



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM GEOPROCESSAMENTO

Análise multi-temporal das taxas de erosão durante o processo de implantação do Setor Habitacional Noroeste – DF

ANA LUIZA NOCE CERDEIRA

Orientador: Prof. Dr. Henrique Llacer Roig

ARTIGO DE CONCLUSÃO DE CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM
GEOPROCESSAMENTO AMBIENTAL

BRASÍLIA
2015

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM GEOPROCESSAMENTO

Análise multi-temporal das taxas de erosão durante o processo de
implantação do Setor Habitacional Noroeste – DF

ANA LUIZA NOCE CERDEIRA

Orientador: Prof. Dr. Henrique Llacer Roig

ARTIGO DE CONCLUSÃO DE CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM
GEOPROCESSAMENTO AMBIENTAL

BRASÍLIA
2015

Análise multi-temporal das taxas de erosão durante o processo de implantação do Setor Habitacional Noroeste – DF

Ana Luiza Noce Cerdeira, Henrique Llacer Roig

RESUMO:

Este trabalho tem por objetivo fazer uma análise multitemporal das taxas de erosão durante o processo de urbanização do Setor Noroeste, localizado em Brasília, DF. Para isto, foram utilizadas imagens aéreas dos anos de 1958, 2009, 2010, 2011 e 2012. Para a estimativa do bairro consolidado, foi utilizada a planta cadastral e de infraestrutura, como base para elaborar o mapa de cobertura do solo de 2020. Para o cálculo das taxas de perda do solo foi utilizada a Equação Universal de Perda de Solo (USLE). A taxa de perda de solo aumentou 65% de 1958 para 2009; 61% de 2009 para 2010; 15% de 2010 para 2011; 4% de 2011 para 2012 e caiu em mais da metade na simulação para quando as obras fossem finalizadas. Infere-se deste estudo que é fundamental o maior planejamento para as ações de construção civil por parte das construtoras e do governo para diminuir o passivo ambiental e o desperdício financeiro.

PALAVRAS-CHAVE: erosão, USLE, bairro Noroeste, urbanização

Multi-temporal analysis of erosion rates during the implementation process of the Northwest Sector - DF

ABSTRACT: The objective of this study was to obtain a multi-temporal analysis of erosion rates during the urbanization process of the Northwest Sector, located in Brasília, DF. To that end, aerial images were used of the years: 1958, 2009, 2010, 2011 and 2012. To estimate the consolidated neighborhood, the site plan was used as a basis to develop the land cover map for 2020. For the calculation of these rates, the Universal Soil Loss Equation (USLE) was used. The soil loss rate increased 65% from 1958 to 2009; 61% from 2009 to 2010; 15% from 2010 to 2011; 4% from 2011 to 2012 and fell by more than half in the simulation for when the constructions completed. It is inferred from this study that it is most fundamental to improve the planning of the construction by the construction companies and the government to reduce the environmental liabilities and financial waste.

KEYWORDS: erosion, USLE, Northwest Sector, urban areas

1. INTRODUÇÃO

A conservação do solo é um tema de interesse mundial, uma vez que a perda de solo por erosão acarreta prejuízos e impactos tanto econômicos quanto ambientais (ZHANG et al, 2009). A urbanização e o uso da terra modificam a paisagem inicialmente pela remoção da cobertura vegetal natural, em seguida pelas modificações realizadas por terraplanagens, impermeabilização do solo, geralmente causada por pavimentação e mudanças nas condições de drenagem (CARVALHO JUNIOR et al, 2009).

O Setor de Habitações Coletivas Noroeste - SHCNW - é o mais recente setor residencial da cidade de Brasília e é anunciado como o primeiro bairro ecológico do Distrito Federal (DF). Em contradição a esta assertiva, o processo de urbanização desta área residencial de luxo está acarretando diversos impactos ambientais, como erosão do solo, desmatamento, alteração no corredor ecológico, além de poluição sonora, atmosférica e visual.

O novo bairro do Distrito Federal foi planejado para ser um bairro ecológico, 100% planejado, isto é, alguns prédios terão reservatório que armazena água da chuva e será utilizada para irrigação; outros terão aquecimento de água feito por energia solar ou terão elevadores de alto desempenho que diminuem o consumo de energia elétrica, além de lâmpadas que consomem até 80% menos. Alguns terão todos estes avanços tecnológicos. Entre os itens que agregam para que o bairro seja ecológico é o “padrão de construção”, que será o mais elevado, segundo o próprio site do local (MEU NOROESTE, 2011).

Entretanto, não é o que se tem percebido. As ações de ocupação do solo não estão sendo executadas de forma sustentável nem sob o ponto de vista ecológico, nem do econômico, uma vez que desmataram parte do local anos antes de iniciar a construção em alguns pontos, e em outros os solos removidos são estocados ao ar livre sem nenhuma proteção. Isto deixa a área extremamente vulnerável a perdas do solo pelas chuvas. No cenário ideal, em uma construção de fato ecológica, só seria permitido fazer a limpeza da área imediatamente antes do início das construções para evitar danos ambientais e econômicos como erosão, assoreamento de drenagens e desperdício de materiais.

Como agravante, este bairro se localiza nas proximidades de importantes Unidades de Conservação federais e distritais e, ainda, próximo ao Lago Paranoá, que é um dos principais pontos de lazer, esporte e turismo na cidade. Sendo assim, quaisquer impactos ambientais na área geram degradação nos principais pontos de conservação da biodiversidade da cidade de Brasília. Além disso, os problemas gerados tem se propagado para áreas urbanas vizinhas como inundação e entupimentos de ralos e bueiros pelos detritos carregados pelas chuvas.

A erosão no SHCNW causa impacto direto no assoreamento e sedimentação do Lago Paranoá, diminuindo a lâmina d'água, a capacidade de armazenagem do reservatório (ROIG et al. 2013), o oxigênio dissolvido na água, bem como o padrão de qualidade ambiental do recurso hídrico.

Impactando a capacidade de armazenagem do reservatório, o assoreamento do Lago poderá causar impacto negativo na vida de grande parte da população de Brasília. Pois, segundo a CAESB (2013), o Lago Paranoá será uma nova fonte de abastecimento público para a população e isto reforça a necessidade de preservação deste local. Este tipo de informação vem sendo divulgado por vários meios de comunicação locais, com destaque para a reportagem do Correio Braziliense (2013), principal jornal da cidade de Brasília:

“O Lago Paranoá servirá como fonte de abastecimento de água para cerca de 600 mil pessoas nos próximos anos. (O Lago Paranoá) surgirá como solução para a crescente demanda de captação e consumo por parte da população.”

Santos & Lemes (2007) avaliaram erosão acelerada em vertentes em área urbana, em Anápolis, Goiás. Concluíram que fatores naturais como comprimento de rampa e declividade eram alguns condicionantes, porém, fatores como desmatamento e aumento do fluxo do escoamento superficial, canalização do fluxo ao longo de vias, parcelamento sem pavimentação e sem drenagem faziam parte dos condicionantes importantes no aceleramento de erosões. Ou seja, questões relacionadas principalmente com a falta de planejamento ou o planejamento inadequado do bairro.

