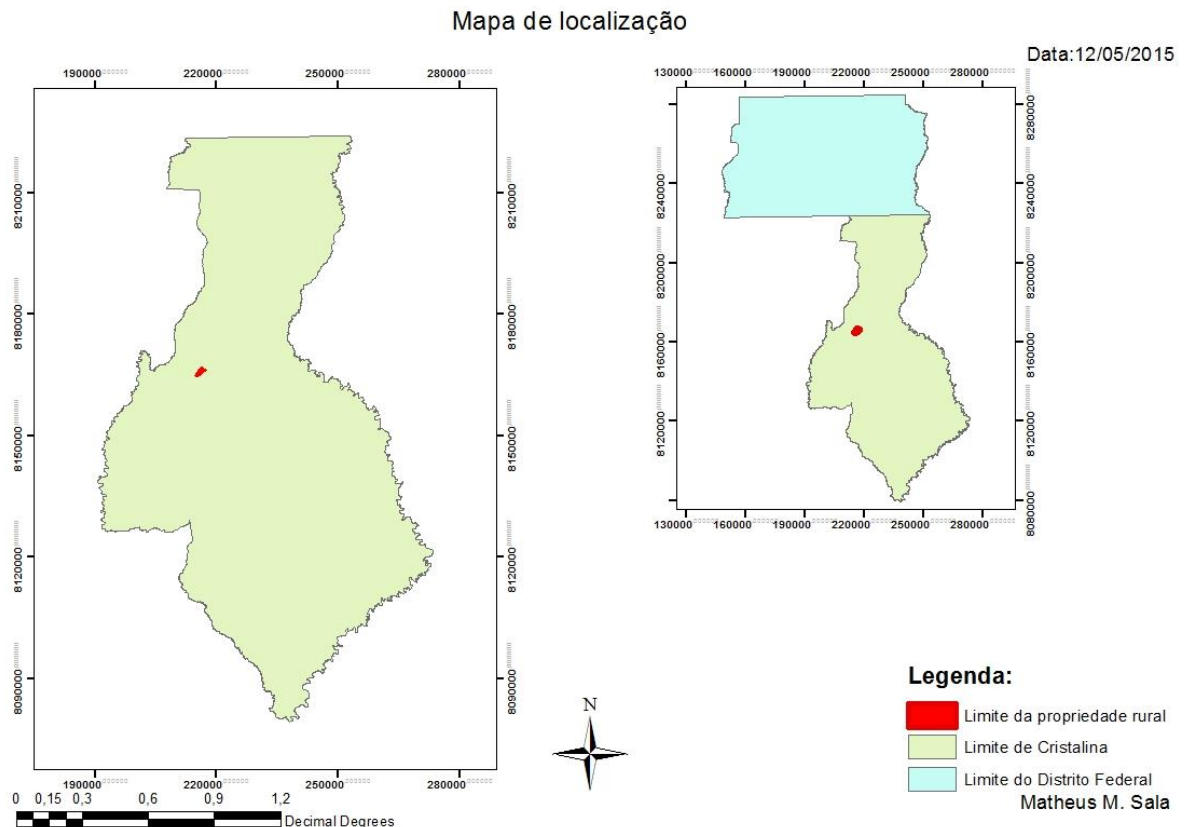


Figura 1: Mapa de localização

Fonte: Dados da pesquisa

Foi utilizado a Equação Universal de Perda de Solo (USLE) para estimar os valores de perda de solo por unidade de área, seguindo a forma de WISCHMEIER & SMITH, 1978:

$$A = R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P$$

em que:

A - perda de solo por unidade de área,  $t \text{ ha}^{-1}$ ;

R - erosividade da chuva,  $\text{MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1}$ ;

K - erodibilidade do solo,  $t \text{ h MJ}^{-1} \text{ mm}^{-1}$ ;

L - comprimento de rampa, adimensional;

S - declividade de rampa, adimensional;

C - fator de uso e manejo do solo, adimensional, e

P - índice relativo à prática conservacionista adotada, adimensional.

Para obter os valores de precipitação média anual os dados estão compreendidos no período de 1961 à 1990, normais climatológicas, disponível pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Foram aplicadas as equações de erosividade de solo de acordo com a região delimitada pelo autor Silva et al., 2006, definida como:

$$R_x = 215,33 + 30,23 * (\text{MFI})$$

em que:

$R_x$  é o fator R ( $\text{MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ year}^{-1}$ ) para o mês x;

$\text{MFI} = p_i^2 P^{-1}$ , onde MFI é o índice de Fournier modificado, p é a média mensal de precipitação para o mês i e P é a média anual de precipitação.

Para interpolação dos resultados tabulares, aplicou-se a krigagem, já utilizada com sucesso em outros estudos para mapas de erosividade (Shamshad et al., 2008, Angulo-Martínez et al., 2009, Zhang et al., 2010, Meusbürger et al., 2011).

Para a estimativa da erodibilidade do solo (fator K), que foi determinado a partir da classificação do solo da região. O mapa de solos foi obtido junto ao Sistema Estadual de Geoinformação (SIEG), que foi extraído os dados do site e lançados para o software ArcGis, criando o limite territorial do estado de Goiás e os solos nele presente, posteriormente foi utilizado a ferramenta CLIP para cortar o shape temático somente no limite territorial do município de Cristalina-GO, para obter o limite da propriedade rural foi utilizado a plataforma Google Earth para obter dados das coordenadas geográficas da área de estudo, com funcionalidade de processamento de dados. Em Ambito ArcGis foi selecionado a ferramenta CLIP para cortar o limite da propriedade, fazendo o mesmo procedimento para o limite do município, com isso foi criado o mapa com as classificações do solo da propriedade rural.

Com as informações pedológicas, classificou-se a área de estudo com presença de dois solos distintos, associação de Latossolo Vermelho – Amarelado + Latossolo Vermelho – Escuro, ambos Distróficos, e associação de Cambissolo (figura 2).

