

APLICAÇÃO DA USLE PARA AVALIAÇÃO DE PERDAS DE SOLO NO MUNICÍPIO DE ÁGUAS LINDAS DE GOIÁS – GO

José Augusto de Albuquerque LOPES¹

Edílson de Souza BIAS²

Rômulo José da Costa RIBEIRO³

Resumo

O presente estudo teve por objetivo demonstrar os efeitos da perda de solo em função do avanço urbano no Município de Águas Lindas de Goiás – GO. Para a avaliação qualitativa das perdas de solo foi utilizada a Universal Soil Loss Equation – USLE. Com os resultados obtidos foi possível identificar consideráveis perdas de solo no município, decorrentes da retirada da cobertura vegetal e da não utilização de práticas agrícolas adequadas. As perdas de solo mais significativas ocorrem próximas aos principais cursos d'água, contribuindo para o assoreamento e, consequentemente, interferindo na qualidade e quantidade da água da Barragem do Descoberto, responsável pelo abastecimento de aproximadamente 60% do Distrito Federal. Os resultados mostraram ainda a importância da cobertura vegetal como proteção natural da erosão, evitando assim as perdas de solo e os consequentes impactos resultantes desse processo.

Palavras-Chave: Solo. USLE. Geoprocessamento.

Abstract

USLE's Application for Evaluation of Soil Losses in the District of Águas Lindas de Goiás - GO

The objective of the present study is to demonstrate the effect of the loss soil process caused by the urban advance in the town of Águas Lindas do Goiás - GO. For the qualitative evaluation of the losses of soil it was used the Universal Soil Loss Equation - USLE. With the results obtained it was possible to identify considerable losses of soil in the town, due to the withdrawal of the vegetal covering and the non-using of adequate agricultural practice. The more significant losses of soil occur near the main streams, contributing to the sedimentation process and therefor intervening with the quality and amount of the water of the Barragem do Descoberto, responsible for approximately 60% of the supplying of the Federal District. The results had also shown the importance of the vegetal covering as a natural protection of the erosion, thus preventing the losses of soil and the consequent impacts resulting of this process.

Key words: Soil. USLE. Geoprocessing.

¹ Bacharel em Engenharia Ambiental pela UCB - E-mail: gutolops@yahoo.com.br

² Professor Adjunto da Universidade Católica de Brasília, Curso de Engenharia Ambiental. QS 07 It. 1 Água Claras – Campus I - E-mail: edilsonb@ucb.br

³ Professor da Universidade Católica de Brasília, Curso de Engenharia Ambiental. QS 07 It. 1 Água Claras – Campus I - E-mail: rjcosta@ucb.br

INTRODUÇÃO

O solo é um recurso natural de extrema importância para o suporte e manutenção de todas as atividades desenvolvidas pelo homem.

As perdas de solo ocasionadas pela erosão, principalmente a erosão laminar, têm afetado grandes áreas em todo o Brasil tornando os solos dessas regiões cada vez menos produtivos, e afetando principalmente os recursos hídricos. No caso de Águas Lindas, foco do presente estudo, essas perdas têm uma importância ainda maior, devido a parte da em função do município localizar-se na bacia do rio Descoberto, onde encontramos o reservatório do Descoberto, responsável por aproximadamente 60% do abastecimento do Distrito Federal, promovendo pelas sucessivas alterações no uso e ocupação, o assoreamento dos cursos d'água e do reservatório, afetando desta forma, a qualidade e quantidade da água disponível para abastecimento.

A origem do município de Águas Lindas de Goiás – GO resultou de um processo de ocupação urbana descontrolada, sem qualquer diagnóstico do seu meio físico, não respeitando, sequer as condições topográficas da região.

No sentido de quantificar as perdas de solo ocasionadas por erosão, Walter H. Wischmeier e Dwight D. Smith, desenvolveram a Equação Universal de Perdas de Solo – USLE, baseada em dados extensivos de erosão, resultado de estudos de solos durante diversos anos em todo o EUA. A USLE fornece uma aproximação rápida no sentido de se estimar a perda anual média de solo de uma área.

Num país tão extenso como o Brasil, com enorme carência de informações sobre os problemas urbanos, rurais e principalmente ambientais, a USLE combinada com as novas técnicas de geoprocessamento apresenta um enorme potencial de aplicação, permitindo precisão e rapidez na análise de dados a um custo relativamente baixo.

Neste sentido, o estudo proposto reuniu informações que visam contribuir e orientar órgãos municipais ligados aos estudos ambientais e de planejamento urbano, demonstrando o efeito da alteração do solo no processo de perda de solo, em função do avanço urbano, e por fim demonstrar a influência das alterações nos processos de assoreamento de cursos d'água e de reservatório de abastecimento.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Ocupação Urbana

Se analisarmos como se deu o processo de urbanização nas cidades brasileiras, destacando a região do entorno do Distrito Federal, veremos que esse processo envolve questões ideológicas resultantes do modo de gestão do espaço urbano (NOVAES PINTO, 1993).

Esse processo de urbanização descontrolada nas cidades do entorno se deu principalmente por dois fatores, primeiro pela rígida legislação urbana do Distrito Federal e segundo pelo alto custo da terra no mesmo, que dificultam assim a fixação, em seu território, da população com menor custo de vida (FERNANDO TEIXEIRA & ASSOCIADOS, 2000).

Assim ao mesmo tempo em que as pessoas são atraídas pelas ofertas de emprego no Distrito Federal, são expulsas devido à falta de condições para se estabelecer no local, forçando-as a procurar alternativas de localização em áreas mais distantes e menos valo-

rizadas, provocando a proliferação de loteamentos e a especulação imobiliária nas cidades do entorno do Distrito Federal, inclusive em Águas Lindas de Goiás, objeto desse estudo.