Existem vários métodos de quantificar a erosão e a Equação Universal de Perda de Solos (USLE) vem sendo utilizada com sucesso para avaliar a perda de solo por erosão laminar. Sistemas de informações geográficas são utilizados há mais de duas décadas para direcionar estudos hidrológicos na tentativa de prever e mitigar os impactos causados por erosão, em áreas naturais e rurais. Entretanto, ainda é incipiente o estudo relacionado às áreas urbanas ou em processo de urbanização (CARVALHO JUNIOR et al, 2009).

Diante destes fatos, o objetivo deste estudo é fazer uma análise multi-temporal das taxas de erosão calculadas pelo método da USLE, com foco no processo de consolidação urbana do Setor Noroeste em Brasília-DF.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

a. Área de Estudo

A área de estudo é toda a região que engloba o Setor Noroeste, o Parque urbano Burle Marx, e áreas anexas na área de influência das construções do setor, em Brasília, DF. O bairro se encontra entre Unidades de Conservação (UC) federal – Parque Nacional de Brasília - e distritais – ARIE Cruls e ARIE Bananal - e próximo ao Lago Paranoá, conforme ilustra a Figura 1.

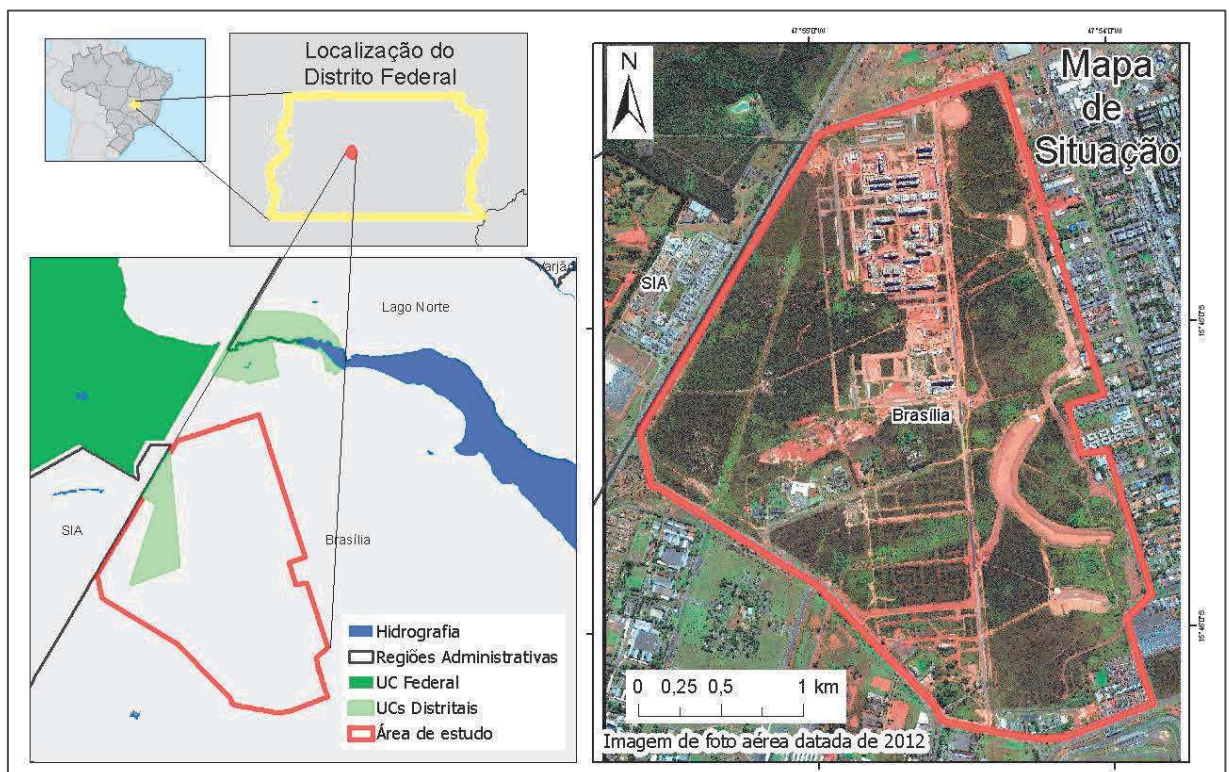


Figura 1. Mapa de localização da área de estudo no DF e de situação com relação às áreas protegidas nas proximidades

As Unidades de Conservação Distritais integram a zona de amortecimento do Parque Nacional de Brasília e compõe o corredor ecológico de ligação do Parque com o Lago Paranoá, o que é de extrema importância para a fauna da região. A elaboração dos Planos de Manejo destas UCs foi condicionante no cumprimento da Licença de Instalação do Setor Noroeste, de acordo com o órgão ambiental competente. Isto é, a preservação destas duas Unidades representa uma forma de compensação ambiental pela criação deste bairro. Porém, isto não é prerrogativa para que a construção do bairro não seja ecológica, de forma que se vende um conceito e se realiza outro diverso.

b. Base de Dados

Toda a base de dados utilizada no trabalho pode ser observada na Tabela 1.

Tabela 1. Nome, fonte e escala da base de dados utilizada no estudo

Base de dados	Fonte	Escala/Resolução	Data
Imagens WorldView-2	TERRACAP	50 cm	2009 a 2012
Ortofoto aérea	TERRACAP	30 cm	1958
Mapa de Solos	Embrapa	1:100.000	1978
Altimetria	Sedhab	1:2.000	1997
Carta Cadastral	TERRACAP	1:2.000	2020
Precipitação	Inmet	-	2009 a 2014

c. Modelagem

Para o cálculo das taxas de erosão, foi utilizada a Equação Universal de Perda de Solo (USLE – Universal Soil Loss Equation), que foi desenvolvida por Wieschmeier & Smith (1978). Esta equação é representada pela equação 1 a seguir:

$$A = R \cdot K \cdot LS \cdot C \cdot P \quad (\text{eq.1})$$

Onde A = estimativa de perda de solo média anual ($\text{ton} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$);

R = erosividade da chuva ($\text{MJ} \cdot \text{mm} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$);

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

LS = fator topográfico (declividade e comprimento de rampa - adimensional);

C = fator de uso e ocupação do solo (adimensional);

P = práticas conservacionistas aplicadas sobre o solo (adimensional).

Para se quantificar a perda de solo de uma determinada área, todos os fatores da equação USLE são igualmente importantes, porém como o objetivo deste trabalho é a análise do impacto da evolução do processo de urbanização, então o fator de uso do solo (fator CP) é considerado o mais importante para este trabalho. Embora se saiba que os fatores também modificados pela evolução do uso do solo, os fatores R, K e LS foram determinados uma vez e considerados constantes para todos os anos. Sendo assim, a ordem de grandeza é mais relevante do que o valor absoluto em toneladas por hectare por ano de perda do solo.

O fator R foi calculado uma vez e considerado constante para todos os anos, uma vez que se considera que chove, em média, a mesma quantidade e intensidade todos os anos. Da mesma forma, o fator K foi considerado constante para todos os anos, pois é uma característica intrínseca do solo e considera-se que o tipo de solo não muda durante o processo de urbanização.

