



Universidade de Brasília  
Faculdade de Tecnologia  
Departamento de Engenharia Florestal

JUAN ENRIQUE DE ARAUJO BATISTA

**Estimativa de erosão do solo na região do  
Programa de Assentamento Dirigido do Distrito Federal.**

Orientador: Eraldo Aparecido Trondoli Matricardi

Brasília  
2018



Universidade de Brasília  
Faculdade de Tecnologia  
Departamento de Engenharia Florestal

JUAN ENRIQUE DE ARAUJO BATISTA

**Estimativa de erosão do solo na região do  
Programa de Assentamento Dirigido do Distrito Federal.**

Linha de pesquisa: Conservação de Recursos Naturais

Orientador: Eraldo Aparecido Trondoli Matricardi

Trabalho de conclusão de Curso apresentado  
ao Departamento de Engenharia Florestal da  
Universidade de Brasília, como requisito à  
obtenção do título de bacharel.

Brasília  
Junho de 2018

## Sumário

Lista de Tabelas .....	4
Lista de Figuras .....	5
1 Introdução .....	8
2. Definição do Problema de estudo .....	9
3. Objetivos.....	9
3.1 Objetivo Geral .....	9
3.2 Objetivo específico .....	10
4. Justificativa.....	10
5. Revisão Bibliográfica .....	10
5.1 O Cerrado e a expansão agrícola .....	10
5.2 Equação Universal de perda de Solos (EUPS) .....	12
5.2.1 Fator erosividade da chuva (R):.....	13
5.2.2 Fator erodibilidade do solo (K): .....	14
5.2.3 Fator topográfico (LS):.....	14
5.2.4 Fator Uso do solo e Práticas Conservacionistas .....	14
6. Material e Métodos .....	16
6.1 Descrição da Área de Estudo .....	16
6.2 Base de dados.....	17
6.3 Métodos .....	18
6.3.1 Erosão laminar:.....	18
6.3.2 Classificação do uso da cobertura do solo e práticas conservacionistas (Fator CP): .....	19
6.3.3 Erosividade das Chuvas (Fator R):.....	20
6.3.4 Erodibilidade dos solos (Fator K):.....	21
6.3.5 Fatores LS:.....	22
7. Resultados e discussão .....	23
7.1 Fator CP.....	23
7.2 Fator R .....	24
7.3 Fator K.....	25
7.4 Fator LS .....	26
7.5 Potencial de Erosão do PAD-DF .....	27
8. Conclusão .....	29
9. Referências Bibliográficas.....	30

## **Lista de Tabelas**

Tabela 1 - Coeficientes do fator C para cada uso do solo de acordo com Stein (1987). 19	19
Tabela 2 - Estações pluviométricas do INMET, dados de localização. .... 20	20
Tabela 3 - Coeficientes de cada tipo de solo segundo Bloise et al. (2001). .... 22	22
Tabela 4 - Fator CP e área (%) para cada classe de uso do solo..... 24	24
Tabela 5 - Fator K e área (%) para cada classe de solo. .... 25	25
Tabela 6 - Resultado da área (%) para cada classe de solo calculado com a EUPS..... 27	27

## Lista de Figuras

Figura 1 - Localização da área do Projeto de Assentamento Dirigido do Distrito Federal (PAD-DF). .....	16
Figura 2 - Localização das estações pluviométricas monitoradas pelo INMET utilizadas nesse estudo. ....	21
Figura 3 - Uso e cobertura da terra na área do Programa de Assentamento Dirigido do Distrito Federal (PAD-DF). ....	23
Figura 4 - Distribuição espacial dos valores de Fator R para o PAD-DF em MJ mm há-1h-1. ....	25
Figura 5 - Distribuição espacial dos valores de Fator K no PAD-DF. ....	26
Figura 6 - Distribuição espacial do Fator LS no PAD-DF. ....	26
Figura 7 - Estimativa de erosão do PAD-DF gerado da EUPS. ....	27

## Resumo

A erosão é um processo natural de degradação do solo que provoca a perda de nutrientes e o transporte de sedimentos. O avanço da expansão agrícola no Cerrado, substituindo áreas de vegetação nativa por pastagens e plantações acelera o processo natural de erosão dos solos. Para redução dos impactos da expansão agrícola é necessário o planejamento territorial, agrícola e ambiental, considerando de forma específica a análise da ocorrência ou não da erosão do solo. No presente estudo, foi estimado a erosão laminar no Projeto de Assentamento Dirigido do Distrito Federal ((PAD-DF) nos últimos anos, oferecendo subsídios para o planejamento territorial com a identificação de áreas críticas e fatores que mais influenciaram a perda de solo. Para estimar a erosão laminar, utilizou-se a Equação Universal de Perda de Solo (EUPS), adaptada para ambiente de Sistema de Informação Geográfica (SIG). A maior parte da área estudada (97,8%) no PAD-DF apresentou quantidade de perda de solos inferior a  $15 \text{ t ha}^{-1}\text{ano}^{-1}$ , considerado níveis toleráveis de erosão laminar. Os locais onde ocorreu maior taxa de erosão foram na agricultura irrigada. O tipo de uso da terra foi o fator que mais influenciou no aumento da quantidade de perda de solos, onde as áreas cobertas por vegetação natural apresentaram níveis inferiores de erosão. Portanto, as práticas de conservação e manejo adequado dos solos aliada à conservação dos remanescentes de vegetação nativa se apresentam como as principais alternativas para redução das taxas de erosão para a região.

Palavras-chave: EUPS, SIG, erosão dos solos, PAD-DF

## **Abstract**

Erosion is the natural process of soil degradation that causes nutrient loss and sediment transport. The advance of the agricultural expansion in the Cerrado, replacing the native vegetation areas by pastures and plantations, is generated by the environmental impact. For territorial planning, research and the environment, it is essential to analyze the occurrence or not of soil erosion. The purpose of this study was to estimate the erosion in the region of PAD-DF in the last years, identifying areas more critical and the factors that most influenced the loss of soil. For the evaluation of an erosion the Universal Soil Equation (EUPS), adapted for GIS environment, is used. Most of the studied area (97.83%) had soil loss values lower than  $15 \text{ t ha}^{-1}\text{ano}^{-1}$ , considered tolerable. The fields where the highest erosion rates were in irrigated agriculture. The factor that most influenced erosion was soil occupation. Conservation advice to avoid increasing erosion rates for the region.

**Keywords:** Soil erosion, USLE, GIS, PAD-DF

## **1 Introdução**

A erosão é um processo natural de degradação do solo que provoca a perda de nutrientes e o transporte de sedimentos (FRAGASSI, 2001). Segundo Boardman e Poesen (2006), durante os anos 90, a problemática da erosão do solo entrou para a agenda da União Europeia devido ao impacto provocado na qualidade da água, na biodiversidade, redução do estoque de carbono, produção de alimentos e inundações.

O processo erosivo é o conjunto dos processos de desagregação, transporte e deposição. O escoamento superficial é o principal fator responsável pelo transporte de sedimentos, junto com as gotas de chuvas que assumem o papel principal na desagregação. A erosão pode ser agravada ou reduzida devido a diversos fatores, tais como: topografia, erodibilidade do solo, cobertura do solo, cultivo, rugosidade (RIBEIRO, 2006).

Para o planejamento territorial, agrícola e ambiental, é indispensável a análise dos processos erosivos do solo. Existem diversos modelos com o intuito de mensurar a erosão hídrica a partir de equações que utilizam os componentes do processo erosivo como dados da equação (EVANGELISTA, 2017).

A erosão hídrica é um dos principais fatores da redução da produtividade do solo. O escoamento superficial transporta sedimentos, matéria orgânica, defensivos agrícolas e sementes gerando empobrecimento da terra, assoreamento e poluição dos corpos d'água (FRAGASSI, 2001).

Os dados de Sensoriamento Remoto aliados à aplicação de técnicas usando Sistema de Informações Geográficas podem facilitar o melhor entendimento dos fatores e variáveis complexas que representam os processos erosivos dos solos. E, como principal resultado da aplicação destes dados e técnica é a mensuração do potencial de erosão dos solos em áreas de interesse obtendo resultados bastante exatos e confiáveis (GOODCHILD et al., 1992).