De acordo com o trabalho desenvolvido por FERNANDO TEIXEIRA & ASSOCIADOS (2000), para a construção do PDOT – Plano Diretor de Ordenamento Territorial, encontramos a seguinte localização para o município em estudo:

O núcleo urbano de Águas Lindas de Goiás compreende uma área entre o rio Descoberto e o Rio do Macaco, margeando o traçado da rodovia BR-070 no sentido leste/oeste numa extensão de 20 km. Ele localiza-se a aproximadamente 5 km da divisa com o Distrito Federal, 16 km da sede do município de Santo Antônio do Descoberto, 50 km de Brasília, 8 km Ceilândia, 26 km de Taguatinga e 200 km de Goiânia, capital do estado de Goiás. Importante observar que grande parte da área urbana do município de Águas Lindas de Goiás foi implantada sobre a APA da Bacia do Rio Descoberto.

A ocupação urbana de Águas Lindas de Goiás tomou como eixo indutor a rodovia BR-070, onde de forma acelerada e sem nenhum padrão urbanístico, se estabeleceu pelo princípio de parcelamento integral sem nenhuma lógica de implantação, subordinada em alguns casos apenas às condições topográficas da região, determinando assim uma forma urbana caracterizada pela desagregação dos bairros existentes (DNIT, 2006).

O processo de especulação imobiliária, como agente no processo de urbanização da cidade de Águas Lindas de Goiás torna o padrão urbanístico do município similar ao das periferias brasileiras onde há falta de urbanização, equipamentos sociais, pavimentação, transporte, infra-estrutura e segurança. Esses fatores aliados à ausência de atividades produtivas e econômicas no município criam assim uma dependência do município em relação ao Distrito Federal, tornando Águas Lindas de Goiás uma cidade-dormitório (SILVA, 2003).

Erosão Urbana

A erosão urbana tem sua ocorrência sempre associada a falta de um planejamento adequado, onde, geralmente, não são considerados os aspectos do meio físico e as condições socioeconômicas que caracterizam o desenvolvimento da área urbana (FENDRICH, 1984).

Segundo Bertoni e Lombardi Neto (2005, p. 59) “a cobertura vegetal é uma defesa natural de um terreno contra a erosão”.

Dessa forma a retirada da cobertura vegetal torna-se mais um fator contribuinte da erosão urbana, pois, o solo exposto torna-se compactado diminuindo a penetrabilidade das raízes e a infiltração da água, aumentando assim o escoamento superficial.

A cobertura vegetal ainda impede outro tipo de erosão, a chamada erosão pelo impacto da chuva, isso porque uma área com cobertura vegetal diminui a força de impacto da gota da chuva no solo, dividindo-a em diversas gotículas, evitando o desprendimento e salpicamento de partículas de solo (BERTONI; LOMBARDI NETO, 2005).

A urbanização promove a impermeabilização de áreas, diminuindo a infiltração da água reduzindo a reserva dos aquíferos, fonte de abastecimento de uma parte da população (SILVA, 2003).

Nas áreas urbanas é muito comum a ocupação de terrenos próximos às ocorrências de processos erosivos, aumentando assim os riscos de acidentes e junto a isso ainda temos o despejo de lixo nas voçorocas e ravinas, como forma equivocada de contenção, que as torna foco de doenças aumentando ainda mais os danos ao meio ambiente (GUERRA et al., 1999).

Outro problema a ser considerado nas áreas urbanas, ou nas suas periferias, é o assoreamento dos cursos de água e reservatórios, bem como o entupimento das redes de galerias pluviais, fatores esses que agravam ainda mais os problemas da erosão urbana; devido à ocorrência de enchentes, a concentração de poluentes e a diminuição da capacidade de armazenamento de água para abastecimento (GUERRA et al., 1999).

Universal Soil Loss Equation (USLE)

Conforme destacam Bertoni e Lombardi Neto (2005, p. 248) "o uso de equações empíricas para avaliar as perdas de solo de uma área cultivada vem se tornando prática indispensável para o planejador conservacionista".

A Equação Universal de Perda de Solo é considerada um dos avanços mais significativos na área de conservação do solo do século 20. A USLE é uma tecnologia empírica aplicada no sentido de estimar o impacto do pingo de chuva e de seu escoamento pela superfície que influenciam na erosão pela chuva de uma determinada área.

A USLE fornece uma aproximação rápida no sentido de se estimar a perda anual média, a longo prazo, de solo de uma determinada área é expressa da seguinte forma:

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

que compreende seis fatores:

A = perda de solo por unidade de área, t/(ha.ano);

Fator R = erosividade da chuva, Mj.mm/(ha.h.ano);

Fator K = erodibilidade do solo, t.h/(Mj.mm);

Fator L = comprimento de rampa, em metros, (adimensional);

Fator S = declividade, em porcentagem, (adimensional);

Fator C = uso e manejo, (adimensional);

Fator P = práticas conservacionistas, (adimensional).

Geoprocessamento

De acordo com Bias (1998, p. 14) pode-se entender o geoprocessamento como sendo um conjunto de ferramentas originadas pela interação de softwares de Sistemas de Informação Geográfica, de Processamento Digital de Imagens, de Sistemas Gerenciadores de Bancos de Dados, de Dados (informação em bruto) e finalmente de pessoas treinadas e qualificadas, atuando conjuntamente com o objetivo de desenvolver procedimentos, manipular e avaliar dados geograficamente referenciados.

Assad (1998, p. 3) define o geoprocessamento como sendo uma disciplina do conhecimento que utiliza técnicas matemáticas e computacionais para o tratamento de informações geográficas e cartográficas (mapas e plantas). Esta tecnologia tem sido bastante utilizada nas áreas de Cartografia, Análise de Recursos Naturais, Transportes, Comunicações, Energia e Planejamento Urbano e Regional.