O fator LS – declividade e comprimento de rampa - são alterados durante o processo de construção de um local. Entretanto, para este estudo o fator LS foi tratado

também como uma constante de um ano para o outro, pois o Modelo Digital de Elevação utilizado não permitiu um processamento mais detalhado.

Para processamento dos dados, foram utilizados os softwares ArcGIS e SAGA. O primeiro foi utilizado para o processamento dos dados, exceto do fator LS, e elaboração dos mapas. O segundo foi utilizado para processamento dos dados topográficos.

i. Cálculo do Fator R

O fator R - erosividade da chuva - é um fator numérico que expressa a intensidade, ou seja, a capacidade da enxurrada de levar sedimentos (WISCHMEIER & MANNERING, 1969) e é dada pela equação 2.

$$R = \sum_{i=1}^n EIeEI = 67,355 * (r^2/P)^{0,85} \quad \text{eq. 2}$$

Onde: R = erosividade da chuva;

EI = índice dado pela integração da energia cinética e intensidade da chuva;

r = média do total mensal de precipitação;

P = média do total anual de precipitação.

Os dados de precipitação para calcular o fator R foram extraídos da série histórica da Estação de Brasília, disponibilizada Instituto Nacional de Meteorologia (Inmet). O período de análise foi de 2009 a 2014.

ii. Cálculo do Fator K

O fator K é a erodibilidade do solo e representa o grau de sua vulnerabilidade à erosão, mesmo quando os demais fatores são constantes, isto é, representa uma característica intrínseca do solo (WISCHMEIER & MANNERING, 1969). Para determinar este fator, foi utilizado os dados de pedologia para a área de estudo junto à Embrapa, além dos valores de erodibilidade disponíveis nos trabalhos de Bloise et al (2001) e de Valentin (2008), conforme Tabela 2 a seguir.

Tabela 2. Valores de referência de erodibilidade do solo para as classes de solo.

Classe de solo	Fator K	Fonte
LVd3	0,0144	Bloise et al (2001)
LVd4	0,0105	Bloise et al (2001)
LVd6	0,0151	Valentin (2008)
Outros	0,0151	Valentin (2008)

Segundo Stein et al. (1987), este fator é função de algumas propriedades do solo, como: velocidade de infiltração, permeabilidade, capacidade de absorção, resistência à dispersão, resistência ao salpicamento e às forças de transporte da chuva e enxurrada.

iii. Cálculo do Fator LS

O fator LS é definido pelos parâmetros de comprimento de rampa (L) e declividade do terreno (S). Este fator foi gerado utilizando as equações 3 e 4 a partir do Modelo Digital de Elevação da área de estudo.

$$L = (m + 1) \left(\frac{\lambda_A}{22.1} \right)^m \quad \text{eq.3}$$

$$S = \left(\frac{\text{sen}(0.01745 \times \theta_{\text{graus}})}{0.09} \right)^n \quad \text{eq.4}$$

Onde:

L = fator de comprimento de rampa, em metros;

m e n = valores ajustáveis de 0,4 e 1,4, respectivamente (PELTON, et al, 2014); e

λ_A é a área do fluxo acumulado;

Neste trabalho para o cálculo da Área de contribuição e do Fluxo acumulado foi empregado o método de fluxo multidirecional denominado de D_{∞} a partir do modelo estabelecido por Boehner & Selige (2006).

iv. Cálculo do Fator CP

Primeiramente, foram feitos os mapas de cobertura do solo (fator C) para todos os anos (1958, 2009, 2010, 2011 e 2012), pelo método de interpretação de imagem e vetorização manual. Para identificar o padrão da cobertura/uso do uso, estabeleceu-se uma chave de classificação anteriormente ao processo de interpretação. No entanto, devido à necessidade de refinamento e ajuste, a chave foi alterada até alcançarmos a versão apresentada na Tabela 3.

Tabela 3. Chave para classes de uso da terra identificadas na área estudada

Área natural	Vegetação arbustiva-arbórea
	Vegetação rasteira

Área antrópica	Solo exposto compactado
	Solo exposto revolvido
	Pavimentação
	Edificação
	Erosão
	Deposição de rejeitos

Para este fator, considerou-se a integração entre os valores de C e de P, de acordo com Stein et al. (1987). Como este método de integração é feito para áreas de agricultura, foi feita uma adaptação dos valores de Balousek et al. (2000) para este trabalho, que é realizado em área urbana.

Tabela 4. Fator CP definido para cada classe de uso e ocupação do solo

Classe de uso e ocupação	Fator CP
Solo exposto revolvido/Deposição de rejeitos	1
Solo exposto compactado/Erosão	0,7
Pavimentação/Edificação	0,4
Vegetação rasteira	0,05
Vegetação arbustiva-arbórea	0,01

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A seguir serão apresentados os resultados para cada fator da USLE seguido de uma análise da evolução do processo de urbanização sobre a perda do solo e a produção de sedimentos.

a. Fator R

A partir dos dados pluviométricos do Inmet para os anos de 2009 a 2014 (Figura 2), obteve-se uma média de 1590mm desvio padrão de 242mm, dentro da amplitude de valores esperado para o DF, porém acima da média (1DP) para a região que varia entre 1350 e 1450mm (GONÇALVES et al., 2009).

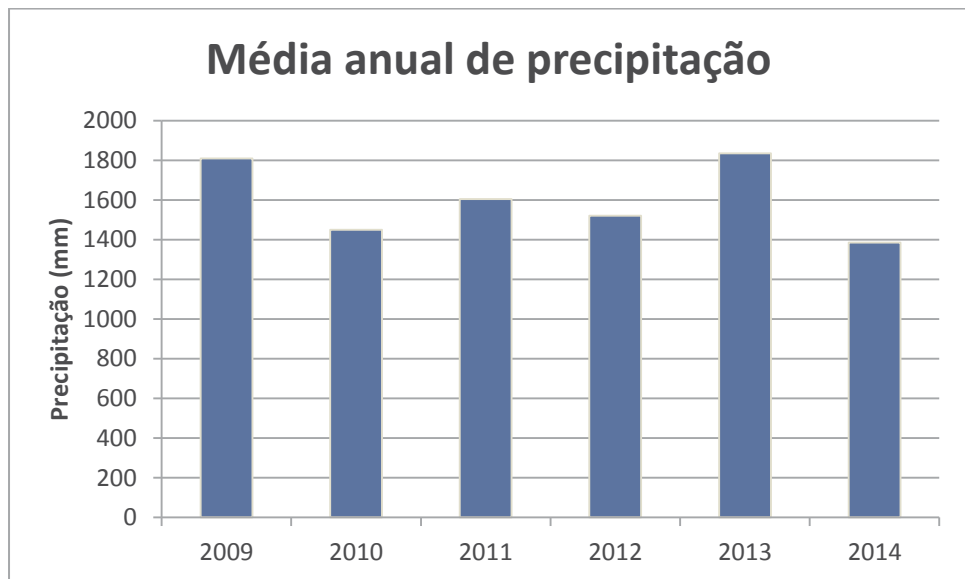


Figura 2. Precipitação média anual para cada ano do fator R

A partir destes dados foram calculados os valores de r , E_i , P e R , conforme Tabela 5. Valentin (2008) calculou a erosividade da chuva para a bacia hidrográfica do rio Descoberto, no DF e encontrou um intervalo de 7.002 a 8.815 MJ.mm/ha.h. O fator R encontrado no presente trabalho foi de 8.626,22 MJ.mm/ha.h, perto do extremo superior do intervalo, evidenciando uma forte pressão deste fator no processo erosivo. Isso indica que os primeiros anos de urbanização ocorreram sob condições pluviométricas acima da média