O presente estudo buscou estimar a erosão do solo potencial dos solos do Projeto de Assentamento Dirigido do Distrito Federal (PAD-DF) ocorridas nos últimos anos. O PAD-DF é consiste numa área estratégica para produção agrícola no Distrito Federal, que foi objeto da maior expansão agrícola na região nas últimas décadas. Deste modo, os resultados deste estudo podem contribuir para embasar o planejamento e a definição de

estratégias de conservação e manejo dos solos a partir de dados atualizados e detalhados do uso e erosão dos solos no PAD-DF.

## **2. Definição do Problema de estudo**

Para o desenvolvimento humano, invariavelmente, é necessário o aproveitamento de recursos naturais e a conversão da cobertura vegetal original em outros usos da terra nos diferentes territórios, tornando-os áreas urbanas ou agricultáveis. Porém, as alterações da paisagem natural por ações antrópicas, especialmente quando aplicadas de forma inadequada, podem provocar diversos impactos ambientais e a insustentabilidade da produção (WANG et al., 2016). O ordenamento da ocupação do solo deve observar as potencialidades e limitações das diferentes áreas naturais, potencializando a mitigação dos impactos ambientais.

E, de forma mais específica, os fatores naturais degradam o solo diariamente, mas a ação antrópica potencializa os níveis de degradação de forma intensa. A erosão laminar é um desses fatores que merece atenção especial e maiores estudos. Solos erodidos podem afetar o ciclo hidrológico, provocando o aumento do transporte de sedimentos, perda de nutrientes e fertilidade do solo, degradação das condições físicas do solo e da dinâmica de recarga dos lençóis freáticos e assoreamento de canais de drenagem em geral (BERTONI & LOMBARDI NETO, 1990). Diante desta problemática, o presente trabalho de pesquisa teve as seguintes questões norteadoras: Houve aumento da quantidade de erosão laminar dos solos no PAD-DF no período de estudo? Onde ocorreram as maiores quantidades? Quais os principais fatores que influenciaram a erosão laminar?

## **3. Objetivos**

### **3.1 Objetivo Geral**

O objetivo geral deste estudo foi avaliar a dinâmica dos processos de erosão laminar na região do PAD-DF nos últimos anos, identificando eventuais áreas críticas e os fatores que mais influenciaram o aumento da quantidade de erosão dos solos.

### **3.2 Objetivo específico**

Os objetivos específicos desta pesquisa foram:

- Estimar a perda de solo por erosão laminar na área do PAD-DF;
- Localizar áreas mais críticas de erosão laminar;
- Identificar os fatores que mais influenciaram os processos erosivos na área e período de estudo.

### **4. Justificativa**

O avanço da expansão agrícola no Cerrado, substituindo áreas de vegetação nativa por pastagens e plantações vem gerando diversos impactos ambientais. Na última década esses dados foram intensificados para aumentar a produção dos commodities agrícolas visando provocar avanço tecnológico e econômico na região central do país (FERNANDES E PESSÔA, 2011).

A erosão laminar é intensificada pelas ações antrópicas e avaliar esse impacto é de suma importância para o planejamento territorial. Diversas metodologias vêm sendo aprimoradas para estimar a erosão hídrica, contribuindo de forma essencial na adoção de práticas conservacionistas e de manejo (EVANGELISTA, 2017).

A pesquisa de campo requer esforço, sendo consideradas onerosa e morosa, e o aprimoramento desses modelos são essenciais para avaliar diferentes áreas para o manejo do solo sem recorrer ao campo (AKSOY et al., 2005). É de suma importância mensurar a perda de solo provocada pela expansão agrícola na região do PAD-DF devido à expansão agrícola, apesar do avanço econômico, para contribuir em ações de manejo e conservação.

### **5. Revisão Bibliográfica**

#### **5.1 O Cerrado e a expansão agrícola**

O segundo maior bioma do país, o Cerrado, localizado predominantemente no Planalto Central, ocupa 22% do território brasileiro. Esse bioma ocorre em altitudes que variam de 300 m até mais de 1600 m. Assim como outras savanas, por exemplo a da Austrália, do Sudeste Asiático, da África e da América Tropical, o Cerrado é considerado um complexo vegetacional com similaridades ecológicas e fisionômicas com essas outras savanas (EITEN, 1994b).

O cerrado ocupa totalmente os estados do Goiás, Tocantins e Distrito Federal e parte dos estados do Ceará, Bahia, Minas Gerais, Mato Grosso do Sul, Maranhão,

Rondônia, Piauí e São Paulo. Na região Norte do país também é possível encontrar áreas de Cerrado nos estados do Pará, Amazonas, Roraima e Amapá e em menores áreas na região Sul no estado do Paraná; sendo um bioma que ocorre também no Pantanal, Mata Atlântica e Caatinga. Ocorre também em outros países da América do Sul, na Bolívia e no Paraguai. Na Guiana, Suriname, Venezuela e Colômbia ocorre formações conhecidas como Llanos que se assemelham ao Cerrado brasileiro (RIBEIRO & WALTER, 2008).

A composição vegetal da savana brasileira, o Cerrado, inclui fisionomias de formações savânicas, campestres e florestais. As formações savânicas são áreas com ocorrência de espécies arbustivas e arbóreas distribuídas sobre um estrato herbáceo e sem formação de dossel fechado. A formação campestre são regiões com maior ocorrência de espécies herbáceas e poucas arbustivas, sem há ocorrência de indivíduos arbóreos. As áreas de formação florestal são predominantemente ocupadas por espécies arbóreas, com a formação de dossel fechado ou aberto (RIBEIRO & WALTER, 2008).

Essas fisionomias são compostas por outras fitofisionomias que podem ser definidas a partir de dois fatores. O primeiro é a forma (fisionomia) que é avaliado a estrutura, mudanças estacionais e as formas de crescimento; o segundo fator são os aspectos do ambiente e a composição da flora. Esses fatores são também utilizados para separar os subtipos dentro das fitofisionomias (RIBEIRO & WALTER, 2008).

Ribeiro & Walter (2008), caracterizaram onze principais tipos de composição florística agrupadas em formações florestais: Cerradão, Mata Seca, Mata Ciliar e Mata de Galeria; formação savânica: Vereda, Palmeiral, Cerrado sentido restrito e Parque de Cerrado; formação campestre: Campo Rupestre, Campo Limpo e Campo Sujo. Apesar de muitas espécies que ocorrem no Cerrado serem comuns em outros biomas, a flora do Cerrado, suas fitofisionomias e fisionomias são bem características desse bioma que ocupa a região central do país (OLIVEIRA-FILHO & RATTER, 1995).

A disposição da flora é influenciada pelo regime de queimadas, latitude, composição química do solo, profundidade do lençol freático, da topografia, geomorfologia, disponibilidade de nutrientes e de água e da ação antrópica (EITEN, 1994). De acordo com Arens (1958), a deficiência nutricional do solo do Cerrado justifica a existência de diferentes fisionomias presentes no bioma, antes associada apenas a restrição de água no solo. Dessa forma, o solo é o determinante no equilíbrio dinâmico entre as formações de savana e floresta, porém o regime hídrico do solo também é relevante (LOMBARDI, 2003).

O mais recente relatório sobre o estudo do desmatamento do bioma Cerrado, feito em parceria técnica entre o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais (IBAMA) e o Ministério do Meio Ambiente (MMA), apresenta que até 2010 no mínimo 50% da cobertura vegetal natural do Cerrado foi modificado para outros tipos de uso. Dessa forma, o bioma Cerrado é o segundo bioma nacional mais degradado pelas ações antrópicas, perdendo apenas para a Mata Atlântica (MMA e IBAMA, 2011).

As principais ações que vem ao longo das décadas modificando as fisionomias do Cerrado são as queimas anuais e a remoção da vegetação natural para ocupação de áreas agrícolas e de pastagens; extração específica de madeiras e produtos não madeireiros; construções de grandes obras, tais como estradas e hidrelétricas, sendo essas modificações irreversíveis (KLINK & MACHADO, 2005).