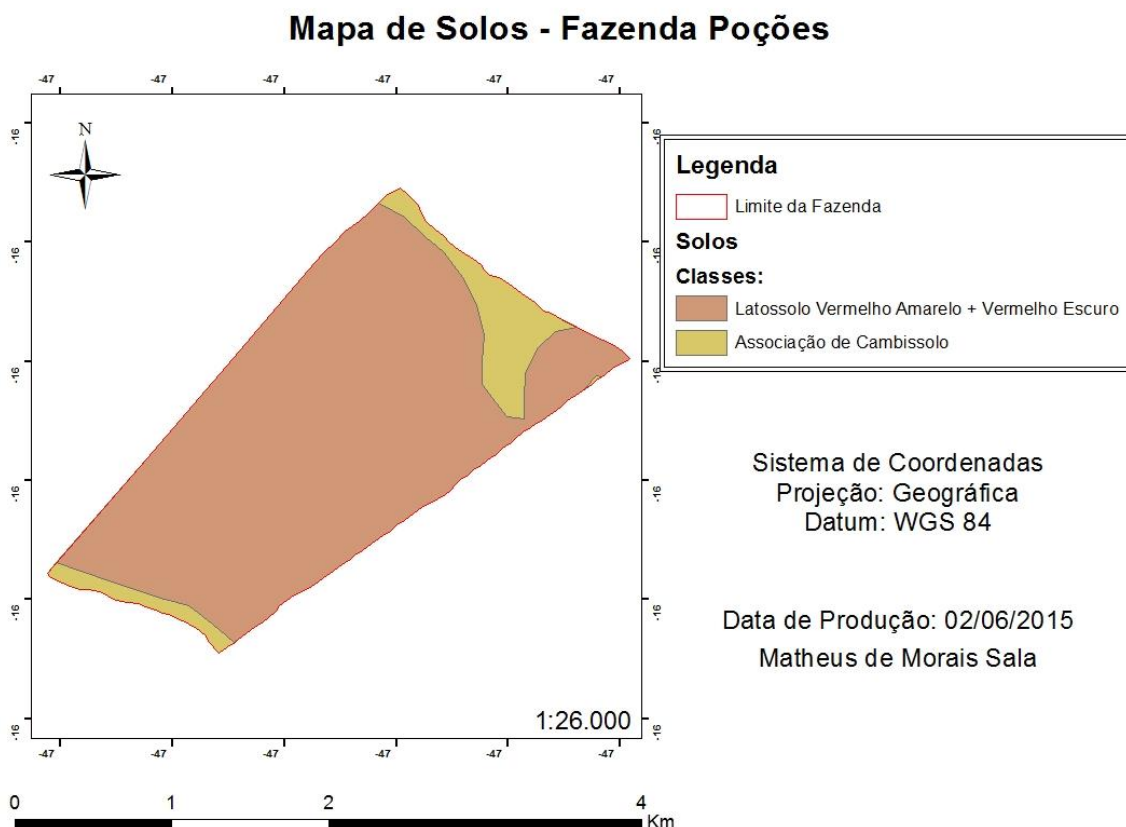


Figura 2: Solos - Classes - Fazenda Poções  
Fonte: Dados da pesquisa

Com as informações pedologia da área de estudo, foram compilados valores de alguns solos brasileiros disponíveis na literatura para unidades pedológicas similares à da área em estudo, as classes de solos foram agrupadas segundo a equivalência e erodibilidade encontrada no estudo de Baptista (2003).

Com o valor de erodibilidade de cada classe de solo foi criado uma coluna dentro do software ArcGis com seus respectivos valores (Quadro 1).

Quadro 1: Classes dos solos e os valores de Erodibilidade

Solo	Classes	Equivalência Baptista 2003	Erodibilidade
Latossolo	Latossolo Vermelho; Latossolo Bruno; Latossolo Vermelho-Amarelo; Latossolo Amarelo	Média dos LE e LV	0,0165
Cambissolo	Cambissolo Húmico; Cambissolo Háptico	Cd	0,024

Fonte: Dados da pesquisa

O fator topográfico é constituído pelo comprimento da rampa (L) e a declividade (S), para calcular o valor de (LS) onde os dados brutos em formato SRTM – Shuttle Radar Topography Mission com 30 metros de resolução espacial, disponíveis no portal da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA). Foram aplicados os seguintes procedimentos:

- 1) Cálculo da acumulação de fluxo (*flow accumulation* – *facc*);
  - 2) Cálculo da declividade em graus (*slope*);
  - 3) Aplicação da equação para o fator L (Desmet; Govers, 1996);
- $$L_{i,j} = [(A_{i,j} + D^2)^{m+1} - (A_{i,j})^{m+1}] / [x_{i,j}^m \cdot D^{m+2} \cdot (22,13)^m] \quad (2)$$

onde:

$L_{i,j}$  = fator comprimento de rampa para o pixel com coordenadas  $i,j$ ;

$A_{i,j}$  = área contribuinte ( $m^2$ ) para o pixel com coordenadas  $i,j$ ;

$D$  = tamanho do pixel (m);

$x_{i,j}$  = direção de escoamento para o pixel;  $m$ : expoente de declividade.

- 4) Cálculo do expoente de declividade ( $m$ ) da equação para o fator L de acordo com Wischmeier e Smith (1978), onde:

$S < 1\%$ ,  $m = 0.2$ ;  $1\% \leq S \leq 3\%$ ,  $m = 0.3$ ;  $3\% < S \leq 5\%$ ,  $m = 0.4$ ; and  $S > 5\%$ ,  $m = 0.5$ .

Equação 2, proposto por Wischmeier e Smith (1978), foi usado para calcular o fator S.

$$S = 65.41 \sin^2 \theta + 4.56 \sin \theta + 0.065 \quad (2)$$

onde:

$\theta$  é a declividade em graus.

Para a aquisição dos fatores de uso e práticas conservacionistas (fator C e P), buscando-se agrupar em classes os usos e ocupações do solo, o procedimento utilizado foi o mesmo da classificação do solo, porém, para a variável uso e ocupação do solo, foi extraído os dados do site SIEG e transportados para o software ArcGis, com o limite do estado, posteriormente utilizando a ferramenta Clip para cortar o shape temático somente da propriedade rural, como já se tinha o limite da fazenda encontrado pelo software Google Earth. Foram mesclados os dados encontrados para a classificação do solo com uma variável nova, uso e ocupação de solo.

A área de estudo foi classificada conforme a figura 3, com três tipos de uso e ocupações do solo distintas, onde temos a predominância de pastagem, uma área de cultura em pivô central e uma pequena parcela de savana parque.

A figura 3 mostra o Mapa de uso e ocupação do solo, na área de estudo predomina o uso para pastagem, porem temos uma área significativa com pivô central e uma pequena parcela de savana parque os valores do fator CP está ilustrados na tabela 2 onde temos os maiores valores para áreas com pivô central e menores para área de savana parque, portanto foi definido como valores de CP alto para áreas de pivô central, médios para áreas de pastagens e baixo para áreas de savana parque.