Tabela 5. Resultado para o fator de erosividade da chuva

	r	e_i	P	R (MJ.mm.ha ⁻¹ .h ⁻¹ .ano ⁻¹)
janeiro	233,33	1349,70	1600,83	8.626,22
fevereiro	136,67	543,63		
março	218,33	1205,53		
abril	193,33	980,39		
maio	32,50	47,30		
junho	6,67	3,20		
julho	1,67	0,30		
agosto	13,33	10,40		
setembro	31,67	45,26		
outubro	196,67	1009,29		
novembro	285,00	1896,32		
dezembro	251,67	1534,90		

b. Fator K

Este fator foi calculado a partir do mapa de solo do DF (REATTO et al, 2004) modificado e complementado para a área urbana (GONÇALVES et al., 2009).

Foram determinados três valores de K para a área em estudo, conforme observa-se na Tabela 6 e na Figura 3.

Tabela 6. Fator K para cada classificação de solo encontrado na área

Tipo de solo	Classificação	Fator K
Latossolo Vermelho	LVd3	0,0144
Latossolo Vermelho	LVd4	0,0105
Latossolo Vermelho	LVd6	0,0151

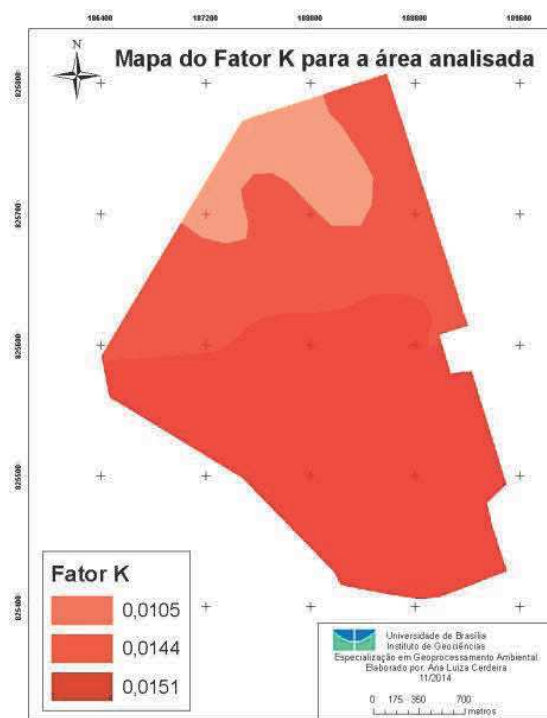


Figura 3. Mapa do Fator K para cada tipo de solo do local

c. Fator LS

O fluxo acumulado e o fator topográfico foram gerados, conforme Figura 4 e percebe-se que o fluxo natural da água é direcionado para duas bacias principais, sendo uma localizada na parte norte com exutório para norte e outra na parte sul com exutório para nordeste (o fluxo acumulado aparece em cor vermelha na figura 4A).

O Fator LS gerado a partir do Fluxo acumulado pelo método do D_{∞} varia de 0,3 a 20 com média igual a 0,39 e desvio padrão igual a 0,31.

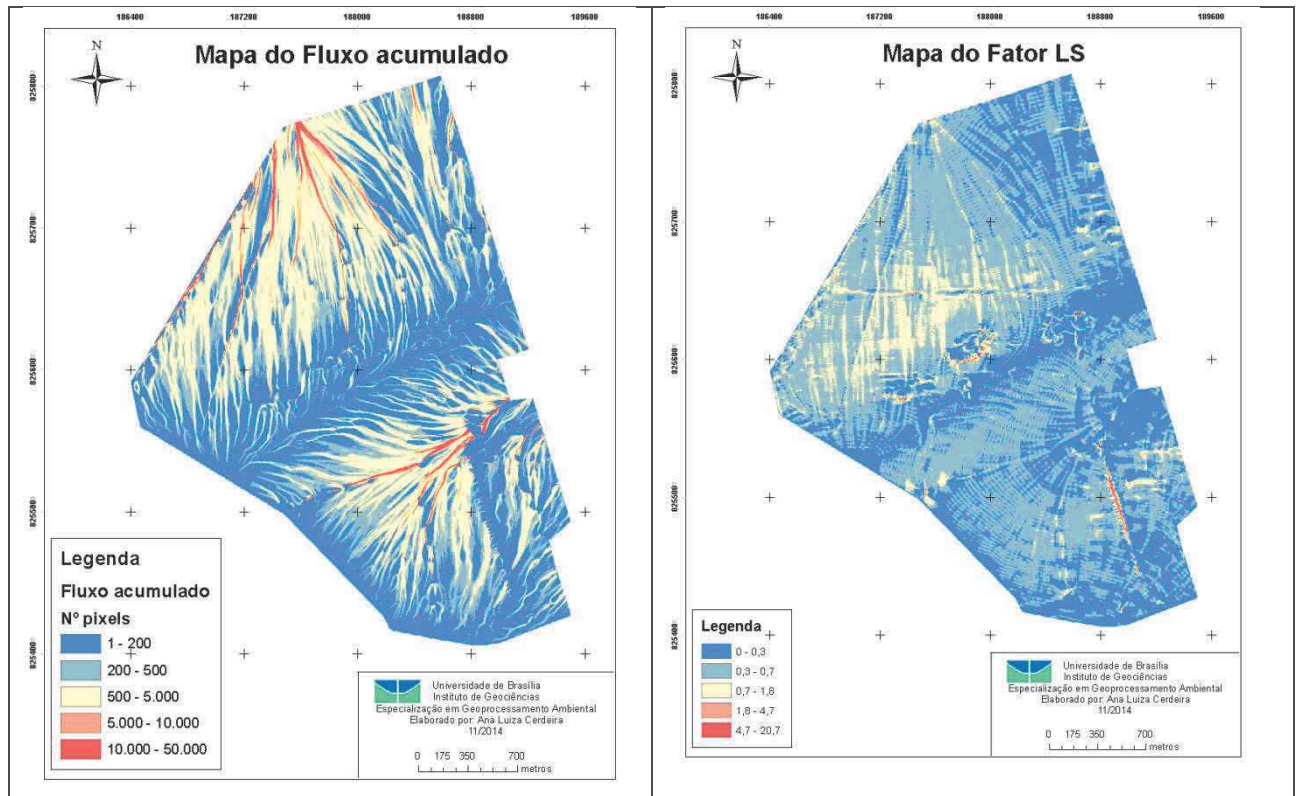


Figura 4.(A) Mapa do fluxo acumulado na área estudada; (B) Fator topográfico gerado para a área de análise