Os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) tornaram possível a automatização da produção de documentos cartográficos, através do tratamento computacional de dados geográficos, otimizando a manipulação e a análise, e disponibilizando respostas até mesmo em tempo real (ASSAD et al. 1998).

DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O município de Águas Lindas de Goiás, pertencente ao leste goiano, é delimitado pelas coordenadas geográficas 15° 45' 43" de latitude sul e 48° 16' 54" de longitude oeste, e altitude em relação ao nível do mar de 1.080 metros, ocupa uma área de 191 Km², o que representa 0,06% do território de Goiás.

Águas Lindas de Goiás teve origem em um loteamento de chácaras de recreio às margens da BR-070, quando ainda fazia parte do território de Santo Antônio do Descoberto – GO. No ano de 1995 o distrito conseguiu a sua emancipação do município de Santo Antônio do Descoberto, tornando-se Águas Lindas de Goiás, através da Lei Estadual de Criação do Município n° 12797 de 27 de outubro de 1995.

Possui como municípios limítrofes Cocalzinho de Goiás, Padre Bernardo, Santo Antônio do Descoberto e o Distrito Federal. O Índice de Desenvolvimento Humano Municipal, IDH – M, é utilizado como um dos indicadores socioeconômicos de um município. Estudos realizados pelo PNUD no ano de 2000 classificou Águas Lindas com um IDH médio, de 0,717, posicionando-o na 178ª posição do ranking dos 242 municípios do estado de Goiás.

O núcleo urbano de Águas Lindas não apresenta um centro urbano, na sua forma tradicional, em que a cidade se desenvolve a partir de sua praça central, dominada pela igreja matriz, a prefeitura, e outros edifícios importantes. No caso de Águas Lindas de Goiás os elementos importantes de aglomeração são os pontos de ônibus, que evidenciam o seu caráter de cidade dormitório. Nesse sentido, conforme retrata o seu Plano Diretor de Ordenamento Territorial - PDOT (2000), os moradores do município encontram no Distrito Federal, principalmente no Plano Piloto de Brasília e em Taguatinga não apenas local de trabalho, mas também consumo e diversão.



Figura 1 – Localização da área de estudo

MATERIAIS E MÉTODOS

Materiais

No desenvolvimento do presente estudo foram utilizados os seguintes materiais:

Imagens de satélite CBERS 2 do ano de 2006 disponíveis no site do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE.

Dados Pluviométricos das estações Pluviométricas da ANA e CAESB.

Bases de dados de solo, geomorfologia, hidrografia, geologia e hipsometria da carta SD22ZD disponíveis no site do Sistema Estadual de Estatística e de Informações Geográficas do Goiás - SIEG.

Dados SRTM disponíveis no site da EMBRAPA Monitoramento por Satélite.

Software de Sistema de Informação Geográfica ArcGIS 9.1 e o Software de PDI ENVI 4.3. Ambos disponibilizados pelo Laboratório de Geoprocessamento do curso de Engenharia Ambiental da Universidade Católica de Brasília.

Métodos

A metodologia adotada no presente estudo é apresentada no fluxograma figura 2, representando todo o procedimento metodológico utilizado para obtenção dos fatores da USLE, a partir das imagens SRTM e CBERS 2 e das bases de dados do SIEG:

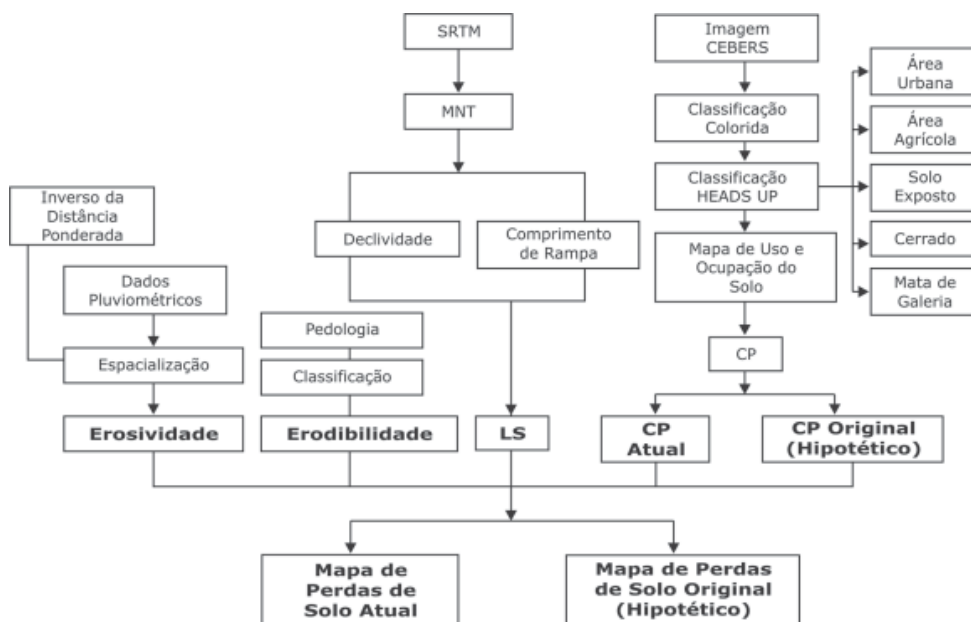


Figura 2 – Fluxo metodológico

Fator R - Erosividade da chuva

Tabela 1 - Estações pluviométricas da CAESB e ANA

Código	Nome da Estação	Operação	Localização	Bacia Hidrográfica	Responsável
01548006	Taguatinga	Jan/71	15° 47' 00" 48° 08' 00"	Descoberto	CAESB
01548007	Brazlândia	Jan/71	15° 41' 00" 48° 3' 00"	Descoberto	CAESB
01548008	Descoberto	Out/78	15° 47' 00" 48° 14' 00"	Descoberto	CAESB
01548020	Águas Lindas	Dez/99	15° 44' 00" 48° 18' 00"	Descoberto	ANA