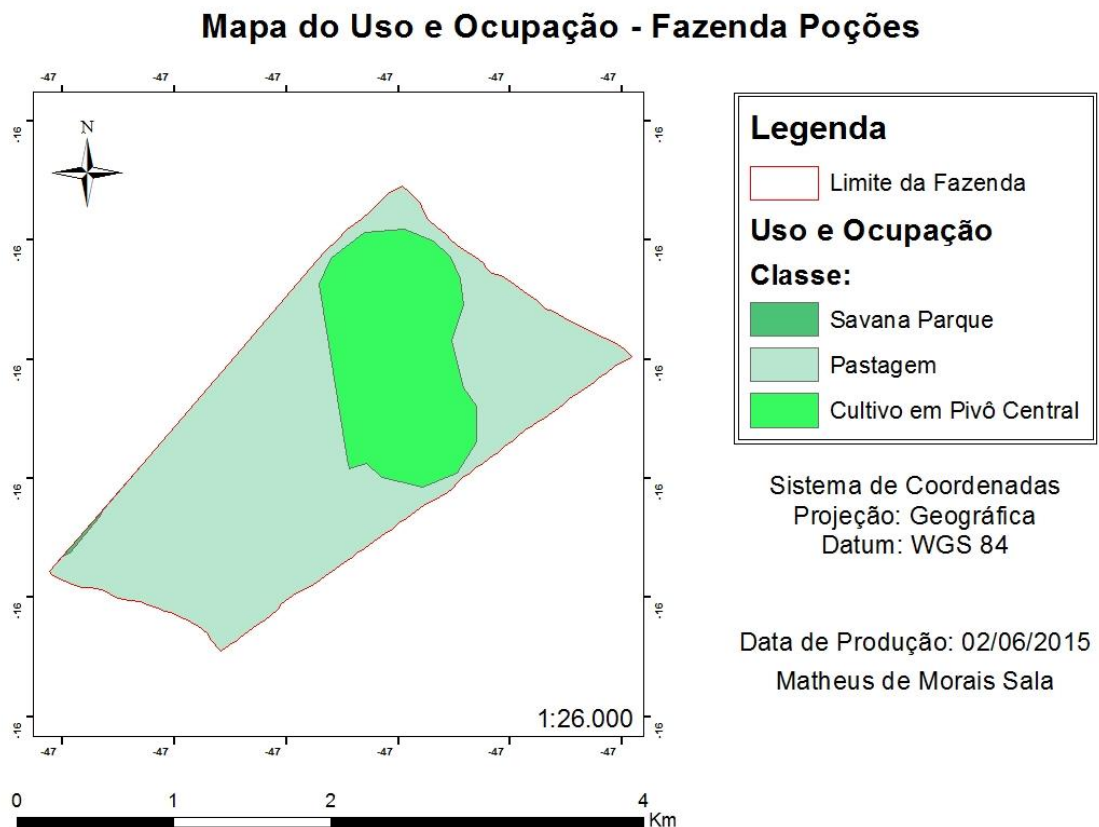


Figura 2: Uso e Ocupação do Solo - Fazenda Poções  
Fonte: Dados da pesquisa

De acordo com Stein et al (1987), classificou-se os tipos de cobertura encontradas para cada uso e ocupação do solo e determinando o valor de CP conforme referencial teórico.

Os valores de CP (quadro 2) foram inseridos em uma coluna no software ArcGis para posteriormente ser calculado conforme a USLE.

Quadro 2: Atribuição dos autores e os respectivos valores de CP

Map	Categoria	CP (adimensional) Stein et al., 1987
1	Agricultura irrigada	0,0180
2	Pastagem	0,0100

Com todas as variáveis foi feito uma sobreposição das imagens dentro do software ArcGis e calculado o valor da USLE, a partir do cálculo temos o diagnóstico preciso da área para ser feito as intervenções propostas pelo autor.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O mapa utilizado para obtenção dos valores de LS demonstra que a propriedade rural possui uma variação do fator LS de 0 à 0,285 (adimensional), que representa o escoamento da água em um plano onde leva em consideração o comprimento da rampa e a distância entre o ponto de início do escoamento até o ponto a declividade decresce, permitindo o início da

deposição. Na legenda do mapa a seguir temos representado pela cor mais escura o valor de LS menor e a branco para os valores de LS mais próximos de 0,285, o mapa evidencia que os maiores valores encontram-se relacionados as declividades mais altas com convergência de fluxo localizados, no centro do mapa temos uma área de chapada com a maior altitude do terreno, conforme vai se aproximando das bordas a declividade vai aumentando chegando perto dos corpos hídricos, aumentando o valores de LS como consequência do tamanho da rampa do terreno (figura 4).

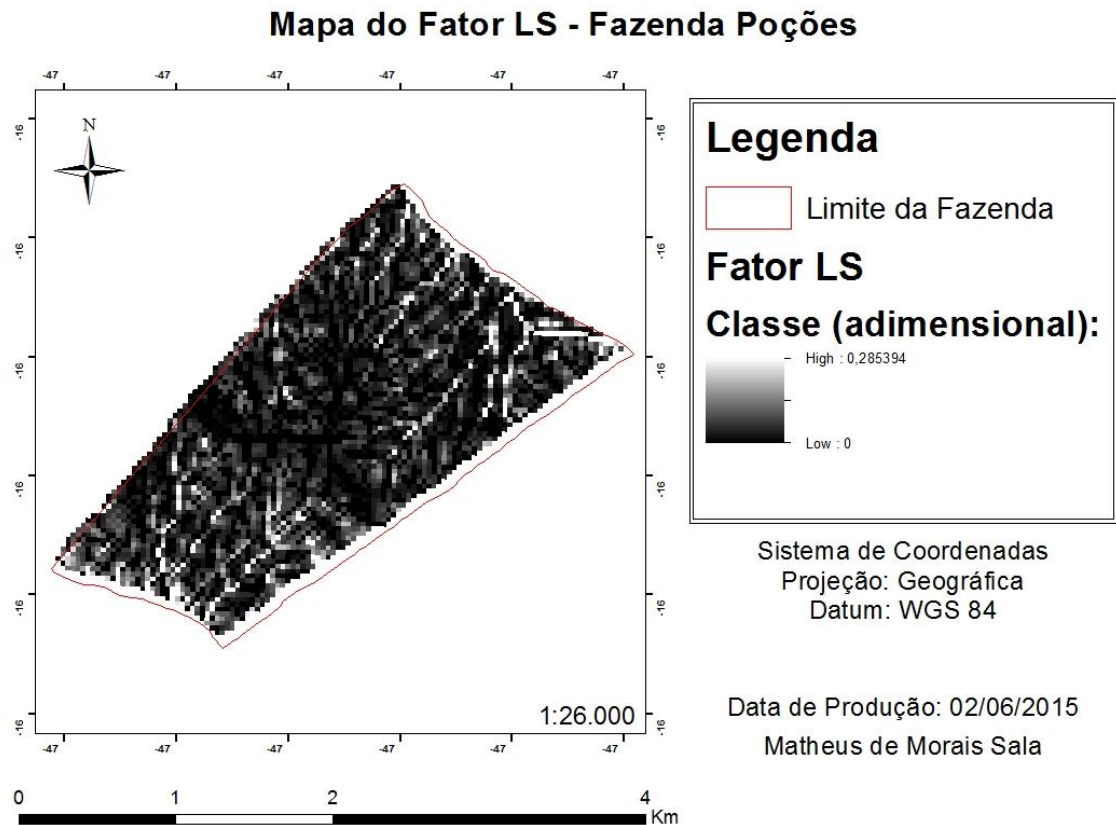


Figura 3: Fator LS - Fazenda Poções  
Fonte: Dados da pesquisa

Como a propriedade rural não é significativamente grande os valores do fator R não oscilaram muito ficaram entre 661,611 à 662,313 MJ.mm/ha.h.ano, conforme figura 5. O mapa do Fator R que são os valores médios de precipitação anual, mostra uma variação de 661,611 a 662,31, onde os valores mais próximos do azul está representando os maiores valores de precipitação e as cores mais próximas do amarelo estão representando os valores menores de precipitação (figura 5).