Percebe-se que o exutório mais ao norte direciona a água acumulada em direção ao Ribeirão Bananal, que desemboca no Lago Paranoá. De forma semelhante, o exutório mais ao sul direciona a água para o bacião de contenção de água (conforme Mapa de Cobertura e Uso do Solo), que também encaminha a água contida para o Lago Paranoá. Deste modo, observa-se que a água e os sedimentos gerados no Setor Noroeste impactam diretamente na qualidade do Lago Paranoá, corroborando o que foi mostrado inicialmente no trabalho.

d. Fator CP

Para gerar o fator CP, foram elaborados os seguintes mapas de cobertura do solo (Figura 5):

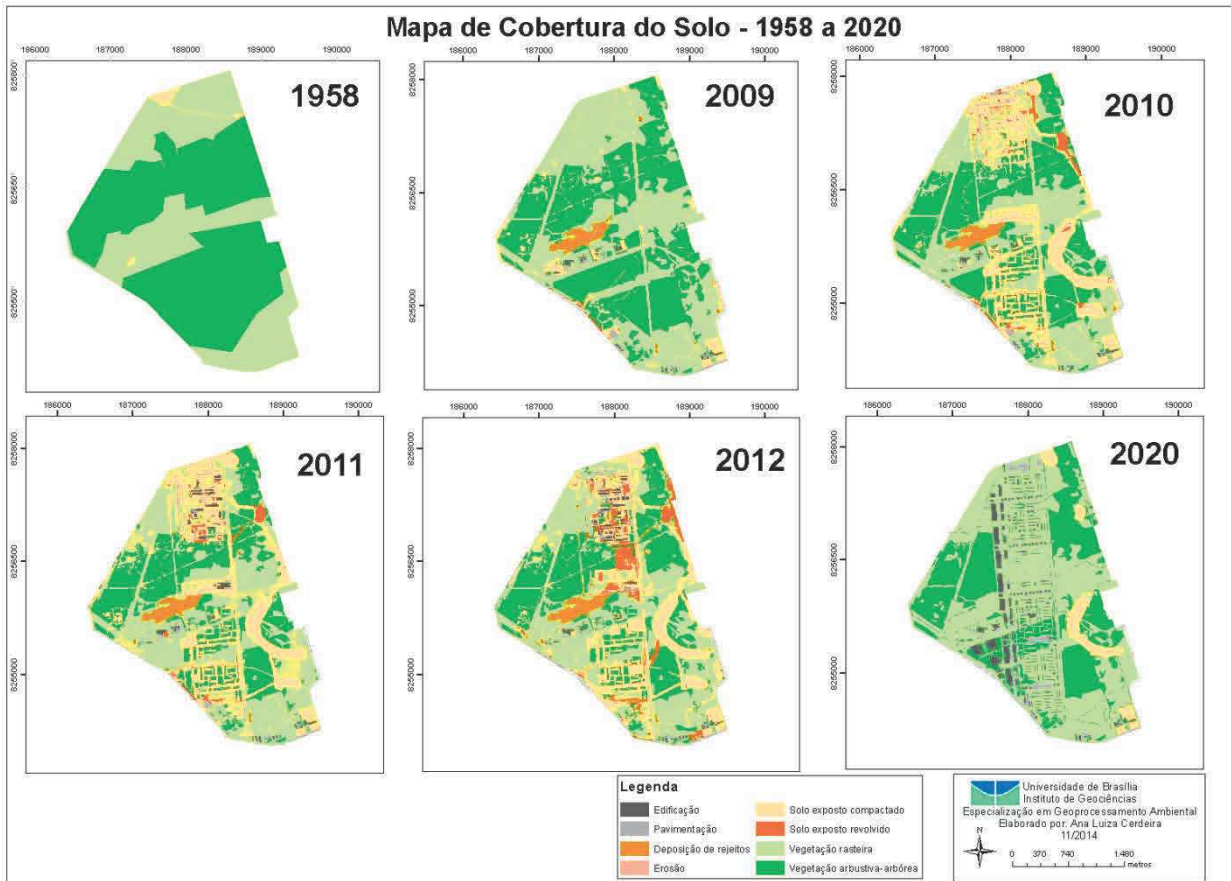


Figura 5. Mapa de cobertura do solo, que é subsídio para gerar o fator “C”, para todos os anos de análise.

Percebe-se que na Figura 5, no ano de 1958, a área é quase totalmente ocupada por vegetação nativa. Em 2009, ano em que começa a urbanização no local, percebe-se a presença de alguns ramais, trilhas, uma deposição de rejeitos (em marrom) que é um local para entulho de terra e de lixo. Esta deposição de rejeitos é a principal causa da erosão no ano de 2009. Além disso, observa-se que na parte norte do mapa de 1958, há um local degradado com solo exposto. Porém, no mapa de 2009 não há sequer indícios de qualquer degradação no local. Isto indica que esta pequena área foi recuperada durante estes 51 anos de diferença.

Já em 2010, o uso do solo aumenta exponencialmente, principalmente por solo exposto compactado. Em 2011 e 2012, a ocupação aumenta um pouco, mas segue para a estabilização, porém altera o tipo de uso: em 2011 e 2012 aumenta a quantidade de solo exposto revolvido. Em 2020, a ocupação é finalizada com todos os locais

pavimentados e edificados e diminui drasticamente a quantidade de solo exposto compactado e revolvido.

É possível verificar o percentual de área ocupada em cada ano, por tipo de uso do solo na Figura 6.

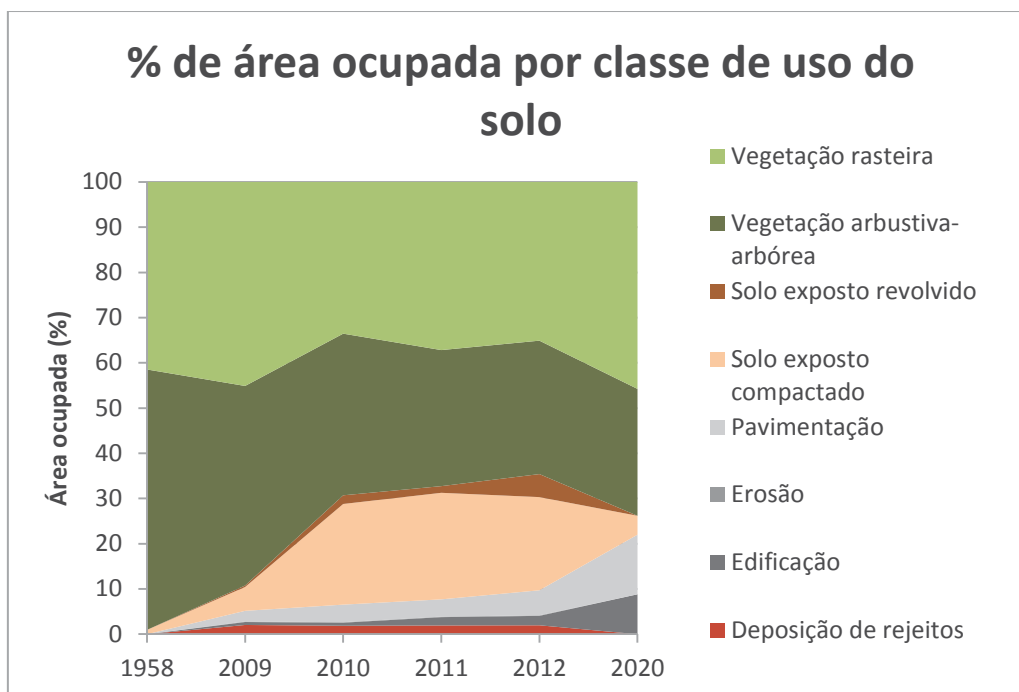


Figura 6. Gráfico de área ocupada por classe de uso em cada ano estudado.