Para o cálculo dos valores de erosividade da chuva, o fator R da USLE, utilizou-se primeiramente os dados obtidos pelas estações pluviométricas (Tabela 1) mais próximas à área de estudo. Os cálculos para obtenção das médias mensais e anuais das precipitações foram efetuados a partir de uma série temporal de 27 anos (estação CAESB – 1979 a 2005 e estação Pluviométrica Águas Lindas - ANA – 2000 a 2005. Com base nas equações 1 e 2, foi determinada a erosividade média mensal para cada estação pluviométrica. Posteriormente, realizou-se a espacialização da erosividade no software ArcGIS 9.1 a partir do método “Inverso do Quadrado da Distância”. O método da Krigagem que poderia oferecer um resultado mais refinado não foi utilizado em função da exigüidade de estações pluviométricas disponíveis.

$$El_{30} = 67,355 \left(\frac{r^2}{P} \right)^{0,85} \quad (\text{Equação 1})$$

$$R = \sum_{j=1}^{12} El_{30j} \quad (\text{Equação 2})$$

Fator K - Erodibilidade do solo

O método utilizado na obtenção da erodibilidade dos solos de Águas Lindas baseou-se nos resultados de erodibilidade obtidos por Baptista (2003) para os solos do Distrito Federal e Cavalli et al. (2001) para os solos da microbacia do ribeirão Jacutinga (Rio Claro) - SP, sendo que os dois utilizaram o Nomograma de Wischmeier et al. (1971) para obtenção dos resultados.

A espacialização da erodibilidade foi realizada pelo software ArcGIS 9.1 a partir do mapeamento de solos, utilizando a base de dados do SIEG – Sistema Estadual de Estatística e de Informações Geográficas do Goiás, incluindo nessa base de dados os valores de K para cada classe de solo presente em Águas Lindas.

Fator LS - Comprimento de Rampa e Declividade

A metodologia utilizada no cálculo do fator comprimento de rampa baseia-se na utilização do índice de extensão média do escoamento, proposta por Baptista (2003, p. 36), sendo o índice obtido por meio do método dos retângulos equivalentes modificado por Villela e Mattos (1975) apud Baptista (2003). O comprimento médio das rampas foi obtido a partir da inserção dos valores de área e comprimento dos cursos na Equação 3.

$$L = \frac{A}{4l} \text{ (Equação 3)}$$

onde:

L = fator comprimento de rampa e/ou extensão média do escoamento sobre os terrenos (m);

A = área da bacia (m²);

l = somatório do comprimento de todos os cursos d'água da bacia (m).

A declividade foi calculada a partir do Modelo Numérico do Terreno - MNT, utilizando os dados SRTM, disponíveis no site da Embrapa Monitoramento por Satélite. Por meio da ferramenta Spatial Analyst do software ArcGIS 9.1, obteve-se a declividade do município em porcentagem, Equação 4.

$$\sqrt{(GX.GX + GY.GY)} \text{ (Equação 4)}$$

onde:

GX = Gradiente de inclinação do terreno na direção x (leste – oeste)

GY = Gradiente de inclinação do terreno na direção y (norte – sul)

Após a obtenção dos valores de declividade e comprimento de rampa foi determinado o fator topográfico LS, que representa a integração da declividade e do comprimento de rampa, por meio do software ENVI 4.3, utilizando-se a Equação 5.

$$LS = 0,00984 \cdot l^{0,63} \cdot s^{1,18} \text{ (Equação 5)}$$

onde:

l = comprimento de rampa em metros;

s = grau do declive em porcentagem.

A integração foi efetuada no software ENVI 4.3 em função do mesmo apresentar ferramentas mais adequadas para aplicação de álgebra de mapas em modelo raster.

Fator CP - Uso e Manejo do Solo (C) e Práticas Conservacionistas (P)

A partir do Mapa de Uso e Ocupação do Solo gerado para o município de Águas Lindas (Figura 4) foram identificadas as classes de uso e ocupação, apresentadas na Tabela 2, propostas por Stein et al. (1987) apud Baptista (2003) como sendo uma correlação entre a variável CP integrada com as classes de uso e ocupação do solo. Posteriormente a identificação das classes foram determinados os valores de CP atual e CP original do município de Águas Lindas utilizando o software ArcGIS 9.1. O Mapa de Uso e Ocupa-

ção do Solo (Figura 4) foi gerado a partir da classificação em tela (Heads-up), tendo como background a imagem CBERS 2, ano 2006 (Figura 3).

Tabela 2 - Integração e CP em função das classes de uso

Grupos de Uso	Categoria	CP
1. Vegetação de porte alto a médio, cobertura total do terreno		0,00004
	1a. Floresta	0,00004
	1b. Vegetação secundária	0,00004
	1c. Cerradão	0,00004
	1d. Reflorestamento	0,0001
2. Vegetação de porte médio a baixo, cobertura total do terreno		0,01035
	2a. Cobertura residual	0,00007
	2b. Cerrado	0,00004
	2c. Culturas permanentes	0,02
	2d. Cana-de-açúcar	0,05
3. Vegetação de porte médio a baixo, cobertura parcial do terreno		0,25
	3a. Cobertura residual	0,25
	3b. Cobertura perene	0,25
4. Vegetação de porte baixo a rasteiro, cobertura total do terreno		0,01
	4a. Cobertura residual	0,01
	4b. Pastagem	0,01
	4c. Cultura temporária	0,20
	4d. Campo cerrado	0,01
	4e. Campo natural	0,01
5. Vegetação de porte baixo a rasteiro, cobertura parcial do terreno		0,10
	5a. Cobertura residual	0,10
	5b. Pastagem	0,10
	5c. Cultura temporária	0,20
6. Ocupações naturais diversas		0,00
	6a. Várzea	0,00
	6b. Espelho d'água	0,00
7. Ocupações antrópicas diversas		0,00
	7a. Área urbana	0,00
	7b. Estrada	0,00