No século XVIII a ocupação do Cerrado aumentou intensamente devido à mineração e a necessidade de colonização da região central pelos portugueses (FERNANDES & PESSÔA, 2011). Os envolvidos com a exploração de minérios deram início ao cultivo de produtos para a alimentação, sendo o ponto inicial para a transição entre a mineração e agropecuária. Logo no século XX o bioma foi centro de políticas de expansão territorial.

Porém, somente na década de 1950 com o surgimento de políticas de expansão agrícola e a criação da mais nova capital do país, Brasília, que se iniciou uma ocupação desordenada e acelerada do Cerrado. Devido aos insumos agrícolas e a mecanização a vegetação nativa foi substituída intensamente por plantios. O relevo é predominantemente plano, facilitando a mecanização e a aplicação intensiva de adubos químicos, superando o baixo teor de nutrientes no solo (FERNANDES & PESSÔA, 2011). Em trinta anos a região do Cerrado, antes considerada como infértil, foi largamente ocupada por grandes faixas de agricultura e pastagem, diminuindo a cobertura vegetal nativa a apenas fragmentos florestais e manchas de cerrado, sendo a maior fronteira agrícola do país (FERNANDES & PESSÔA, 2011).

Devido a agropecuária, as queimadas tornaram-se mais recorrentes e mais intensas, pois são utilizadas como controle de ervas daninhas, remoção de biomassa morta e para limpeza de áreas para plantio (LOMBARDI, 2003).

## **5.2 Equação Universal de perda de Solos (EUPS)**

As primeiras tentativas de formular modelos com esse objetivo e técnicas voltadas para a conservação do solo, foram desenvolvidos nos Estados Unidos da América, por

volta da década de 50, por cientistas de Indiana. Os quatro fatores considerados maiores responsáveis pela erosão laminar, o clima, o uso do solo e manejo do solo, o clima e a topografia são as bases dos dados que derivam a equação.

A Equação Universal de Perdas de Solos (EUPS) foi originalmente desenvolvida por Wischmeier & Smith (1978) para expressar a ação dos fatores centrais que interferem na perda de solo como consequência da erosão hídrica de modo dinâmico. Em síntese, a EUPS estima a médio e longo prazo como será o comportamento da erosão do solo, podendo então planejar práticas de manejo conservacionista para diminuir a perda dos solos (SCHULZ & CAMARGO, 2004). Os fatores centrais que interferem na erosão do solo pela chuva estão associados às condições naturais do solo e do clima: fatores K, L, S e R. Já os fatores C e P estão relacionados às ações antrópicas, os diversos tipos de ocupação e uso dos solos (SPAROVEK, 1998).

A EUPS pode ser indicada para os seguintes usos: estimativa de perda de solo por distintos usos na agricultura; estimativa de perda de solo para determinar práticas conservacionistas; orientações de planejamento de modelos de cultivo, conservação e manejo; previsão de perda anuais médias de solo para áreas com específicas práticas de utilização (RANIERI, 1996).

De acordo com Ranieri (2000), as limitações da EUPS são utilizar áreas relativamente homogêneas em relação ao uso do solo, declividade e ao solo; diversos parâmetros e seus efeitos serem implícitos na equação; o fator C ter valor válido específico para cada região; não considerar erosão linear e não considerar áreas de deposição. Ainda segundo essa autora, a EUPS exige poucos dados comparados com outras equações e por isso pode ser considerada como uma equação boa para a previsão de perda de solo, sendo menos complexa.

### **5.2.1 Fator erosividade da chuva (R):**

De acordo com Bertoni & Lombardi Neto (1990), o fator R é um índice numérico que apresenta a capacidade esperada de chuva em um determinado local capaz de causar erosão em uma região exposta.

Em terrenos cultivados, os dados de perda de solo relacionados com as características das chuvas, considerando todos os outros fatores constantes, mostram que a perda de solo é diretamente proporcional ao valor do produto da intensidade da chuva

em 30 minutos pela energia cinética total da chuva (WISCHMEIER & SMITH, 1978). Esse produto é conhecido como “Índice de erosão (EI)”.

O somatório dos resultados do EI de cada chuva, individualmente, em um período específico, representa a erosividade da chuva (R). O somatório de todos os resultados de EI das chuvas de um ano em um determinado local será o valor anual de EI (WISCHMEIER & SMITH, 1978).

### **5.2.2 Fator erodibilidade do solo (K):**

O fator K é correspondente a quantidade de taxa de perda de solo por unidade de índice de erosão obtido em uma parcela única (RANIERI, 2000) com 9% de declive, 25 m de comprimento, permanentemente exposta e com o solo em preparo no sentido do declive (WISCHMEIER & SMITH, 1965).

Geralmente, os valores do fator K são obtidos através de institutos de pesquisa na área de solos. Levam em consideração a textura do solo, porosidade, estrutura, capacidade de infiltração, permeabilidade, teor de matéria orgânica e composição química do complexo argila (CÉSAR, 1952).

### **5.2.3 Fator topográfico (LS):**

O comprimento do declive (L) e o gradiente do declive (S), interferem na intensidade da ação da água (WISCHMEIER & SMITH, 1978). Os estudos desses fatores são realizados separadamente, porém a aplicação é associada, sendo o considerado o fator topográfico (LS); que mede a energia cinética do escoamento na superfície. O comprimento da rampa (L), apresenta o caminho que a água tende a seguir e a declividade (S) interfere diretamente na velocidade do escoamento da água (JACQUES, 1997).

A equação para obter o fator LS expressa matematicamente a relação que espera-se da perda de solo por parcela única de 9% de declividade e 25 m de comprimento em relação a perda de solo correspondente a uma área de declive qualquer.

### **5.2.4 Fator Uso do solo e Práticas Conservacionistas**

O fator antrópico também é composto por dois fatores que são analisados conjuntamente que compõem a EUPS, incluindo o uso e manejo do solo (C) e práticas conservacionistas (P).

Para mensurar a perda de solos de áreas expostas (sem vegetação), são utilizados os fatores K, R e LS da EUPS. Caso a área possua cobertura vegetal natural ou plantada,

a perda de solo real calculada será menor se comparada com áreas não protegidas pela vegetação (KUNTISCHIK, 1996). Assim, o nível de proteção gerado pela cobertura vegetal vai variar de acordo com o tipo de vegetação, práticas de manejo e sequência de culturas. O estágio de desenvolvimento e crescimento da vegetação durante o período de maior incidência de chuvas também interfere no grau de proteção (KUNTISCHIK, 1996).

O fator C mensura a relação entre a perda de solo de uma área com cobertura vegetal em determinadas condições e a perda dessa mesma área sem cobertura vegetal, preparado para cultivo (WISCHMEIER & SMITH, 1978). Esse fator é adimensional assumindo valores que variam de 1 a 0, sendo o valor adotado para solo exposto e para solo coberto por floresta, respectivamente.

O fator P está relacionado com os efeitos das práticas de conservação do solo. As práticas mais utilizadas são o terraceamento, plantio em nível e o plantio em faixa. É a relação entre a intensidade de perda de solo quando a cultura está implementada no sentido do declive e a perda de solo esperada com a utilização de práticas conservacionistas (RANIERI, 2000). Os valores também variam entre 0 e 1, onde “1” é adotado para áreas plantadas morro abaixo.

A definição de valores para o fator P pode ser feita levando em conta os parâmetros declividade e a ocorrência de qualquer prática conservacionista e associação com dados encontrados na literatura. Bertoni & Lombardi Neto (1990) propõe os seguintes valores: Plantio morro abaixo 1; Plantio em contorno 0,5; Alternância de capinas com plantio em contorno 0,4 e Cordões de vegetação permanente 0,2.

Outros métodos também podem ser utilizados para definir o valor do fator P. Por exemplo, os critérios adotados por Ranieri (2000) que consideram que, em áreas onde existem práticas conservacionistas, assume-se o valor de 0,5 e, em áreas sem nenhuma técnica aplicada, assume-se o valor máximo (“1”), sendo considerado a pior situação possível.