O resultado final da chave, com a classe de uso do solo para cada ano gerado após a elaboração dos mapas de cobertura, pode ser observado na Tabela 7.

Tabela 7. Tipos de uso do solo gerados no mapeamento do fator C para todos os anos analisados

Uso do solo (Fator C)			
1958	2009 e 2010	2011 e 2012	2020
Solo exposto compactado	Deposição de rejeitos	Deposição de rejeitos	Edificação
Vegetação arbustiva-arbórea	Edificação	Edificação	Pavimentação
Vegetação rasteira	Erosão	Erosão	Solo exposto compactado
	Pavimentação	Pavimentação	Vegetação arbustiva-arbórea
	Solo exposto compactado	Solo exposto compactado	Vegetação rasteira
	Solo exposto revolvido	Solo exposto revolvido	
	Vegetação arbustiva-arbórea	Vegetação arbustiva-arbórea	
	Vegetação rasteira	Vegetação rasteira	

e. Perda de Solo

Após todos os fatores terem sido devidamente gerados, foi possível calcular a perda de solo, através da USLE para todos os anos analisados, conforme Figura 7.

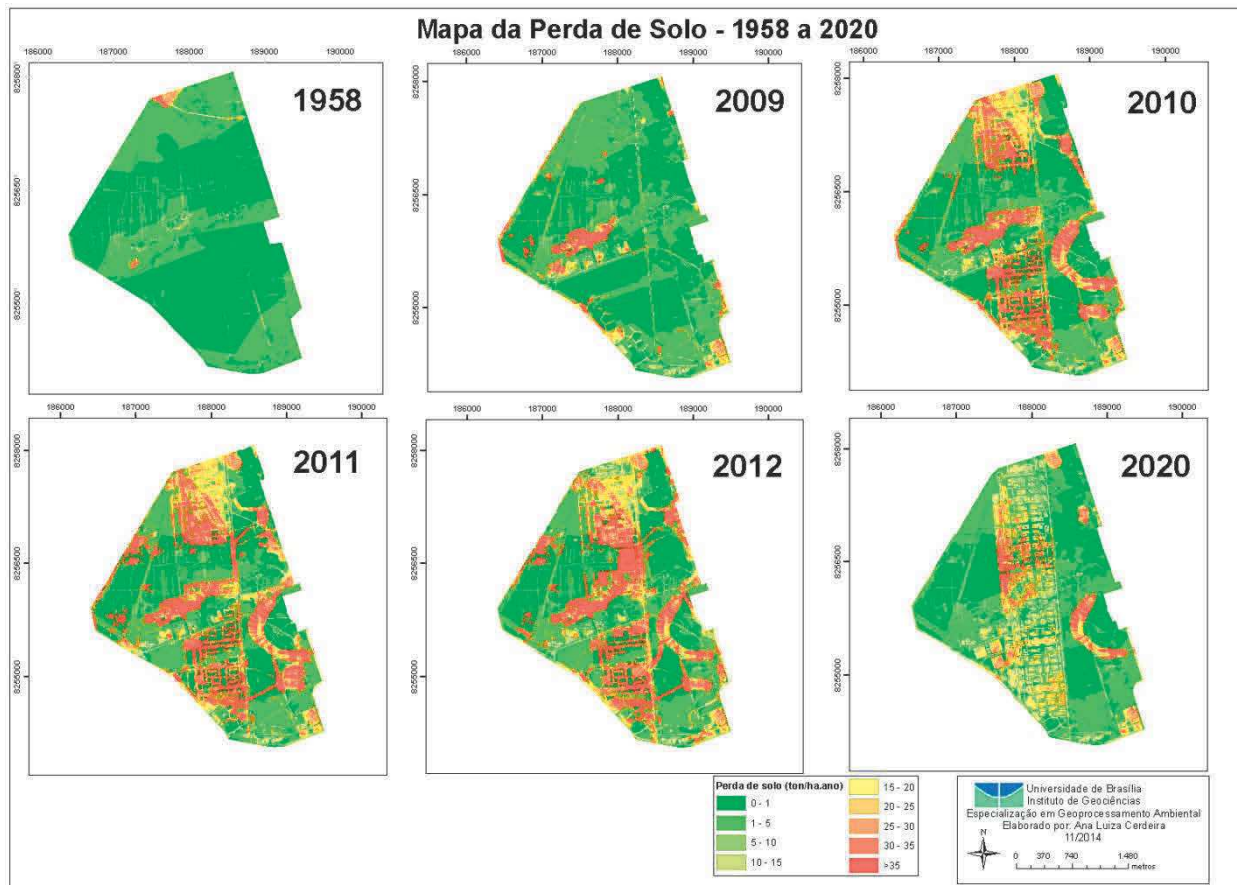


Figura 7. Mapa de perda de solo para todos os anos analisados

A análise decorrente da Figura 7 é de que a erosão laminar aumentou exponencialmente de 2009 para 2010, depois que as construções do bairro começaram. Em 2011, a erosão média continuou a crescer e em 2012 teve uma tendência de estabilizar. O ideal é que depois que as construções sejam encerradas haja uma diminuição de mais da metade da perda de solo anual aferida em 2012 (Figura 8).