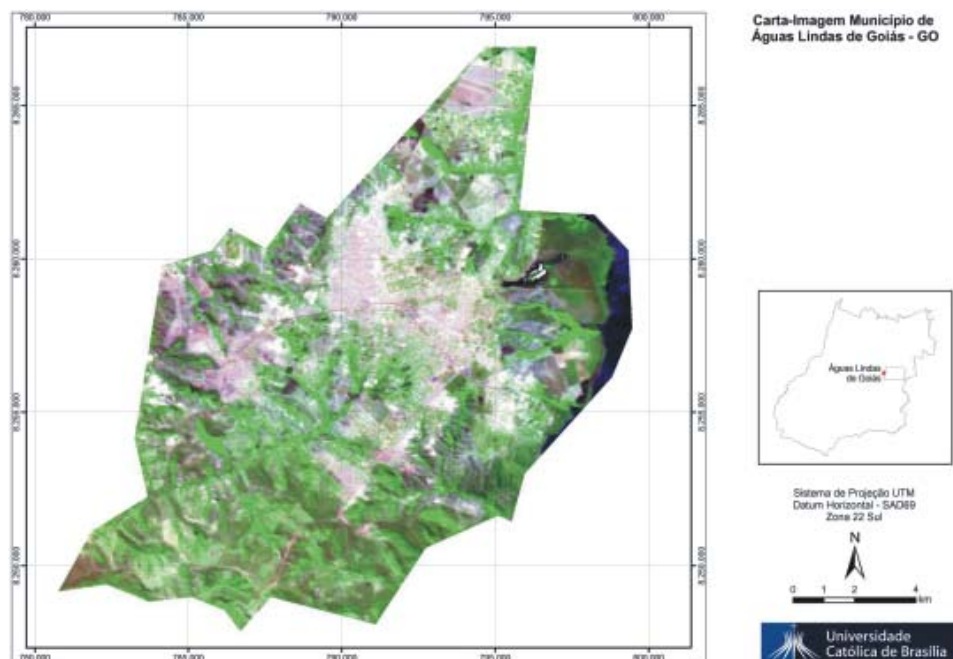


Figura 3 – Carta Imagem

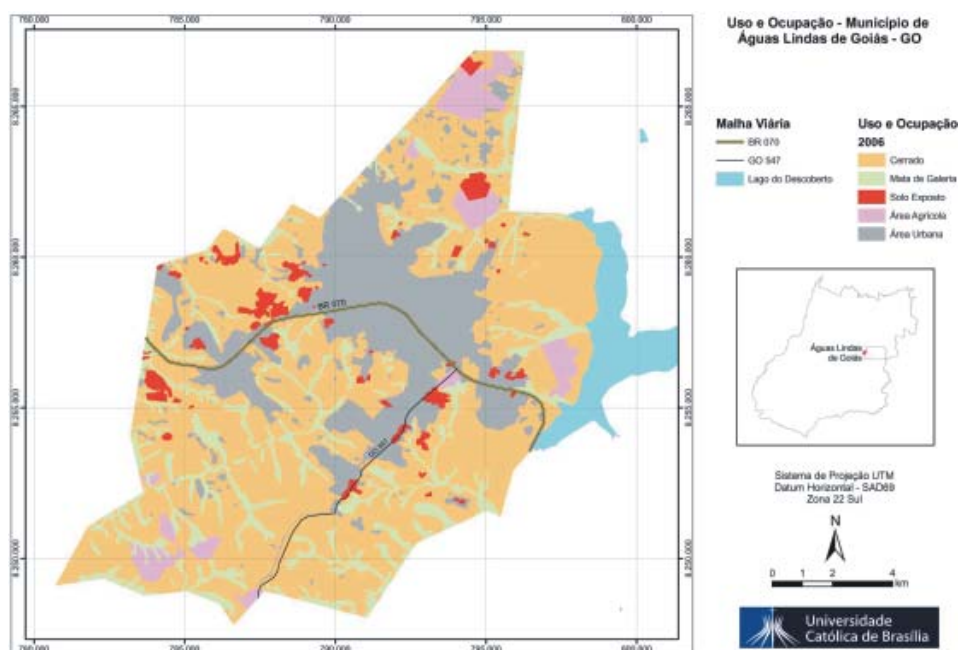


Figura 4 – Mapa de uso e ocupação

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Fator R - Erosividade da chuva

Com os dados já descritos da série temporal de 27 anos, foram determinados os valores do fator “R” para cada estação pluviométrica, apresentados na tabela 3.

Tabela 3 - Erosividade da chuva nas estações pluviométricas da CAESB e ANA

Estações Pluviométricas	Erosividade em $Mj.mm/(há.h.ano)$ Equação 1
Taguatinga	8281,2
Brazlândia	8606,8
Descoberto	7666,9
Águas Lindas	8718,0
Média	8318,2

A partir dos valores determinados realizou-se a espacialização da erosividade no software ArcGIS 9.1 gerando-se como resultado o Mapa de Erosividade para o município de Águas Lindas de Goiás (Figura 5).

Ao se analisar o Mapa de Erosividade juntamente com o Mapa de Hipsometria (Figura 6) nota-se que os maiores valores de erosividade estão relacionados com as regiões de maior altitude, acima de 1200 metros, representadas geomorfológicamente pela chapada de Águas Lindas, que atua no terreno como uma espécie de divisor natural de águas das bacias.