## 6. Material e Métodos

### 6.1 Descrição da Área de Estudo

A área de estudo envolveu o Projeto de Assentamento Dirigido do Distrito Federal (PAD-DF), localizada no Distrito Federal (Figura 1), na região administrativa do Paranoá. A área estudada está situada na região Centro-Oeste do país, com cerca de 61.000 hectares, dentro da Área de Proteção Ambiental do Planalto Central.

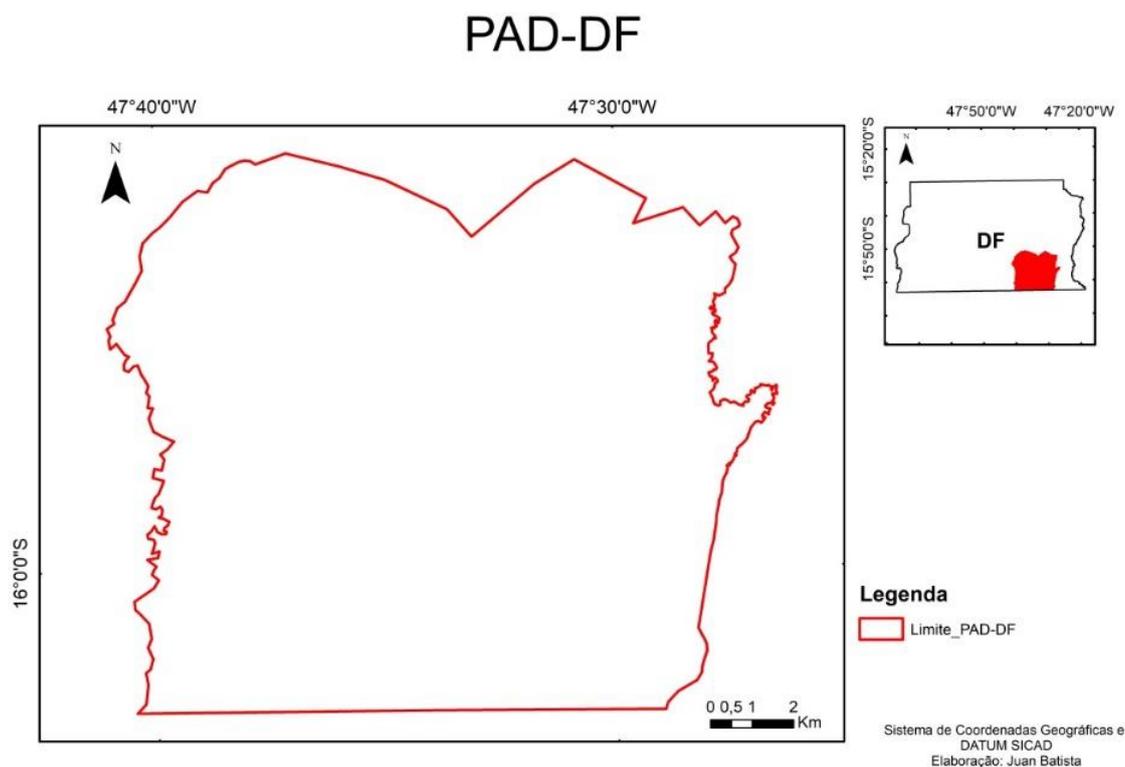


Figura 1 - Localização da área do Projeto de Assentamento Dirigido do Distrito Federal (PAD-DF).

O PAD-DF foi uma ação elaborada e implementada a partir de 1977 pelo governo do Distrito Federal através da Secretaria de Agricultura e Produção, sendo executado pela Fundação Zoobotânica do Distrito Federal, com intuito de desenvolver regiões com potencial agrícola na região. A região é a principal produtora de grãos (soja, feijão, milho, trigo) e de pecuária, além de áreas destinadas ao cultivo de hortifrutigranjeiros e avicultura do Distrito Federal. A produção agrícola da região é implementada em agrovilas, colônias agrícolas, assentamentos de produtores em áreas isoladas e núcleos rurais (Ghesti, 2009). Na região do PAD-DF ainda é possível encontrar remanescentes

de formações florestais, campestres e savânicas, corpos d'água e florestas plantadas (ZEE-DF, 2015).

Os solos da região são predominantemente Latossolo Vermelho e Latossolos Vermelho-Amarelo (MAPA, 2004), também ocorrem os solos Cambissolo, Latossolo Vermelho-escuro, solos Aluviais, solos Hidromórficos e Podzólico Vermelho-Amarelo (ZEE-DF, 2015). A altitude da área varia entre 830 metros e 1050 metros. Para região a precipitação anual acumulada é de 1494,25 mm. Nos meses de maio, junho, julho, agosto e setembro ocorre as menores taxas de precipitação acumulada variando de 8,7mm a 55,2mm. Já nos meses de outubro, novembro, dezembro, janeiro, fevereiro e março a taxa de precipitação varia entre 166,6 mm a 247,4mm.

## 6.2 Base de dados

Para a implementação deste trabalho de pesquisa, foi utilizada a seguinte base de dados:

- **Uso da terra:** Foi utilizado a classificação do uso do solo elaborado pelo GDF para o ZEE-DF elaborado em 2009 e disponibilizado pelo MMA. Para atualizar o uso e ocupação do solo utilizou-se o mosaico de fotografias aéreas 2015 – Fonte TERRACAP 2017. Foi um levantamento de fotografias aéreas realizada pela empresa TOPOCART, Topografia e Engenharia e aerolevantamentos. Cobertura aerofotogramétrica realizada com câmera digital de grande formato, com resolução espacial de 25 cm, compostas por 4 bandas: 3 do intervalo espectral do visível (RGB) e 1 do infra-vermelho próximo para geração das imagens finais, recobrimento longitudinal de 60% e lateral de 30%, 36 faixas de vôo no sentido norte-sul. Vôo apoiado composto por 40 pontos pré-sinalizados – GCP's (Ground Check Point), ocupados por receptores GNSS geodésico de dupla frequência L1/L2, diminuindo o total de apoio de campo, pontos de aerotriangulação e aumentando a precisão e qualidade dos produtos. 80 marcos de apoio básico. Sistema de Referências SIRGAS-2000.
- **Relevo:** Foi utilizado dados TOPODATA, elaborado pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) para elaborar o fator LS. O TOPODATA foi desenvolvido a partir de dados do *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM), uma missão espacial que gerou um modelo digital de elevação (MDE) de 80% do planeta Terra, com detalhamento de 90 metros por pixel (célula). Os dados do TOPODATA

incluíram o preenchimento de falhas e o refinamento desses dados interpolando a resolução para 30 metros, utilizando métodos geoestatísticos (Valeriano, 2004). Esses dados foram utilizados para estimar a declividade e o fator LS da EUPS.

- **Solos:** Foi utilizado o mapa de solos elaborado em escala 1: 100.000 pelo Governo do Distrito Federal (GDF) para o Zoneamento Ecológico-Econômico (ZEE) para calcular o fator K. Os trabalhos do ZEE do DF tinham como objetivo de subsidiar o desenvolvimento sustentável da região estudada baseada nas suas características socioeconômicas e ambientais.
- **Dados climáticos:** Os dados de precipitação foram obtidos através do Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP) disponibilizados pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), para calcular o fator R. O banco de dados consiste numa série histórica das diversas estações meteorológicas com medições diárias de acordo com as normas técnicas internacionais da Organização Meteorológica Mundial.
- **Limite PAD-DF:** Foi utilizado um polígono com os limites da área de estudo, elaborado pela EMBRAPA, totalizando 45.321,51 hectares.

## 6.3 Métodos

### 6.3.1 Erosão laminar:

Para estimar a erosão laminar foi utilizada a Equação Universal de Perda de Solos (EUPS), adaptada para o ambiente de Sistema Geográfico de Informação:

$$A = R * K * L * S * C * P \quad (1)$$

Onde:

A = é a perda total de solo pela unidade de área (t/ha.ano);

R = fator de erosividade da chuva ( $\text{MJ ha}^{-1} \text{mm há}^{-1}$ );

K = fator erodibilidade do solo ( $\text{t h MJ}^{-1} \text{mm}^{-1}$ );

L = fator comprimento do declive (adimensional);

S = fator grau de declive (adimensional);

C = fator uso e manejo do solo (adimensional);

P = fator práticas conservacionistas (adimensional).