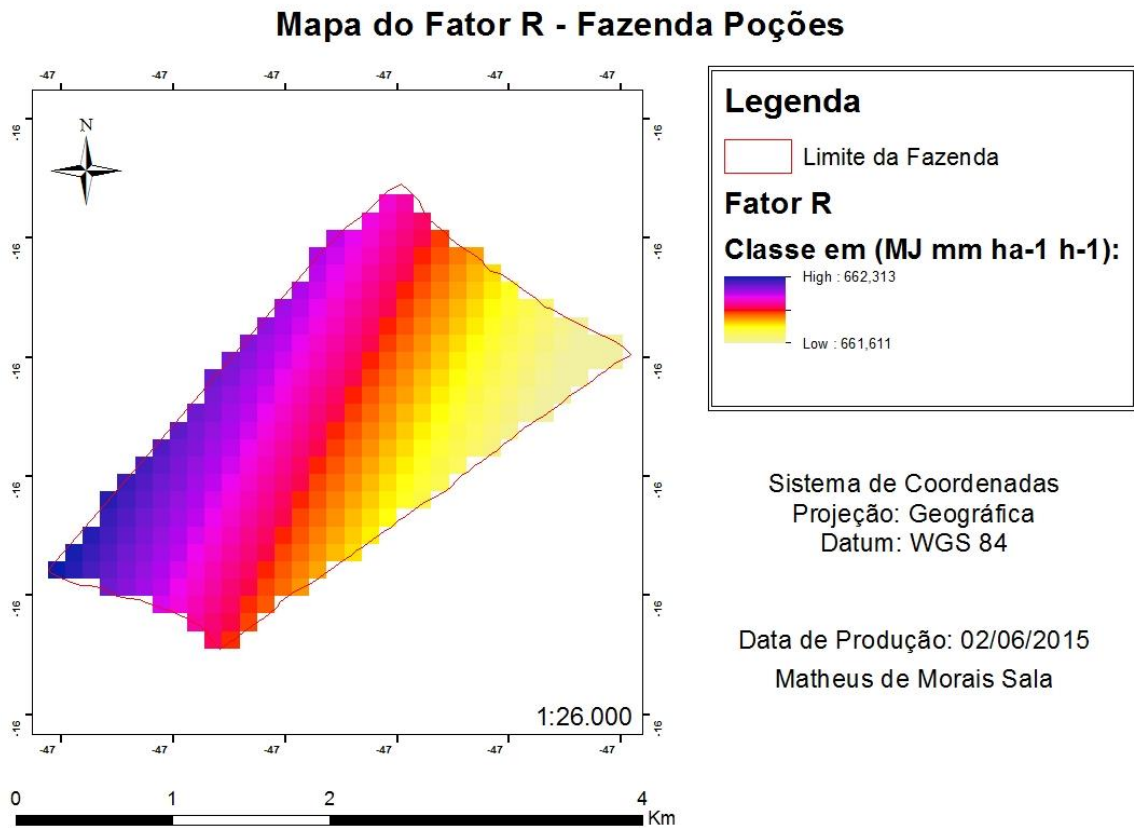


Figura 4: Fator R - Fazenda Poções  
Fonte: Dados da pesquisa

O mapa da erodibilidade (figura 6) foi gerado a partir do cálculo do fator K para cada classe do mapa pedológico. O valor de K foi obtido conforme estudos realizados para o cálculo da variável para esses tipos de solo, sendo de 0,0165 para Cambissolos e de 0,024 para Latossolo Vermelho + Latossolo Amarelo e Latossolo Vermelho Escuro.

O fator de erodibilidade para Cambissolos é menor do que para o Latossolo e a maior parte da propriedade rural está situada em solos com maior erodibilidade.

### Mapa do Fator K - Fazenda Poções

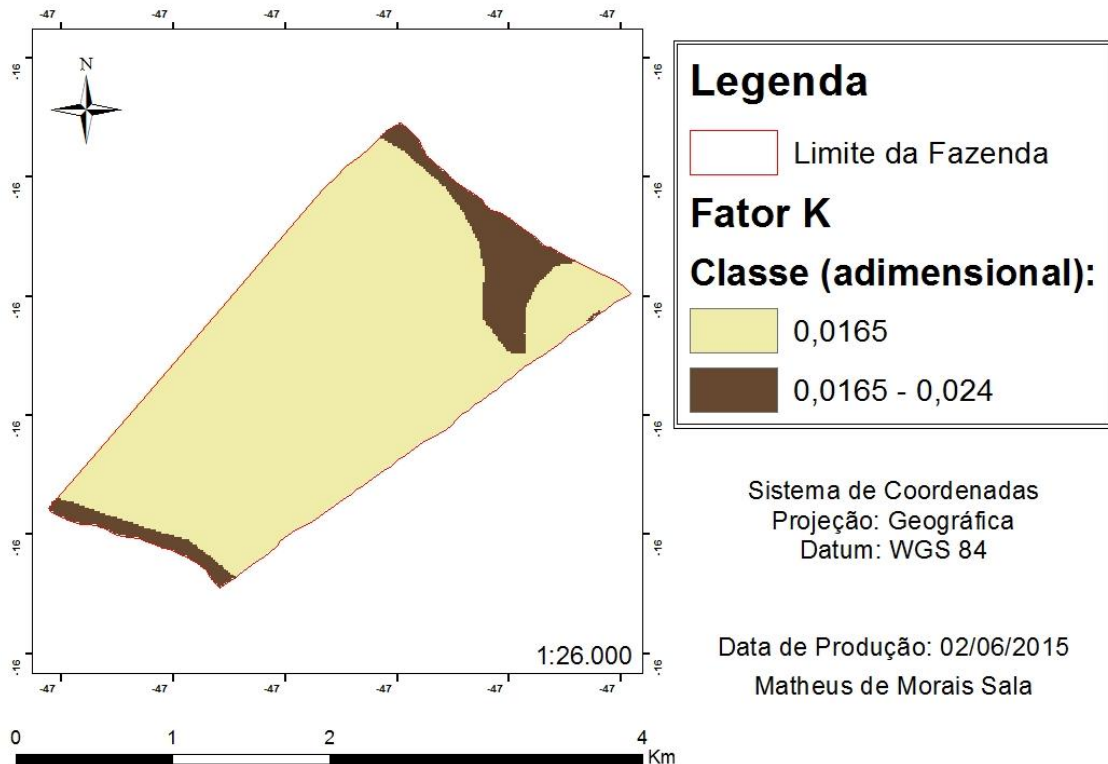


Figura 5: Fator K - Fazenda Poções  
Fonte: Dados da pesquisa

Os valores de CP está entre 0,00 a 0,018, onde temos o verde mais escuro representando os valores mais altos para o fator CP e o verde mais claro para valores menores de CP. O manejo da terra nas áreas de pivô central acontece periodicamente, de duas a três vezes ao ano, favorecendo para esse valor alto de CP, já nas áreas de pastagens o manejo não é feito periodicamente, é feito de ano em ano, proporcionando um CP médio, e as áreas de savana parque não apresenta manejo, com isso o valor de CP é baixo (figura 7).