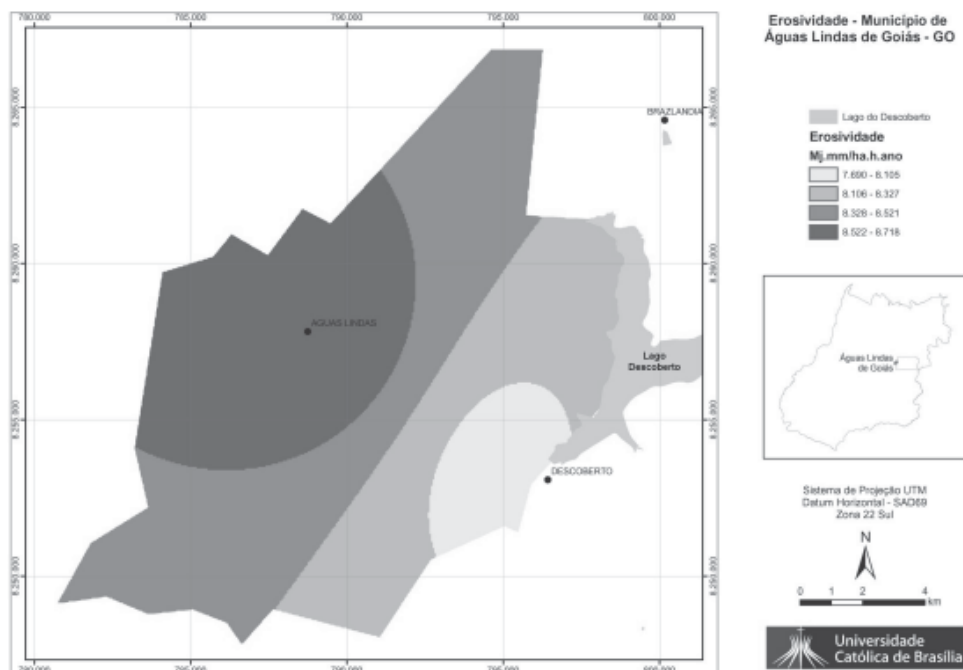


Figura 5 – Mapa de erosividade

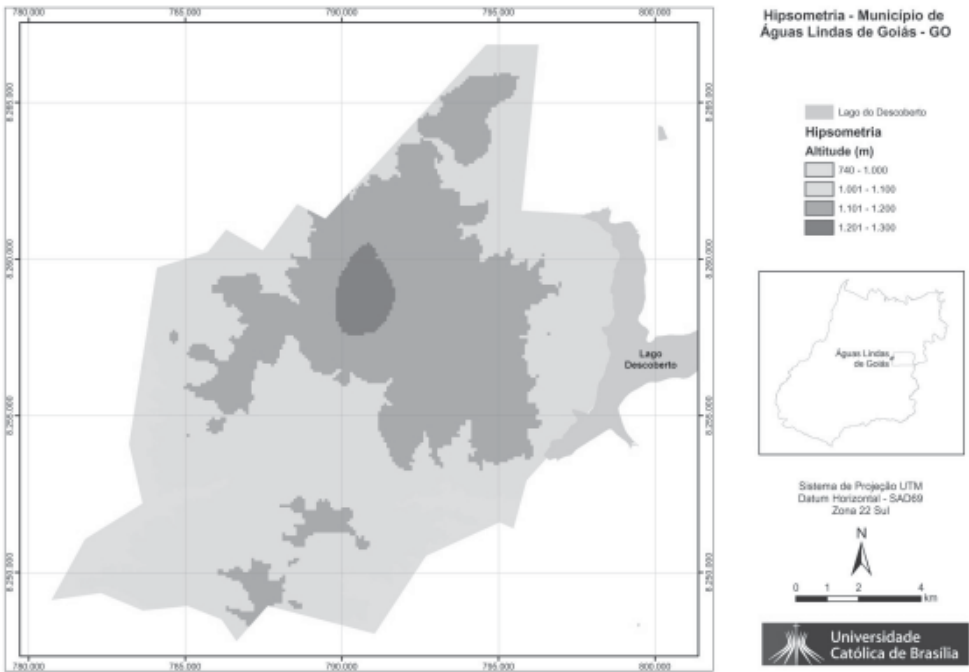


Figura 6 – Mapa de hipsometria

Fator K - Erodibilidade do solo

Devido a proximidade do município de Águas Lindas com o Distrito Federal adotou-se os valores de erodibilidade obtidos por Baptista (2003) para os solos do DF, exceto o valor para a classe dos Neossolos Litólicos para o qual foi utilizado o valor obtido por Cavalli et al. (2001), devido a proximidade com os valores apresentados por Bertoni e Lombardi Neto (2005, p. 85). Os valores de erodibilidade são apresentados na tabela 4.

Tabela 4 - Erodibilidade dos solos

Tipo do Solo	Erodibilidade em t.h/(Mj.mm) Nomograma de Wischmeier et. Al (1971)	Fonte
Latossolo vermelho escuro	0,013	Baptista (2003)
Latossolo vermelho amarelo	0,020	Baptista(2003)
Cambissolo	0,024	Baptista (2002)
Neossolo litólico	0,049	Cavali et. al. (2001)

A partir do Mapa Pedológico do município de Águas Lindas (Figura 7), foi gerado o Mapa de Erodibilidade (Figura 8) incluindo-se na base de dados os valores de "K" para cada classe de solo (Tabela 4), presente em Águas Lindas.