Segundo Chaves (2010), a EUPS não é adequada para estimar erosão do solo causada por processos erosivos mais intensos (voçorocas, ravinas ou sulcos), acima de 100 t/ha.ano. Diante disso para evitar erros de superestimação da erosão laminar, foi adotado o limite máximo de 100 t/ha.ano.

### 6.3.2 Classificação do uso da cobertura do solo e práticas conservacionistas (Fator CP):

A classificação do uso e cobertura do solo realizada para o ZEE-DF 2009 foi atualizada utilizando o mosaico de fotografias aéreas 2015, fonte TERRACAP. Utilizou-se o método de classificação visual para atualização do uso e ocupação do solo. Os dados do uso e cobertura da terra foram utilizados para gerar o fator C da EUPS, os valores atribuídos foram adaptados do procedimento sugerido por Stein et al. (1987), conforme a Tabela 1. Devido a extensão da área de estudo e pela dificuldade em encontrar valores confiáveis de práticas conservacionistas, adotou-se o valor constante 1 para o fator P, pois representa a pior situação de práticas conservacionistas em relação a perda de solos.

Tabela 1 - Coeficientes do fator C para cada uso do solo de acordo com Stein (1987).

<b>Classe de Uso do Solo</b>		<b>Valores de C</b>
Agrovia	(Chácaras, Fazendas, Agrovilas)	0,0100
Cerrado	(Sentido amplo)	0,0007
Corpos d'água	(Represas, rios, lagos)	0,0000
Cultura de grãos	(Agricultura)	0,0200
Estradas	(Não pavimentadas e pavimentadas)	0,2500
Mata de galeria	(Mata ciliar e de Galeria)	0,0001
Pastagem	(Área destinada ao gado)	0,0100
Pivô	(Agricultura irrigada)	0,1200
Reflorestamento	(Plantações de Eucalipto)	0,0001
Área degradada	(Solo exposto)	0,2500

### 6.3.3 Erosividade das Chuvas (Fator R):

Para obter o fator R, utilizou-se o mesmo índice utilizado nos estudos de Cabral (2011), Junior (2015) e Pereira (2009), o EI-30. Assim, o fator R foi estimado utilizando a seguinte equação:

$$EI30 = 67,3555 * (r^2/P)^{0,85} \quad (2)$$

Onde:

EI = média mensal do índice de erosão (MJ ha<sup>-1</sup> mm<sup>-1</sup>);

r = precipitação média mensal (mm);

P = precipitação média anual (mm).

O valor final do fator R foi estimado a partir do somatório EI-30 mensal de cada estação segundo a equação:

$$R = \sum_{i=1}^{12} EI_{30i} \quad (3)$$

Foram escolhidas quatro estações monitoradas pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) para obter os dados pluviométricos, com localização mais próximas da região de estudo, apresentadas na Tabela 2 e na Figura 2.

Tabela 2 - Estações pluviométricas do INMET, dados de localização.

<b>Código</b>	<b>Nome da estação</b>	<b>Latitude</b>	<b>Longitude</b>	<b>Altitude</b>
83377	Brasília	15°47'21"	47°55'32"	1161
83379	Formosa	15°32'57"	47°20'19"	935
83423	Goiânia	16°38'34"	49°13'12"	727
834798	Paracatu	17°14'39"	46°52'54"	705
83428	Unaí	16°33'14"	46°52'54"	641

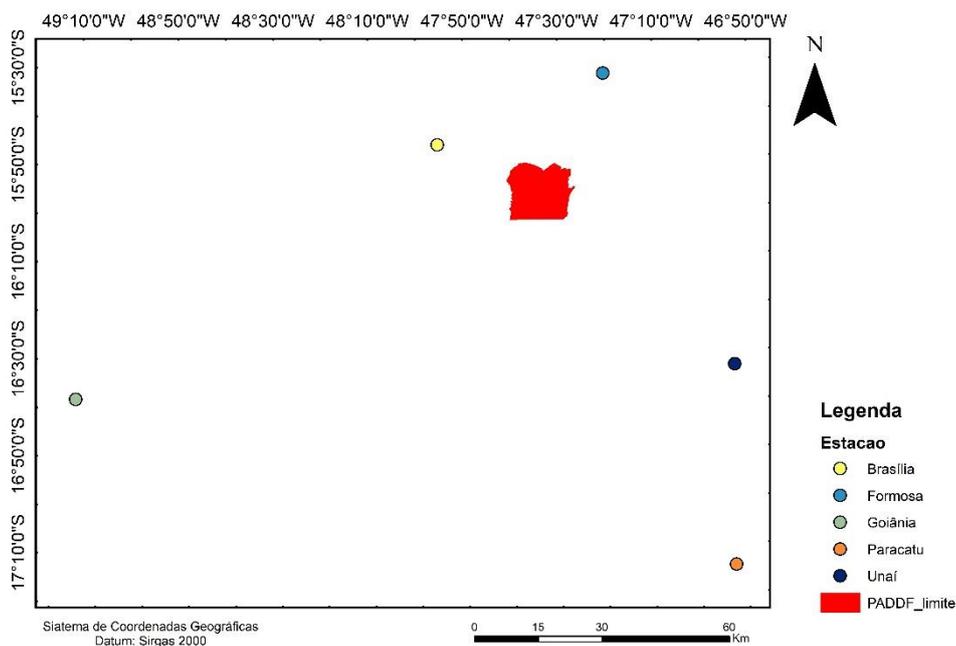


Figura 2 - Localização das estações pluviométricas monitoradas pelo INMET utilizadas nesse estudo.

Após estimar os valores de erosividade (EI-30) de cada estação, os dados foram interpolados utilizando o método geoestatístico *Ordinary Kriging* disponível no *software* de geoprocessamento *ArcGIS® 10.2*, gerando um mapa de erosividade para toda a região estudada.

#### 6.3.4 Erodibilidade dos solos (Fator K):

O mapa de solos fornecido pelo GDF, elaborado para subsidiar os trabalhos do Zoneamento Ecológico-Econômico (ZEE) foi a base de dados para a classificação de erodibilidade dos solos da região do PAD-DF segundo os parâmetros físico-químicos apresentados nos estudos de Bloise et al. (2001). Os solos encontrados na área de estudo e os valores utilizados para cada tipo de solo, estão apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 - Coeficientes de cada tipo de solo segundo Bloise et al. (2001).

<b>Classe de Solo</b>		<b>Fator K</b>
Latossolo Vermelho	<i>LVd1</i>	0,0263
	<i>LVd2</i>	0,0092
	<i>LVd3</i>	0,0144
	<i>Outros</i>	0,0151
Latossolo Vermelho-Amarelo	<i>LVAd1</i>	0,0171
	<i>LVAd2</i>	0,0237
	<i>LVAd3</i>	0,0144
	<i>Outros</i>	0,0184
Cambissolo	<i>CXd1</i>	0,0237
	<i>CXd2</i>	0,0158
	<i>CXa1</i>	0,0263
	<i>CXa2</i>	0,0210
	<i>Outros</i>	0,0217
Gleissolos	<i>GMd1</i>	0,0158
	<i>GMd2</i>	0,0273
	<i>GMd3</i>	0,0395
	<i>GXa1</i>	0,0355
Nitossolo Háptico	<i>NXd1</i>	0,0197
Neossolo Flúvico	<i>RUbd1</i>	0,0250

### 6.3.5 Fatores LS:

Os fatores LS da EUPS foram obtidos utilizando os dados de relevo TOPODATA, disponibilizado pelo Instituto Nacional de Pesquisa Espacial (INPE). A partir do Modelo Digital de Terreno (MDT) foram estimados os parâmetros de comprimento de rampa (fator L) e declividade (fator S) da vertente. Para melhores resultados, os dados originais do MDT fornecido pelo INPE foram corrigidos utilizando a ferramenta “Fill”, disponível no software ArcGIS 10.2. Subsequentemente, foram geradas as matrizes de direção de fluxo (Flow Direction) e Acumulação de Fluxo (Flow Accumulation), para estimar o fator L e a matriz Declividade (Slope) para estimar o fator S de toda a área de estudo..