### Mapa do Fator CP - Fazenda Poções

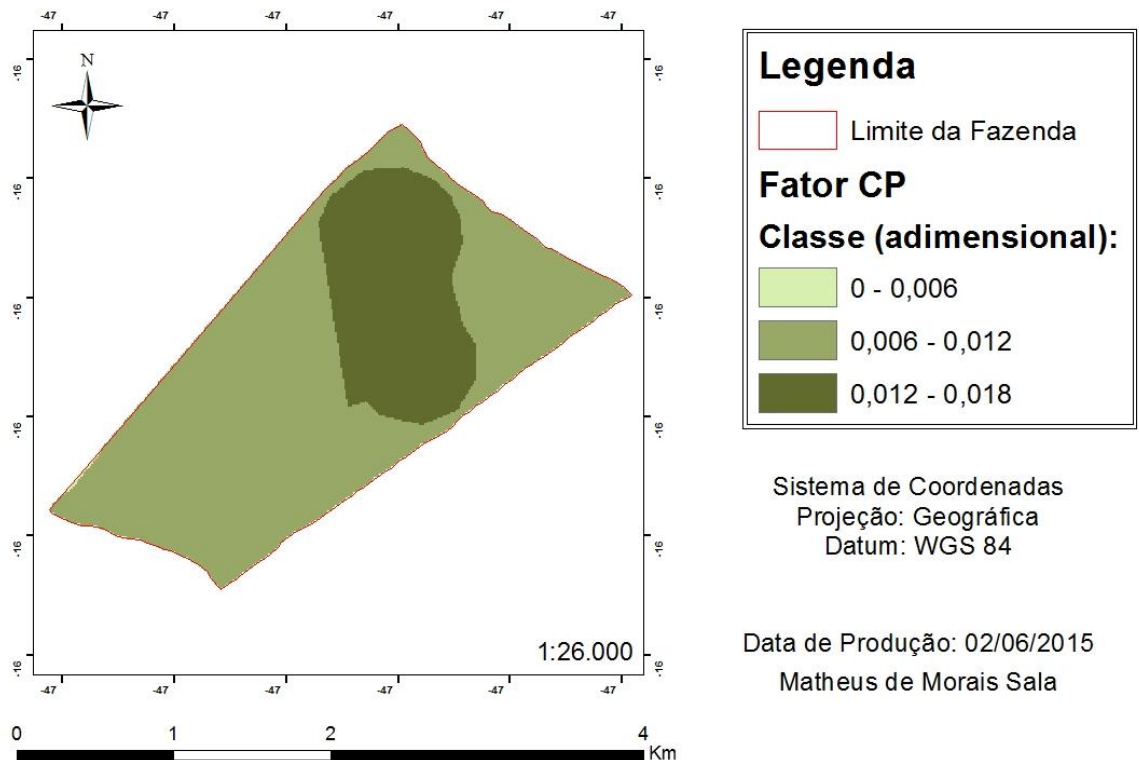


Figura 6: Fator CP - Fazenda Poções  
Fonte: Dados da pesquisa

A partir dessas variáveis foi utilizado a USLE para o cálculo da perda de solo da propriedade rural, a relação entre os valores altos de LS, R, K, CP, trouxe como resultado uma alta perda de solo estimada em  $t \cdot há^{-1} \cdot ano^{-1}$ , nas áreas onde o solo tem uma erodibilidade maior junto com o comprimento da rampa, o uso e ocupação, a erosividade, favoreceu para cenários onde tempos maiores perdas do solo.

Fazendo com que leve em consideração métodos para minimizar essas perdas, para que no futuro não atrapalhe as atividades executadas pelo proprietário, nas áreas com pivô central teve alguns pontos que a perda de solo é alta em relação a outros pontos, podendo dizer que esse manejo do solo não está sendo feito de maneira correta, outros pontos onde a perda é considerada alta é nas áreas com a maior declividade do terreno, chegando no corpo hídrico, onde o solo tem uma resiliência menor e não está com uma cobertura vegetal adequada para essas áreas. Os valores de perda de solo variaram de 0 à  $0,015691 t \cdot há^{-1} \cdot ano^{-1}$  (figura 8).

No quadro com as porcentagens de ocorrência foi agrupado em classes as perdas de solos, quatro classes, onde a primeira classe temos uma menor perda de solo e a quarta classe os maiores valores de perda de solo, a propriedade rural tem uma grande parcela onde a perda de solo é baixa, mais que 60% da área, porem a porção que está tendo uma perda de solo se enquadrando na classe 3 é significativa, temos mais de 35% da área (quadro 3).

Quadro 3: % da área em pixels

Classe	Valores de Perda de Solo (em $t.ha^{-1}.ano^{-1}$ )	% da Área em Pixels
1° Classe	0,00000 – 0,001688	62,97
2° Classe	0,001689 – 0,007131	1,38
3° Classe	0,007132 – 0,012698	35,29
4° Classe	0,012699 – 0,015691	0,35

Fonte: Dados da pesquisa

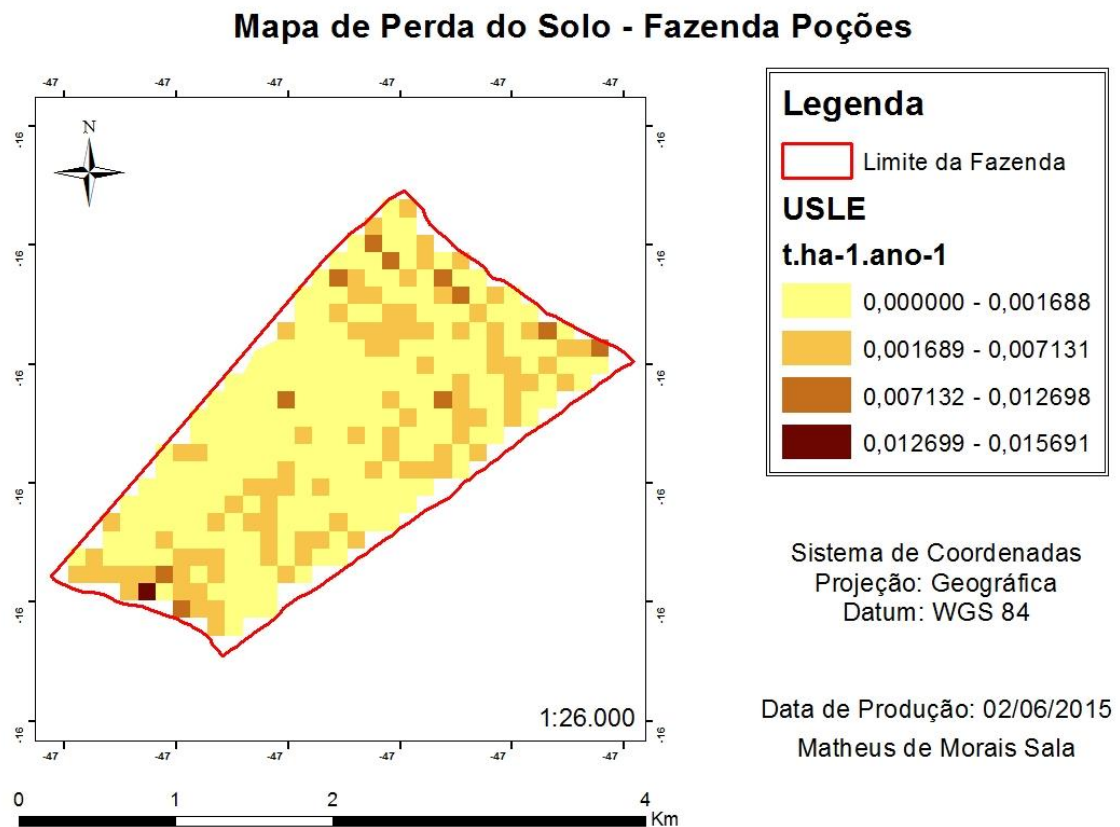


Figura 7: USLE - Fazenda Poções

Fonte: Dados da pesquisa

Com o intuito de fazer um diagnóstico da área de estudo, foi feita uma visita técnica, onde foram encontrados vários pontos críticos similares aos pontos onde está tendo a maior perda de solo pela figura 8, na área onde está localizada o pivô central número 2, que se encontra mais à esquerda do mapa de uso e ocupação, está tendo o plantio de cebola (figura 9), onde precisa ser feito canteiros, deixando o solo mais sensível a erosão e conseqüentemente temos a formação de erosões bem acentuadas, sendo definida essa perda de solo na classe 3 (figura 10).

Os fatores que teve maior significância na perda de solo para essa área de estudo foram o uso e ocupação do solo fator (CP) e o comprimento da rampa e declividade (LS), levando em consideração que temos praticamente a mesma formação de solo e com uma média de precipitação similares para todos os pontos.