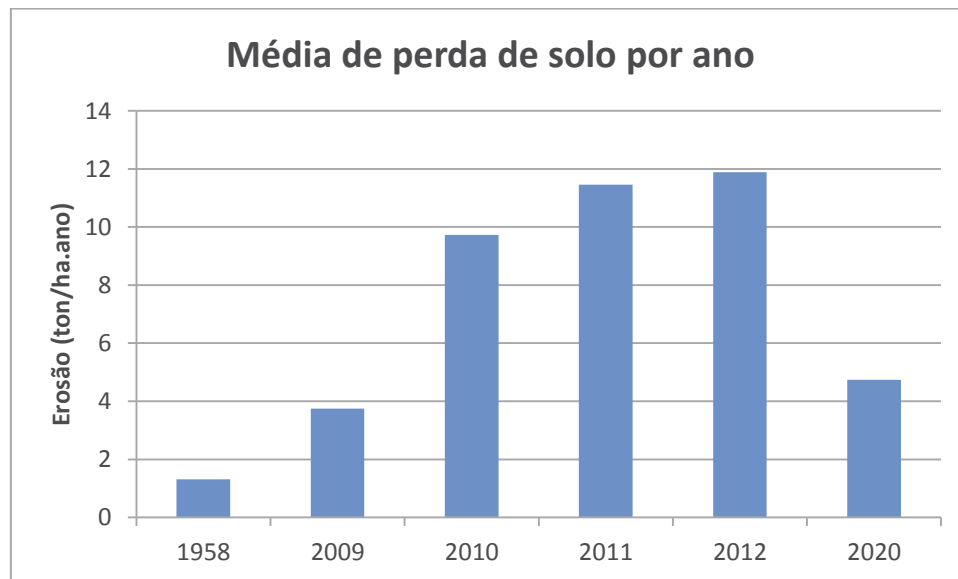


Figura 8. Gráfico de perda de solo por ano

A taxa de perda de solo aumentou de 1958 para 2009 65%, em decorrência do processo de urbanização dos bairros vizinhos ao Noroeste e principalmente devido a um depósito de rejeitos que foi instalado na região, conforme Mapa de Cobertura do Solo de 2009. Este depósito de rejeitos é uma área que foi desmatada e ali era depositado principalmente solo de escavação, o que contribui muito para a produção de sedimento. Entretanto, se esta porcentagem de erosão for dividida pela quantidade de anos de diferença – 51 anos de 1958 até 2009 – e se considerar uma erosão anual, como os demais, percebe-se que o aumento gradativo da erosão é de apenas 0,01% por ano.

De 2009 para 2010, a taxa de perda de erosão aumentou mais 61%, em decorrência do início da urbanização do bairro. Neste ano iniciou-se a retirada da vegetação e a terraplanagem, mas em muitos locais, as obras não se iniciaram de imediato. Isto contribuiu significativamente para a produção de sedimento e perda de solo. Do ano 2010 para 2011, o aumento foi de 15% e de 2011 para 2012, houve aumento de 4%.

Na análise multitemporal para a bacia do Taquarizinho, MS, Paranhas Filho et al. (2003) analisou áreas agrícolas e com pecuária extensiva. Os valores de perda de solo encontrados para este local foram de até 8,65 ton/ha.ano.

Valentin (2008) fez uma simulação para área rural da bacia do Descoberto, GO e encontrou uma estimativa de potencial perda de solo de até 418,02 ton/ha.ano.

Pedro & Lorandi (2004) realizaram um estudo na área periurbana de São Carlos e encontrou Potencial Natural de Erosão maior que 700 ton/ha.ano em áreas urbanas com ocupação inadequada.

O presente estudo apresentou baixas taxas de perda de solo, se comparado a outros estudos em áreas urbanas, porque foi utilizado o método D_{∞} para a definição do fator LS. Isto minimiza erros causados pela diferença de método e deixa o valor absoluto

mais próximo do real, uma vez que perder mais de 11 toneladas de solo por hectare por ano é um valor bastante grande.

Entretanto, como foi explicado no método, para este trabalho, o fator mais importante não é o valor absoluto da perda de solo, e sim a ordem de grandeza. Conforme explica Baptista (2003), a USLE não deve ser empregada para quantificação em grandes áreas, e sim apenas para uma avaliação qualitativa dessas perdas.

Sendo assim, na Figura 9, é possível observar de quantas vezes foi o aumento da perda de solo ou a diminuição e o posicionamento geográfico dos locais mais críticos. Deste modo, percebe-se que os tons mais claros de verde e roxo, são os locais onde quase não houve diferença de um ano para o outro. O tom mais forte de roxo simboliza os locais onde houve maior aumento da erosão, enquanto o tom mais forte de verde representa os locais onde houve maior melhora da situação, ou seja, diminuição da perda de solo de um ano para o outro.

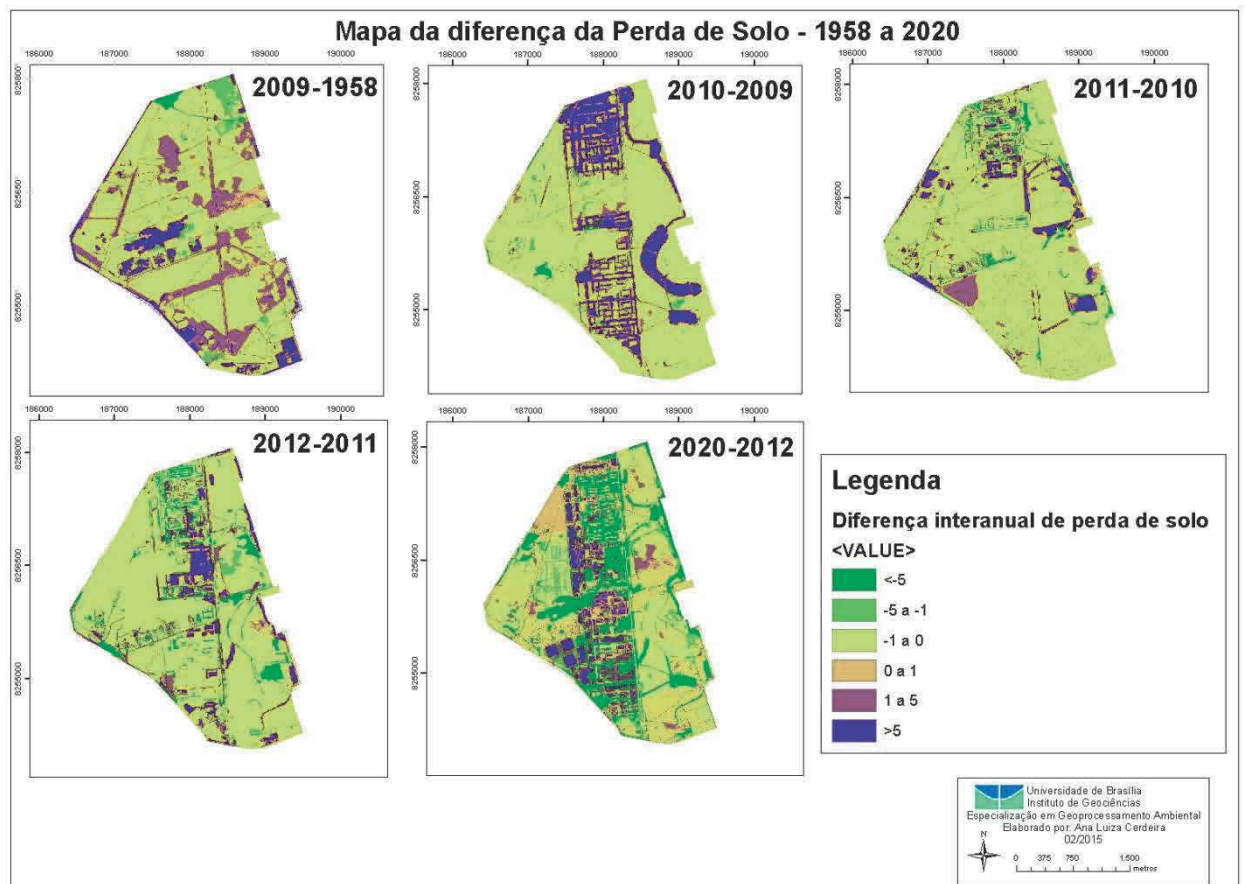


Figura 9. Diferença de perda de solo ano a ano

Por fim, percebe-se que, de fato, haverá melhora depois do término da urbanização. E, ao contrário, o mapa de 2010-2009 é o mapa onde há maior área roxa, pois é o ano de início da urbanização que ocorre sem o devido planejamento necessário, com o aumento exponencial de solo exposto. Portanto, devido à diferença observada

entre as taxas de erosão deste trabalho e de outras em área urbana, verifica-se a necessidade de a academia se aprofundar no assunto para que se chegue a outros resultados também confiáveis.