A partir das matrizes finais “*Slope*” e “*Flow Accumulation*”, foi gerado uma nova matriz dos fatores LS, calculado a partir da seguinte equação (MINELLA et al., 2010):

$$LS = \frac{("Flow\ accumulation" * tamanho\ da\ célula\ do\ pixel)^{0,4}}{22,13} * \left(\frac{\text{seno}("slope")}{0,0896}\right)^{1,3} \quad (4)$$

## 7. Resultados e discussão

Os primeiros resultados do presente estudo foram as estimativas dos diferentes fatores que compõem a Equação Universal de Perda de Solos para a área de estudo. Os resultados de cada fator são apresentados a seguir:

### 7.1 Fator CP

Mapa atualizado utilizando classificação visual através do mosaico de imagens da fonte TERRACAP. (Figura 3).

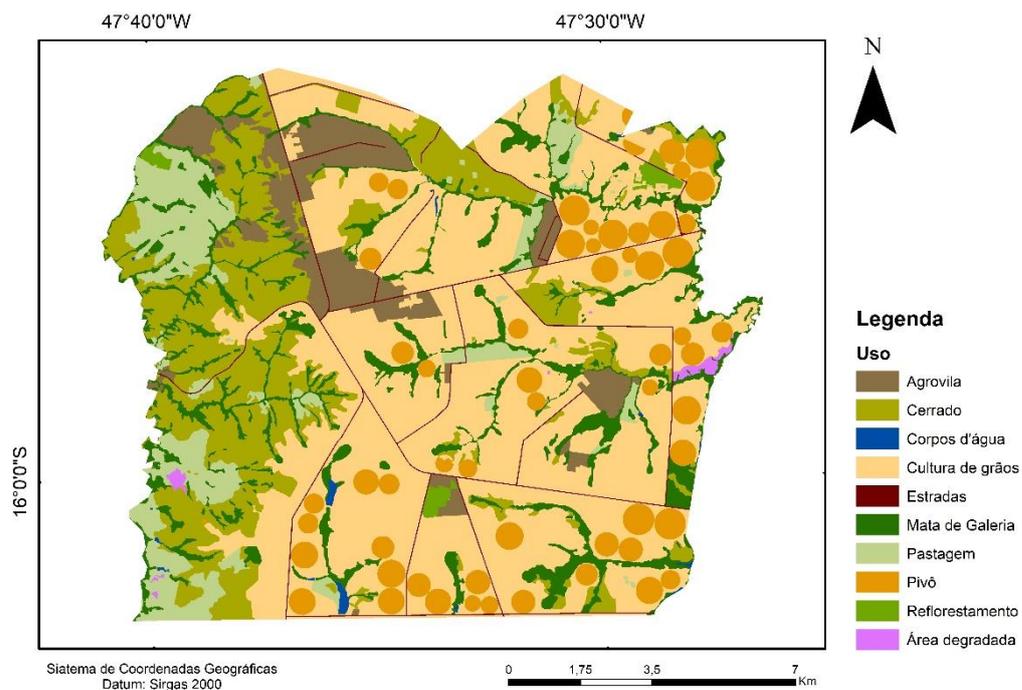


Figura 3 - Uso e cobertura da terra na área do Programa de Assentamento Dirigido do Distrito Federal (PAD-DF).

A partir do mapa de uso e cobertura da terra, foram adotados valores ou escores adaptados e proposto por Stein (1987) para o uso e cobertura do solo (fator C) e o valor constante 1 (Tabela 5) das Práticas Conservacionistas (fator P), as percentagens de ocupação da área estudada para cada valor de CP. Como este fator está diretamente

ligado às práticas de uso da terra, é possível adotar a redução dos valores de erosão se for verificado a implementação de práticas conservacionistas na área de interesse

Tabela 4 - Fator CP e área (%) para cada classe de uso do solo.

<b>Classe de Uso do Solo</b>	<b>Valores de CP</b>	<b>Área (ha)</b>	<b>Área (%)</b>
Agrovila	0,0100	3202,79	7,06
Cerrado	0,0007	8468,53	18,68
Corpos d'água	0,0000	109,89	0,24
Cultura de grãos	0,0200	20270,19	44,73
Estradas	0,2500	601,24	1,32
Mata de galeria	0,0001	4671,62	10,3
Pastagem	0,0100	3623,1	7,99
Pivô	0,1200	3937,54	8,68
Reflorestamento	0,0001	279,36	0,61
Área degradada	0,2500	148,19	0,32

## 7.2 Fator R

Com base nos dados de precipitação utilizados nesta pesquisa, a erosividade da chuva pode variar entre 8013,02 MJ mm ha<sup>-1</sup>h<sup>-1</sup> a 8049,45 MJ mm ha<sup>-1</sup>h<sup>-1</sup> na área deste estudo O valor médio da erosividade das chuvas foi estimado em 8031,48 MJ mm ha<sup>-1</sup>h<sup>-1</sup>. Segundo a classificação proposta por Foster et al. (1981), a erosividade das chuvas no PAD-DF é alta. A distribuição espacial dos valores para o fator R na área de estudo está apresentada na Figura 4.

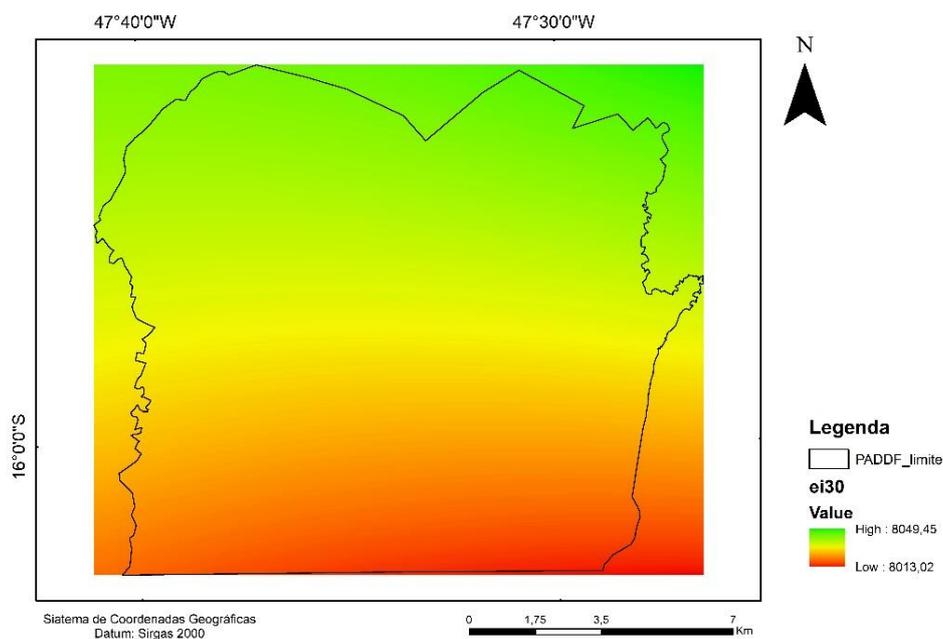


Figura 4-Distribuição espacial dos valores de Fator R para o PAD-DF em MJ mm ha<sup>-1</sup>h<sup>-1</sup>

### 7.3 Fator K

O tipo de solo com maior valor estimado para o fator K na região de estudo foi o Gleissolo Háplico e o menor valor encontrado foi para o Latossolo Vermelho-Amarelo. A erodibilidade em solos mais rasos é maior que em solos mais profundos, sendo que a ocupação territorial de cada tipo de solo e os respectivos valores do Fator K são apresentados na Tabela 6 e na Figura 5.

Tabela 5 - Fator K e área (%) para cada classe de solo.