## USLE - Fazenda Poções

Data: 19/05/2015

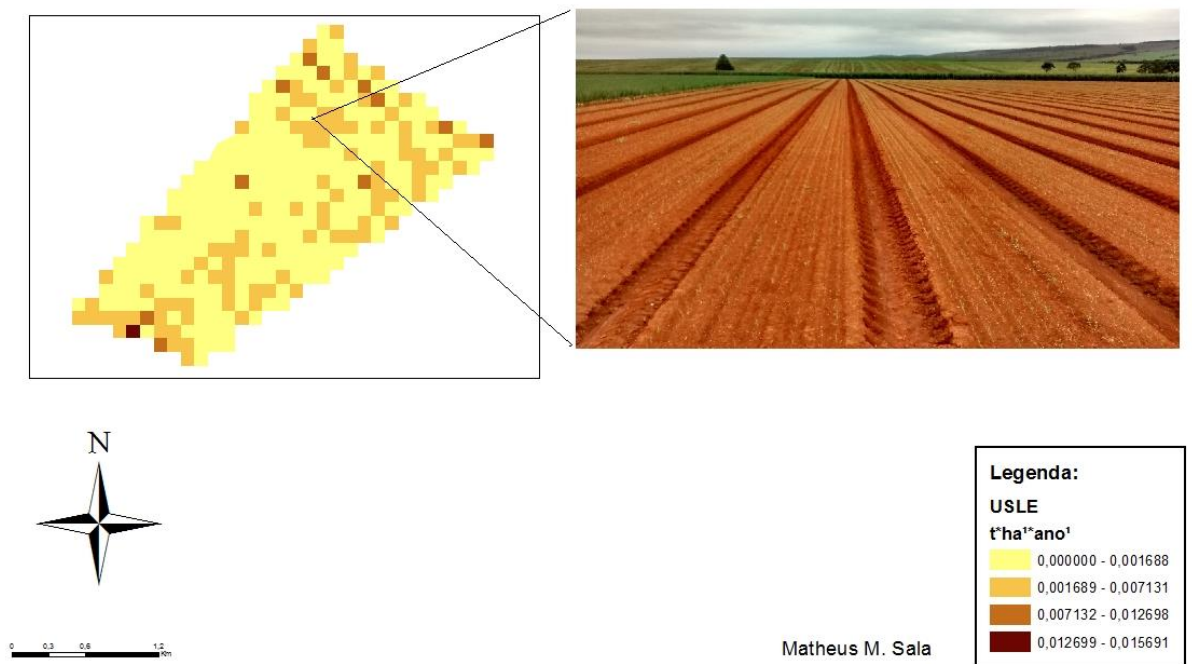


Figura 8: Canteiros para o Plantio de Cebola  
Fonte: Dados da pesquisa

## USLE - Fazenda Poções

Data: 19/05/2015

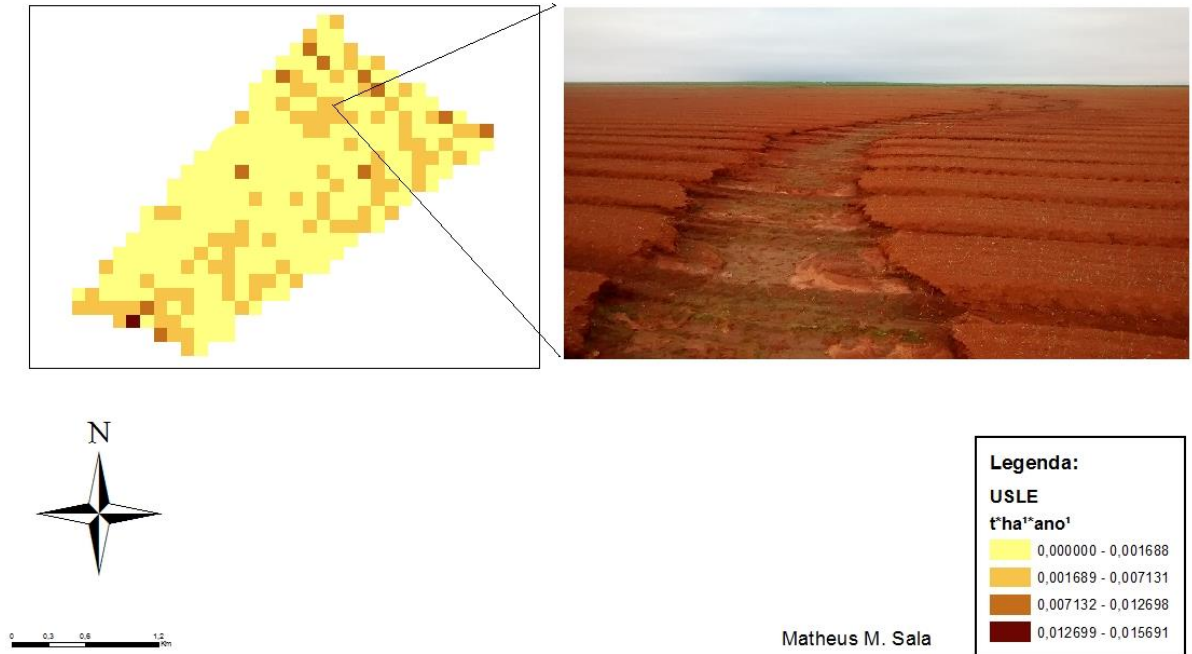


Figura 9: Erosão Formada pela Preparação do Solo para o Plantio  
 Fonte: Dados da pesquisa

Na área onde temos o pivô central número 1, que fica localizado no mapa de uso e ocupação na parte mais à direita, temos o plantio de milho safrinha, temos também presença de erosões (figura 11), classificada também na classe 3, sendo uma erosão maior, erosão que vem cada vez aumentando mais, conforme relatado por um contribuinte da propriedade, provavelmente os fatores que contribuíram para a formação dessa erosão laminar é o fator uso e ocupação (Fator CP), e o comprimento da rampa e declividade (LS).