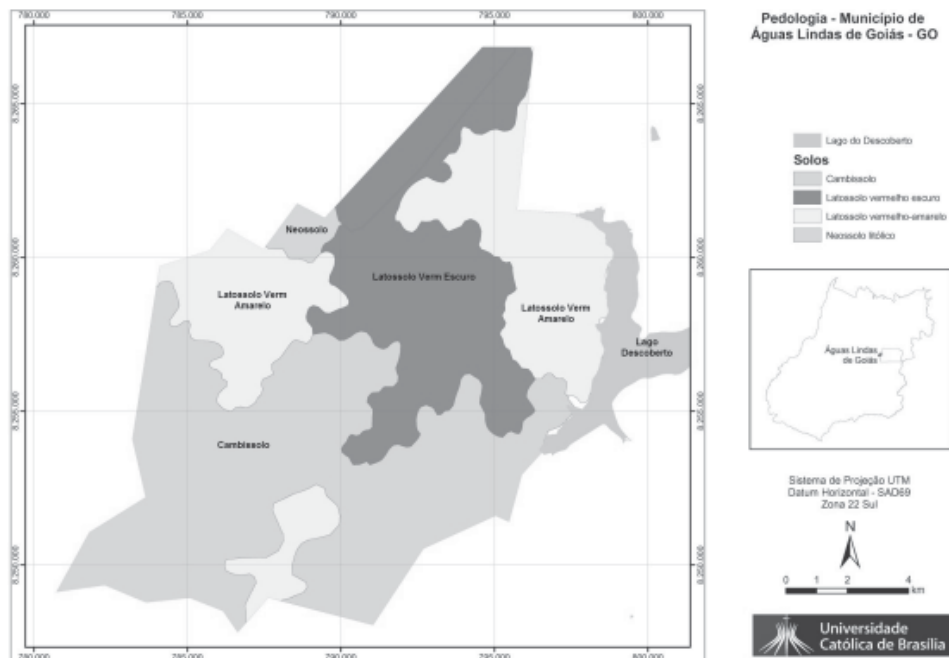


Figura 7 – Mapa de pedologia

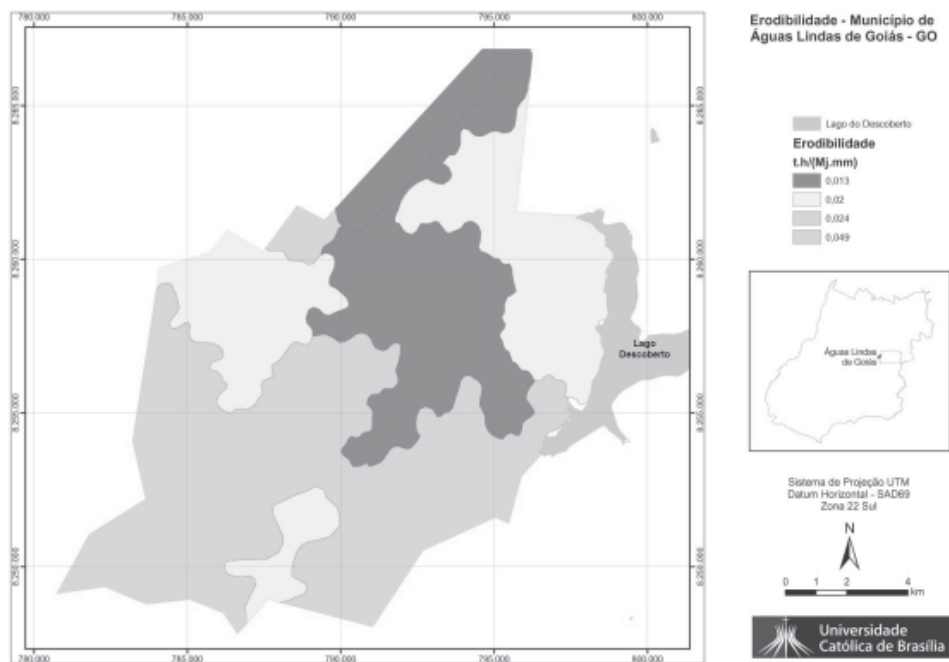


Figura 8 – Mapa de erodibilidade

Fator L - Comprimento de Rampa

Utilizando-se o método do retângulo equivalente, descrito no capítulo da metodologia, foi calculado o comprimento de rampa baseado nas informações contidas no Mapa de Hidrografia (Figura 9) de acordo com os cálculos descritos na metodologia sendo os resultados observados na tabela 5:

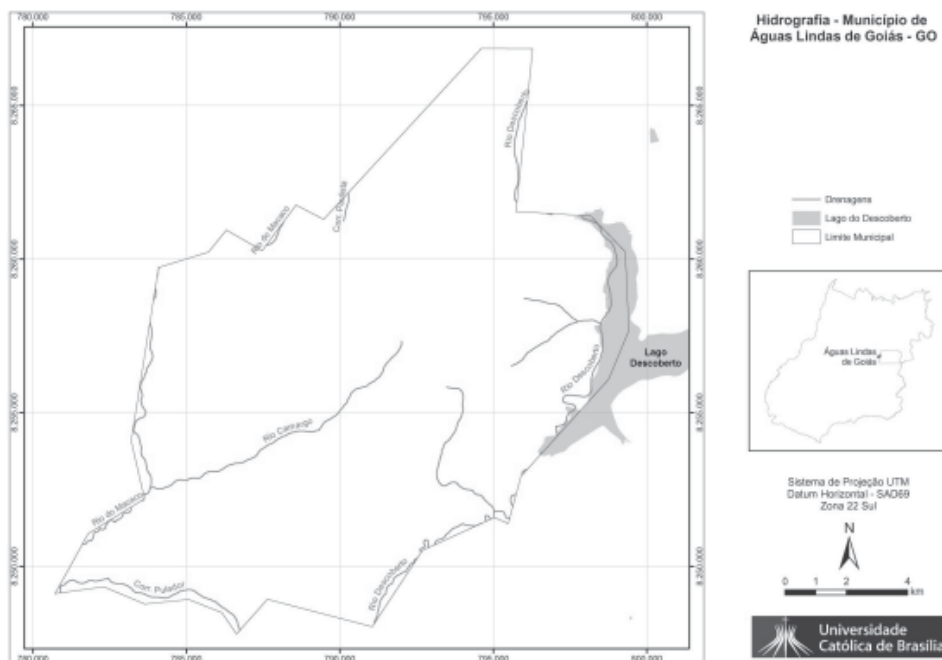


Figura 9 – Mapa da rede hidrográfica

Tabela 5 - Comprimento médio de rampa “L”

Bacia Hidrográfica	Área (km ²)	Comprimento total dos rios (km)	Comprimento médio das rampas (m)
Rio Verde	9,615	0,936	2567,24
Rio Areias	90,506	27,867	811,95
Rio Descoberto	92,091	32,374	711,15

A partir dos resultados obtidos na tabela 5, para o fator comprimento de rampa realizou-se a espacialização, para criação do Mapa de Comprimento de Rampa (Figura 10). Analisando a figura 10 é possível identificar as rampas muito extensas, principalmente na região da bacia hidrográfica do Rio Verde devido a presença do relevo acentuado, representado geomorfologicamente por morros e colinas, determinando um escoamento elevado e, morfodinamicamente, sendo mais propícia a erosão devido a extensão de sua rampa.