Classe de Solo	Fator K	Área (ha)	Área (%)
Latossolo Vermelho	0,0151	12132,48	26,78
Latossolo Vermelho-Amarelo	0,0148	16867,09	37,22
Cambissolo	0,01975	14682,64	32,40
Gleissolos	0,0355	550,13	1,21
Nitossolo Háplico	0,0309	1052,92	2,32
Neossolo Flúvico	0,025	26,18	0,06

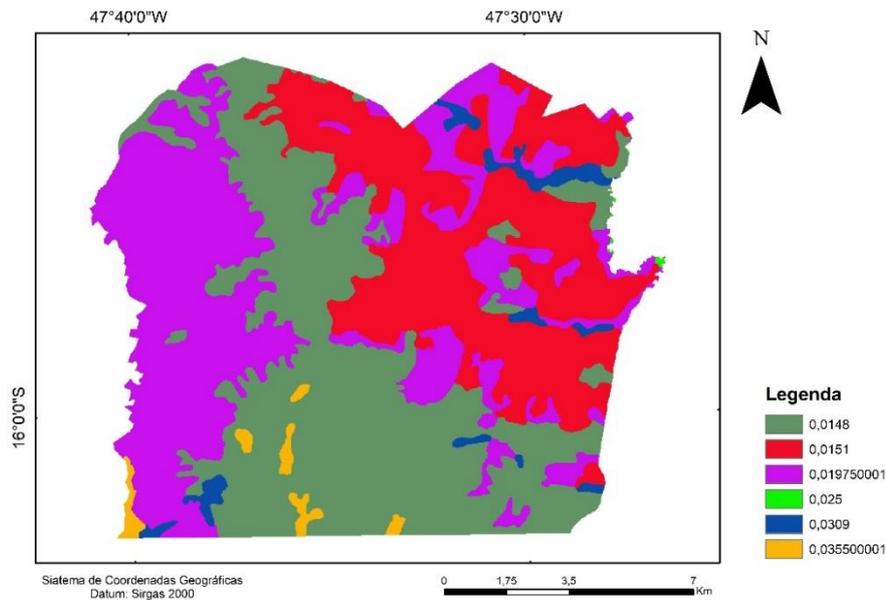


Figura 5 - Distribuição espacial dos valores de Fator K no PAD-DF.

#### 7.4 Fator LS

Na área de estudo, a altitude variou entre 830m e 1055m, com média de 960,9m e desvio padrão de 58,1m. A declividade variou de 0° a 64,12°. A acumulação de fluxo (*Flow Accumulation*) variou de 0 a 3,86098e+006. O Fator S (relacionado com a declividade) variou de 0 a 20,1° e o fator L (comprimento da rampa) variou de 0 a 1,85. O resultado final para o fator LS variou de 0 a 22,87 e está apresentado na Figura 6.

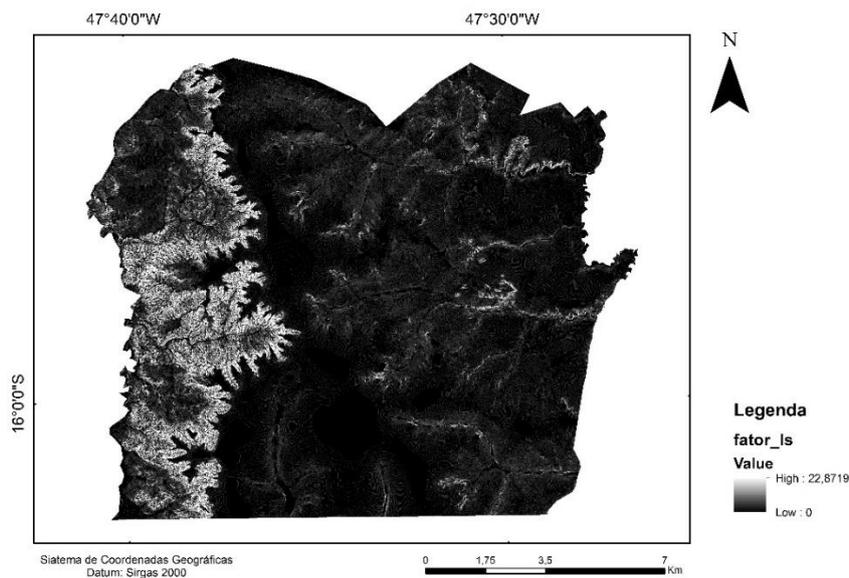


Figura 6 - Distribuição espacial do Fator LS no PAD-DF.

### 7.5 Potencial de Erosão do PAD-DF

A partir da EUPS, os valores obtidos para a estimativa de erosão na região de estudo variaram entre 0 e 100 t ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>. O valor médio anual estimado foi de 1,029 t ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, com desvio padrão igual a 4,2 t ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>. Os resultados estão apresentados em detalhes na Tabela 7 e a distribuição espacial da estimativa da erosão dos solos no PAD-DF é apresentada na Figura 6.

Tabela 6 - Resultado da área (%) para cada classe de perda de solo calculado com a EUPS.

Classe	Perda de solo (ton/ha.ano)	Área (ha)	Área (%)
1	0 - 0,5	35.328,9	78
2	0,5 - 1,0	2.148,66	4,74
3	1,0 - 5,0	6.175,71	13,63
4	5,0 - 10,0	662,94	1,46
5	10,0 - 20,0	541,26	1,19
6	20,0 - 100,0	432,72	0,95

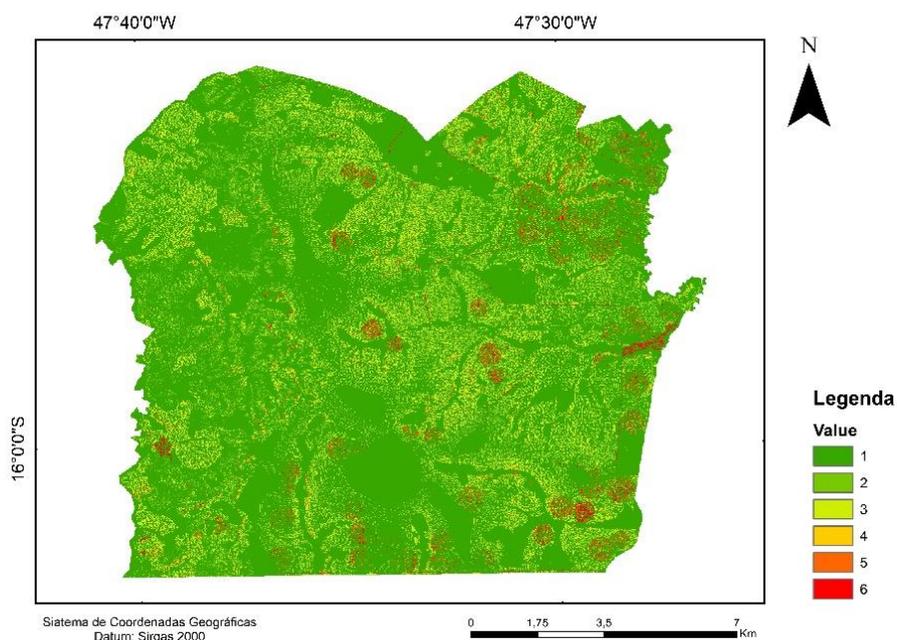


Figura 7 - Estimativa de erosão do PAD-DF gerado da EUPS.

Com base nos resultados deste estudo, 82,7% da região estudada apresentou níveis de erosão laminar variando de 0 a 1 t ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>. Esta estimativa é similar ao resultado encontrado por Alves (2000) em um estudo para todo o Distrito Federal. A maior porção (97,8%) da área do PAD-DF apresentou níveis de erosão laminar inferior a 1 t ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, abaixo do valor máximo de tolerância para perda de solo, 15 t ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, estimado por Bertoni & Lombardi Neto (1990).

O fator que mais influenciou na estimativa de perda de solo foi o uso e ocupação do solo (Fator C), sendo as áreas mais críticas os locais de solo exposto e agricultura irrigada. Em segundo plano, mas não menos importante, foram os fatores de relevo (Fatores L e S) que influenciaram o aumento da erosão laminar no PAD-DF. Juntos, estes fatores devem sempre ser devidamente considerados nas áreas desmatadas (agricultura e pecuária), pois são os principais fatores de degradação dos solos na área de estudo.