## USLE - Fazenda Poções

Data: 19/05/2015

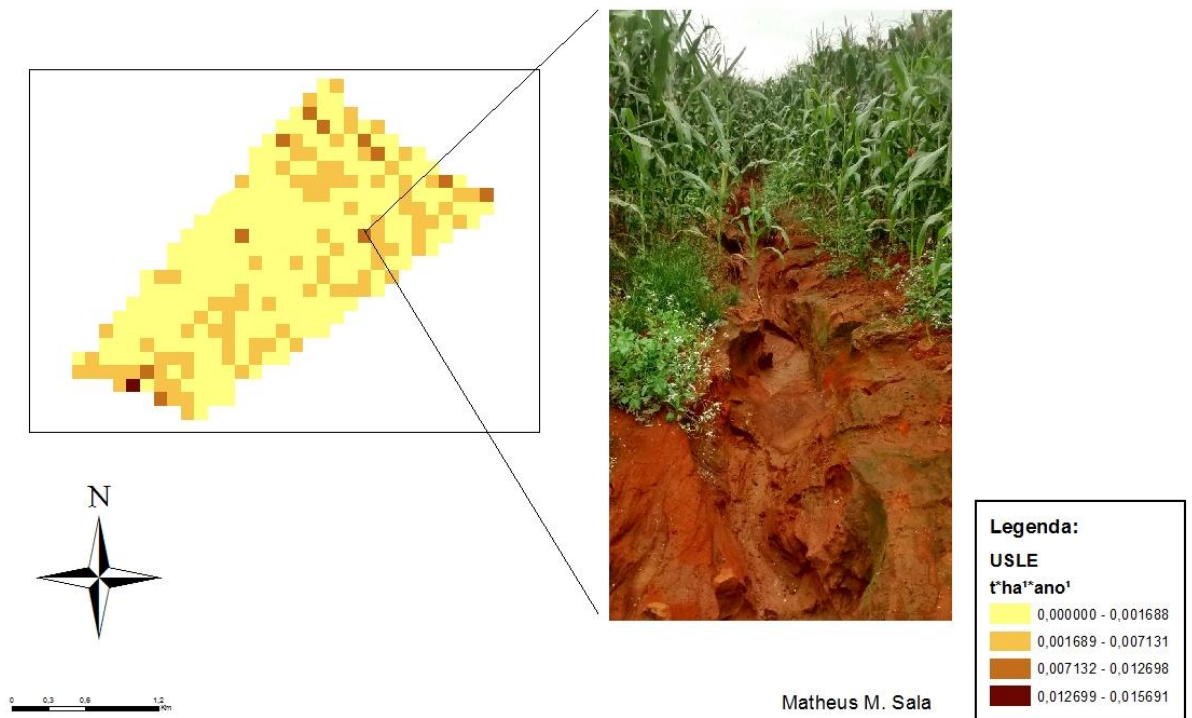


Figura 10: Erosão na Lavoura de Milho  
 Fonte: Dados da pesquisa

Foi observado na visita técnica outros pontos onde está acontecendo um grande perda de solo, na figura 12 onde está situado no limite norte da propriedade a direita da imagem temos uma área que já foi produzido eucalipto e que no presente não tem cultivo de nenhuma outra lavoura, o colaborador da propriedade que trabalha aproximadamente 20 anos junto com a equipe de funcionários, que contribuiu para auxiliar nos pontos críticos de erosão, mostrou um dreno que tinha como função drenar o acumulo de água que escorriam nas áreas com pivô central, onde foi construído aproximadamente em 2004 se transformou em uma voçoroca de grande proporção, comprometendo o solo daquela região. Na figura 12 o ponto está classificado como uma região com muita perda de solo, onde no passado provavelmente foi uma erosão laminar, passando por erosão em sulcos até se transformar nessa voçoroca, lembrando que a equação universal quantifica a perda de solo apenas para erosão laminar.

## USLE - Fazenda Poções

Data: 19/05/2015

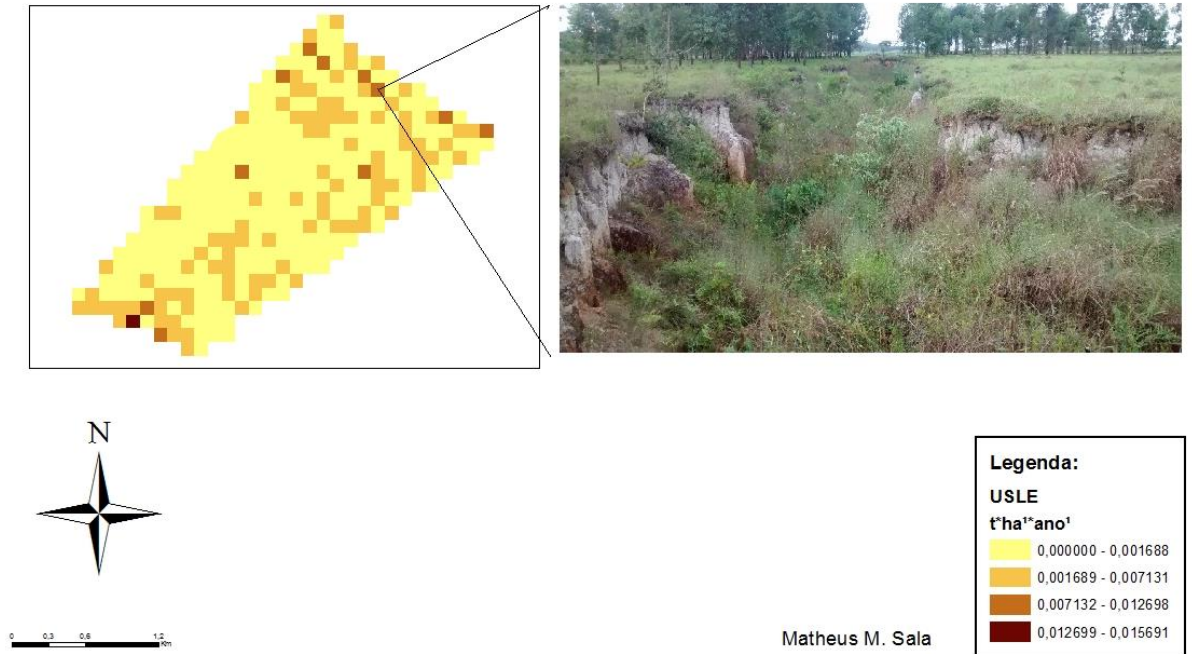


Figura 11: Voçoroca Causa pela Drenagem  
Fonte: Dados da pesquisa

Outro ponto que foi de suma relevância foi o acúmulo de sedimentos que está ocorrendo nas margens e na jusante do reservatório que está situado no limite norte da propriedade, logo depois da voçoroca causada pelo dreno, local onde foi feita a foto (figura 13) no passado o colaborador da propriedade relatou que já foi uma área alagada e que cada vez mais o diâmetro da jusante do reservatório está diminuindo. Relatou-se também que tiveram várias vezes intervenções humanas para não perder o fluxo de água que chega até o reservatório.

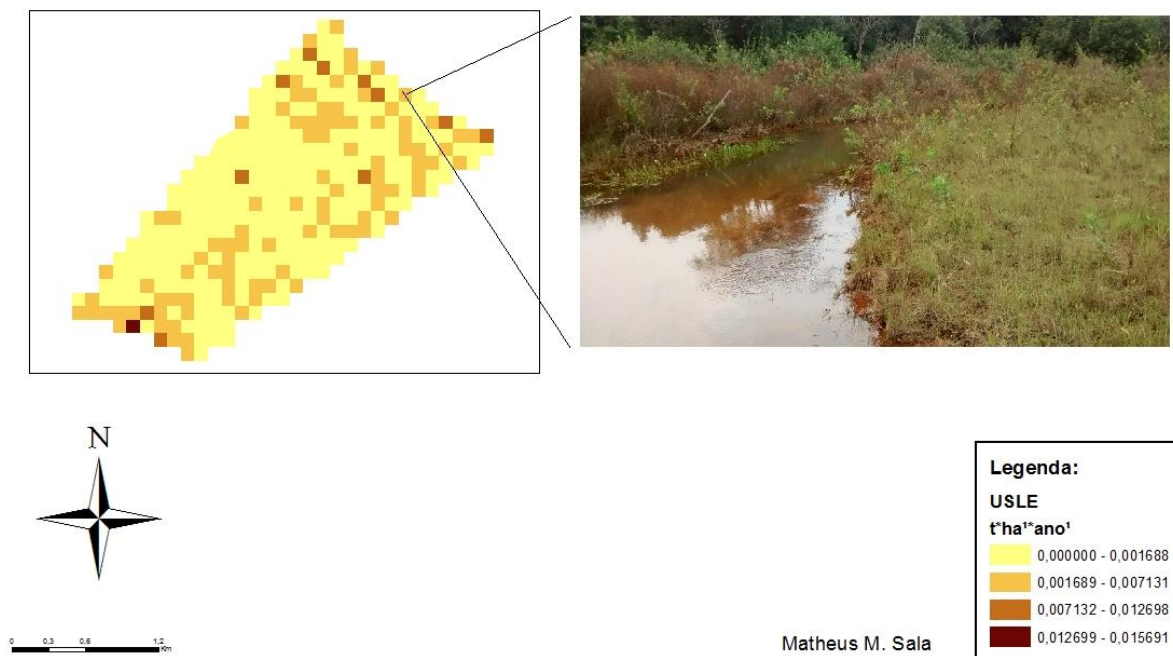


Figura 12: Acúmulo de Sedimentos

Fonte: Dados da pesquisa

Uma ferramenta que auxiliar a proteção das propriedades rurais é o Cadastro Ambiental Rural (CAR) que consiste no levantamento de informações georreferenciadas do imóvel, com delimitação das Áreas de Proteção Permanente (APP), Reserva Legal (RL), remanescentes de vegetação nativa, área rural consolidada, áreas de interesse social e de utilidade pública, como o objetivo de traçar um mapa digital a partir do qual são calculados os valores das áreas para diagnóstico ambiental.