CONCLUSÃO

Este trabalho mostra a viabilidade de se utilizar a Equação Universal de Perda de Solo para aferir taxas de perda de solo para áreas que estão em processo de urbanização. Foi possível verificar que de 1958 para 2009, a taxa de perda de solo (A) aumentou 65%, seguido de 61% de 2009 para 2010. Deste ano para 2011, a perda de solo aumentou 15% e em seguida apenas 4%. Após o término do processo de urbanização, estima-se que a perda de solo será diminuída pela metade.

Conclui-se ainda que é fundamental que as construtoras melhorem o planejamento antes de iniciar obras de pavimentação e edificação, uma vez que fazê-los de qualquer forma gera um passivo ambiental relacionado à perda de solo, ao assoreamento de recursos hídricos próximos e de prejuízo para a flora e fauna do local, além de desperdício de recursos financeiros aplicados na obra.

Por último, foi verificado que ainda são escassos os estudos de erosão e que devem ser aprimorados.

AGRADECIMENTOS

Para a realização deste estudo, agradeço os dados cedidos pela Terracap – Agência de Desenvolvimento do Distrito Federal. Ao laboratório de Sensoriamento Remoto e Análise Espacial (LSRAE) do IG/UnB pela disponibilização da infraestrutura computacional. A ESRI pela disponibilização do Pacote de ferramentas que compõem a Família ArcGIS 10 por intermédio do contrato N° 2011MLK8733 e a IMAGEM pelo apoio e viabilidade da concretização do termo de uso entre o IG e a ESRI e pelo suporte aos softwares.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BALOUSEK, J.D.; ROA-ESPINOSA,A.; BUBENZER,G.D.; **Predicting erosion rates on construction sites using the Universal Soil Loss Equation in Dane County, Wisconsin**; Tools for Urban Water Resources Management and Protection Sponsored by Urban Water Resource Conference Northeastern Illinois Planning Comission; The Westin, Chicago. Illinois; 2000.

BAPTISTA, G.M.de M.; **Diagnóstico Ambiental de Erosão Laminar: Modelo Geotecnológico e Aplicação**. Brasília: Universa, 2003.

BLOISE,G.L.F.; CARVALHO JUNIOR,O.; REATTO,A; GUIMARÃES,R.F.; MARTINS,E.S.; CARVALHO,A.P.F.; **Avaliação da suscetibilidade natural à erosão dos solos da Bacia do Olaria – DF**. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento; Embrapa Cerrados, Planaltina, n.14, p.1-33, 2001.

BOEHNER,J., SELIGE,T.(2006): **Spatial Prediction of Soil Attributes Using Terrain Analysis and Climate Region analisation.** 'In: Boehner,J., McCloy,K.R., Strobl,J.: 'SAGA Analysis and Modelling Applications', Goettinger Geographische Abhandlungen, Vol.115, p.13-27

CARVALHO JUNIOR,O.; GUIMARAES,R.; FREITAS,L.; GOMES-LOEBMANN,D.; GOMES,R.A.; MARTINS,E.; MONTOGOMERY,D.R.; **Urbanization impacts upon catchment hydrology and gully development using multi-temporal digital elevation data analysis;** Earth surface processes and landforms, 35, 611-617, 2009.

CORREIO BRAZILIENSE; **Caesb promete usar Lago Paranoá para ampliar oferta de abastecimento no DF.** 19 de abril de 2013.

GONÇALVEZ, T.D.; ROIG, H.L.; CAMPOS, J.E.G. **Sistema de informação geográfica como ferramenta de apoio à outorga dos recursos hídricos subterrâneos no Distrito Federal.** Revista Brasileira de Geociências, volume 39 (1), 2009.

MENEZES,P.H.B.J.; **Avaliação do efeito das ações antrópicas no processo de escoamento superficial e assoreamento na bacia do Lago Paranoá.** Dissertação de Mestrado N°5; Universidade de Brasília, 2010.

PARANHAS FILHO,A.C.; FIORI,A.P.; DISPERATI,L.; LUCCHESI,C.; CIALI,A.; LASTORIA,G.; **Avaliação multitemporal das perdas de solo na bacia do rio Taquarizinho - MS;** Boletim Paranaense de Geociências, n.52, p.49-59;2003. Editora UFPR.

PEDRO,F.G.; LORANDI,R.; **Potencial Natural de Erosão na Área Periurbana de São Carlos - SP;** Revista Brasileira de Cartografia, N°56/01, 2004.

PELTON,J.; FRAZIER,E.; PICKILINGIS,E.; **Calculating Slope Length Factor (LS) in the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE);** 2014.

REATTO, A.; MARTINS, E.S.; FARIAS, M.F.R; SILVA, A.V.; CARVALHO JR. O.A.; **Mapa Pedológico Digital – SIG Atualizado do Distrito Federal Escala 1:100.000 e uma síntese do texto explicativo.** Embrapa, 2004.

ROIG,H.L.; FERREIRA,A.M.R.; MENEZES,P.H.B.J; MAROTTA,G.S. **Uso de câmeras de baixo custo acopladas a veículos aéreos leves no estudo do aporte de sedimentos no Lago Paranoá.** Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 13 a 18 de abril de 2013, INPE.

SANTOS,K.R.; LEMES,S.S. **Uso da terra e erosão acelerada em vertente: o caso do bairro Giovanni Braga em Anápolis (GO);** XII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal, 2007.

STEIN,D.P.; DONZELLI,P.I.; GIMENEZ,E.Z.; PONÇANO,W.L.; LOMBARDI NETO,F. **Potencial de erosão laminar, natural e antrópico na Bacia do Peixe – Paranapanema.** 4º Simpósio nacional de controle de erosão, Anais. Marília. Vol.1, 105-135, 1987.

VALENTIN,E.F.D.; **Modelagem Dinâmica de Perdas de Solo: O Caso do Alto Curso da Bacia Hidrográfica do Rio Descoberto – DF / GO**; Tese de Doutorado N° 86; Universidade de Brasília, Instituto de Geociências; 2008.

WISCHMEIER,W.H.; MANNERING,J.V.; **Relation of soil properties to its erodibility**. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., v.33, 131-137, 1969.

ZHANG Y.; DEGROOTE,J.; WOLTERC.; SUGUMARAN, R.; **Integration of Modified Universal Soil Loss Equation (MUSLE) into a GIS framework to assess soil erosion risk**. Land degradation & development, 20: 84-91 (2009). DOI: 10.1002/ldr