De acordo com Stein (1987), as áreas de ocupação agrícola e áreas degradadas são mais suscetíveis a perda laminar de solo e, devido a isso, devem ser priorizadas para aplicação de técnicas conservacionistas. Tais medidas poderão evitar o aumento dos processos erosivos de erosão laminar dos solos, especialmente em áreas de relevo mais acidentado na região de estudo.

## **8. Conclusão**

As áreas mais críticas e com maiores valores de erosão laminar dos solos foram observadas em área com solo exposto e em áreas de agricultura, especialmente as ocupadas por cultivos irrigados. De forma menos intensa, os aspectos de relevo, especialmente a declividade, também aumentaram os valores estimados de erosão laminar na área de estudo.

O principal aspecto (uso da terra) que mais influenciou o aumento dos processos erosivos na área do PAD-DF consiste em um fator manejável. Deste modo, com manejo adequado do solo, envolvendo técnicas de cultivos adaptadas para a contenção da erosão e a adoção de cultivos permanentes, podem estabilizar a erosão laminar no PAD-DF.

Entretanto, não é recomendado a expansão agrícola em áreas de relevo mais acidentados, onde foi observado uma maior propensão à erosão laminar dos solos na área de estudo. Portanto, recomenda-se a adoção de práticas de conservação e manejo dos solos em área agrícola e a conservação dos remanescentes de áreas de vegetação natural (cerrado, matas).

## **9. Referências Bibliográficas**

ALVES, M. **Estimativa da perda de solo por erosão laminar na bacia do rio São Bartolomeu-DF, usando técnicas de geoprocessamento.** São José dos Campos: INPE, p.33,2000.

AKSOY, H. & KAVVAS, M. L. **A review of hillslope and watershed scale erosion and sediment transport models.** In: Catena. Volume 64, Issues 2-3. P. 247-271, 2005.

ARENS, K. **Considerações sobre as causas do xeromorfismo foliar.** **Boletim Faculdade de Filosofia.** Universidade de São Paulo, v. 15, n. 22, p. 23-56, 1958.

BERTONI, J. & LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo.** Piracicaba, Livroceres 392p. 1983

BERTONI, J. & LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo.** São Paulo: Ícone, 2ª ed, 355p. 1990.

BLOISE, G. DE L. F. et al. **Avaliação da suscetibilidade natural à erosão dos solos da Bacia do Olaria-DF.** 2001.

BOARDMAN, John; POESEN, Jean (Ed.). **Soil erosion in Europe.** John Wiley & Sons, 2007.

CABRAL, João Batista Pereira et al. **Mapeamento da fragilidade ambiental da bacia hidrográfica do Rio Doce (GO), utilizando técnicas de geoprocessamento.** **GeoFocus.** Revista Internacional de Ciencia y Tecnología de la Información Geográfica, n. 11, p. 51-69, 2011.

CÉSAR, C. M. **Contribuição para o estudo da erosão e de seus principais determinantes.** 1952. (Tese) -Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz Queiroz”, Piracicaba.

CHAVES, Henrique Marinho Leite. **Incertezas na predição da erosão com a USLE: impactos e mitigação.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 34, n. 6, 2010.

DESMET, P.J. & GOVERS, G. **A GIS procedure for automatically calculating the USLE LS factor on topographically complex landscape units.** J. Soil Water Conserv., 51:427-433, 1996.

EITEN, G. **Vegetação do cerrado.** In: Pinto, M. N. org. Cerrado: Caracterização, Ocupação e Perspectivas. Brasília: Ed. Univ., 1994. p. 17-73.

FRAGASSI, P.F.M. **Estudo da erodibilidade dos solos da região de Viçosa (MG) e suas correlações com parâmetros geotécnicos.** 2001. (Dissertação de Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

FERNANDES, P.A & PESSÔA, V. L. S. **O Cerrado e suas atividades impactantes: uma leitura sobre o garimpo, a mineração e a agricultura mecanizada.** In: Observatorium: Revista eletrônica de Geografia, v. 3, n, 7, p. 19-37, out. 2011.

FOSTER, G. R. et al. **Conversion of the universal soil loss equation to SI metric units.** Journal of Soil and Water Conservation, v. 36, n. 6, p. 355-359, 1981.

GHESTI, Luiz Vicente. **Programa de assentamento dirigido do Distrito Federal-PAD/DF. Uma realidade que superou o sonho.** Brasília. 2009.

GOODCHILD, M.F. et al. **Integrating GIS and spatial data analysis: problems and possibilities.** International Journal of GIS, v. 6, n. 5, p. 407-423,1992.

JACQUES, P. D. **Geoprocessamento na identificação de áreas susceptíveis à erosão laminar na bacia do rio Ubatiba, Maricá - RJ.** 1997. (Dissertação de Mestrado) - Universidade Federal Fluminense, Niterói, Rio de Janeiro.

JUNIOR, Vilson Sousa Queiroz et al. **Uso de geotecnologias na caracterização da fragilidade ambiental da Bacia da UHE Foz do Rio Claro (GO).** GeoFocus. Revista

Internacional de Ciencia y Tecnología de la Información Geográfica, n. 15, p. 193-212, 2015.

KLINK, C. A & MACHADO, R. B. **A conservação do Cerrado brasileiro.** Megadiversidade, v. 1, n. 1, p. 147-155, 2005.

KUNTSCHIK, G. **Aplicação da Equação Universal de Perdas de Solo na microbacia do Ribeirão das Araras, através de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento.** 1996. (Dissertação de Mestrado) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos.

LOMBARDI, R.J.R. **Estudo da recorrência de queimadas e permanência de cicatrizes do fogo em áreas selecionadas do Cerrado brasileiro, utilizando imagens TM/LANDSAT.** Dissertação de Mestrado. INPE, São José dos Campos. 2003.

MINELLA, J. P.G.; MERTEN, G. H.; RUHOFF, A. L. **Use of spatial representation to calculate the topographic factor in the revised universal soil loss equation in watersheds.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 34, n. 4, p. 1455–1462, 2010.

OLIVEIRA-FILHO, A.T. & RATTER, J.A. 1995. **A study of the origin of Central Brazilian forests by the analysis of plant species distribution patterns.** Edinb. J. Bot. 52:141-194.

PEREIRA, João Batista et al. **Erosividade na bacia de drenagem do reservatório de Cachoeira Dourada-Go/MG.** GeoFocus. Revista Internacional de Ciencia y Tecnología de la Información Geográfica, n. 9, p. 290-316, 2009.

RANIERI, S. B. L. **Avaliação de métodos e escalas de trabalho para determinação de risco de erosão em bacia hidrográfica utilizando Sistemas de Informação Geográficas (SIG).** 1996. (Dissertação de Mestrado) - Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos.

RANIERI, S. B. L. **Estimativa da erosão do solo em uma bacia hidrográfica no município de Piracicaba (SP) utilizando os modelos USLE e WEPP**. 2000. (Tese de Doutorado) - Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba.

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. **Fitofisionomias do Bioma cerrado**. In: SANO, S.M.; ALMEIDA, S. P. (ed.). Cerrado: ambiente e flora. Planaltina: EMBRAPA, 1998. P.89-166.

Mapa Pedológico Digital: SIG Atualizado do Distrito Federal escala 1:100.000 e uma síntese do texto Explicativo. Documentos, ISSN 1517 - 5111. Embrapa. Junho, 2004.

VALERIANO, M.M. **Modelo digital de variáveis morfométricas com dados SRTM para o território nacional: o projeto TOPODATA**. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 12. (SBSR), 2005, Goiânia. Anais... São José dos Campos: INPE, 2005. p. 3595-3602.

WANG, X. et al. **Assessment of soil erosion change and its relationships whit land use/cover change in China from the end of the 1980s to 2010**. Catena, v. 137, p. 256-268, 2016.

WISCHMEIER, W. H. & SMITH, D. D. **Predicting rainfall erosion losses from cropland east of the Rocky mountain: Guide for selections of practices for soil and water conservation**. Whashington: Department of Agriculture, 1965. 47p. (USDA, Agriculture handbook, 282).

WISCHMEIER, W. H. & SMITH, D. D. **Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planing**. Whashington: Department of Agriculture, 1978. 47p. (USDA, Agriculture handbook, 537).