A partir da delimitação das áreas de proteção permanente e a reserva legal da propriedade é preciso analisar critérios e medidas onde vai proporcionar um melhor manejo do solo, uma maneira bem eficiente e de baixo custo é fazer taludes menores e mais próximos um do outro, para diminuir a velocidade do fluxo da água ocasionadas por eventos fluviométricos acentuados.

Para a recuperação das áreas onde sofreu com a erosão laminar é feito por medidas físicas ou mecânicas – reconstrução de elementos da paisagem, retaludamento; edáficas – escarificação, tratamento do substrato, incorporação de matéria orgânica e da vegetação. Toda e qualquer ação que diminua a desagregação das partículas do substrato e seu carreamento pelas águas ou vento constitui práticas de controle de erosão.

#### 4 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O presente trabalho realizado em uma área menor, onde na bibliografia só foi encontrado a utilização da equação para grandes áreas, foi bem-sucedido, encontrou-se variações de perda de solo em diferentes pontos conforme diagnosticado através das imagens comparadas com o mapa da perda de solo.

A utilização da equação universal de perda de solo favorece os produtores rurais com um diagnóstico preciso dos pontos críticos de perda, com isso facilita a intervenção com medidas mitigadoras, tais medidas que podem ser feitas de maneiras simples e com baixo custo como por exemplo a revegetação das áreas críticas. Áreas que tem valores comerciais, mais se encontra em áreas críticas, pode-se fazer um planejamento e entrar com agricultura que prejudique de forma menos agressivas para o solo, mudar os pivôs centrais de localidade vai favorecer o produtor em diversos aspectos, o manejo e plantio de cebola acontece a vários anos nesses pivôs, provavelmente a cada ano se aumenta a quantidade de adubos sintéticos para manter ou aumentar a produtividade da área, produzindo em outra parcela de área o plantio vai ser feito em áreas onde não está tendo muita perda de solo e conseqüentemente vai dar um descanso para as áreas onde estão situados os pivôs.

Tratar o solo com cuidado e protegendo as áreas mais críticas favorece os produtores rurais em vários aspectos, uma área que está sofrendo com erosões, com o tempo vai deixando aquela área improdutiva, diminuindo a sua área de produção. O solo que é lixiviado pelas chuvas será depositado em algum local, como ocorre frequentemente em reservatórios ou rios próximos ou dentro daquela propriedade, prejudicando-o economicamente, se o produtor utiliza o reservatório para alimentar seu pivô central para a irrigação, esse solo vai provocar assoreamento no reservatório fazendo com que o proprietário precise intervir com ações mecânicas e físicas para que não perca o seu investimento do mecanismo de irrigação.

Recomenda-se a utilização desse método matemático para áreas onde o manejo é voltado na produção agrícola, sendo que cada vez mais está precisando de áreas produtivas para se alimentar a população humana que está em um crescimento exponencial.

## **SOIL LOSS SIMULATION ON AN AGRICULTURAL AREA IN RURAL PROPERTY POTIONS, CRISTALINA, GOIÁS.**

### **Abstract:**

This study was designed to facilitate the diagnosis of areas that are suffering from erosion laminar related to inadequate management for the use and occupation of land for grazing and cultivation of cereals and vegetables in central pivot, being used as the reference Loss of Universal Calculation Soil to quantify this loss . The ArcGIS software is essential for the preparation of the materials and methods used to obtain the results. From the results it was observed a large loss of soil at different points causing prevention methods stay easier to be implemented and helping to contain these laminar erosion.

Keywords: Laminar erosion. Universal Soil Loos Equation. ArcGis software. Soil Loss.

## REFERÊNCIAS

- ANGULO-MARTÍNEZ, M.; BEGUERÍA, S. **Estimating rainfall erosivity from daily precipitation records: a comparison among methods using data from the Ebro Basin (NE Spain)**. *Journal of Hydrology* **379**. 2009.
- ASSAD, M. L.; ALMEIRA, J. **Agricultura e Sustentabilidade, Contextos, Desafios e Cenários**. *Ciência & Ambiente*, n.29, p.15-30. 2004.
- BAPTISTA, G. M. M. **Diagnostico ambiental de erosão laminar: modelo geocológico e aplicação**. Brasília: Universa. 2003.
- CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DE SOLOS. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Rio de Janeiro: EMBRAPA. Disponível em: <http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br>. Acessado em 13 de abr. 2015.
- CORRÊA, R. S. **Recuperação de áreas degradadas pela mineração no cerrado: manual para revegetação**. 2. ed. Rev., ampl. e atual. Brasília: Universa, 2009.
- CRISTALINA – GO. Prefeitura. **Conheça Cristalina – Agricultura**. Disponível em: [http://www.cristalina.go.gov.br/site/conheca\\_cristalina.php](http://www.cristalina.go.gov.br/site/conheca_cristalina.php). Acesso em: 20 mai. 2015.
- FIDALGO, E.C.C et. al. **Estoque de carbono nos solos do Brasil. Boletim de pesquisa e desenvolvimento**. Rio de Janeiro, n°121. 2007.
- INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Banco de dados meteorológicos para ensino e pesquisa**. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal>. Acessado em: 13 abr. 2015.
- MACEDO, M.A.; BAPTISTA, G.M.M. **Perda de solo por erosão laminar na estação ecológica de Aguas Emendadas**. Brasília: Universidade de Brasília, 1997.
- MELLO, F.F.C. **Estimativas dos estoques de carbono dos solos nos Estados de Rondônia e Mato Grosso anteriores às intervenções antrópicas**. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2007.
- MEUSBURGER, K. et. Al. **Spatial and temporal variability of rainfall erosivity factor for Switzerland**. *Hydrology and Earth System Sciences Discussions*, n°.8, p.8291–8314. 2011.
- SHAMSHAD, A. et. al. **Development of an appropriate procedure for estimation of RUSLE EI30 index and preparation of erosivity maps for Pulau Penang in Peninsular Malaysia**. *Catena*, n°. 72, p. 423–432. 2008.
- SILVA, M.L.N. et al. **Rainfall erosivity indices in the Goiânia region, Goiás state, Brazil**. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, n°.32, p. 977–985. 1997.
- SISTEMA ESTADUAL DE GEOINFORMAÇÕES. **Sig – Shapefiles – Downloads**. Disponível em: <http://www.sieg.go.gov.br/>. Acessado em: 05 abr. 2015.

SOUZA, C. A. et al. **Análise demográfica, estrutura fundiária, produção agropecuária e relação das características do meio físico com uso do solo na bacia hidrográfica do rio Jauru-MT.** Unemat, 2009.

WISCHMEIER, W. H. **A rainfall erosion index for a universal soil-loss equation.** *Soil Science Society of America Proceedings*. Madison, v. 23, n. 3, p. 246-249, 1959.

WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D.D. **Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning (Agriculture Handbook nº 537).** Washington: USDA, p.58. 1978.

ZHANG, Y.G.et. al. **Projected rainfall erosivity changes under climate change from multimodel and multiscenario projections in Northeast China.** *Journal of Hydrology* n°. 384, p. 97–106. 2010.