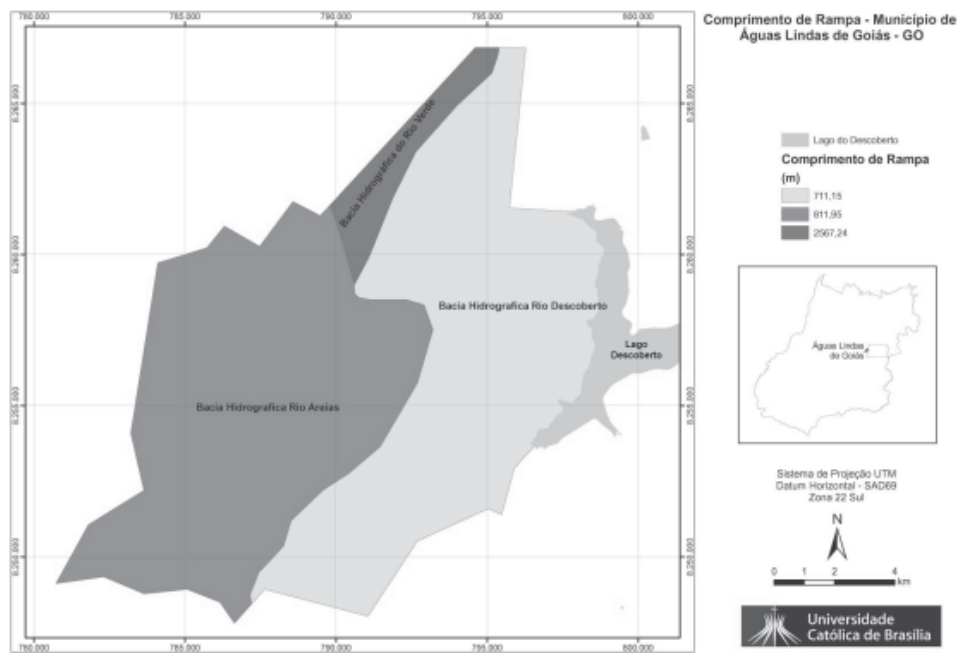


Figura 10 – Mapa do comprimento de rampa

Fator S - Declividade

Ao se analisar o Mapa de Declividade (Figura 11) verifica-se que os maiores valores de declividade ocorrem no contato da chapada de Águas Lindas com as regiões dissecadas dos altos cursos do rio Descoberto e Macaco, apresentados no Mapa de Hidrografia (Figura 9).

Posteriormente aos cálculos de comprimento de rampa, e da declividade, realizou-se a integração dos dois fatores obtendo o fator topográfico utilizado em aplicações práticas da USLE. Posteriormente aplicando a Equação 5 nos valores de comprimento de rampa e declividade com o uso do software ENVI 4.3, obteve-se como resultado o Mapa do Fator Topográfico LS (Figura 12).

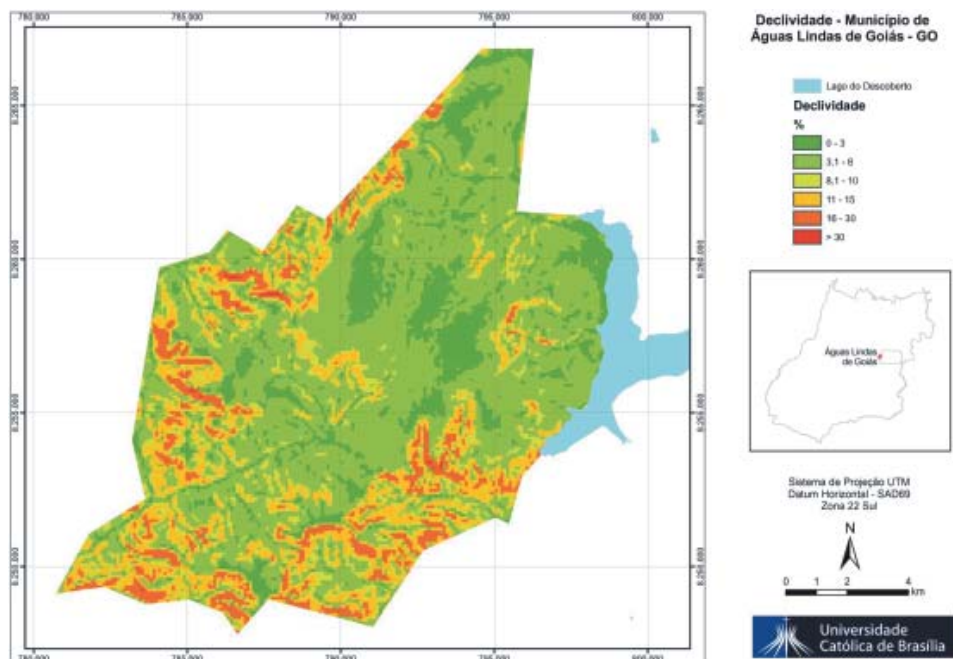


Figura 11 – Mapa de declividade

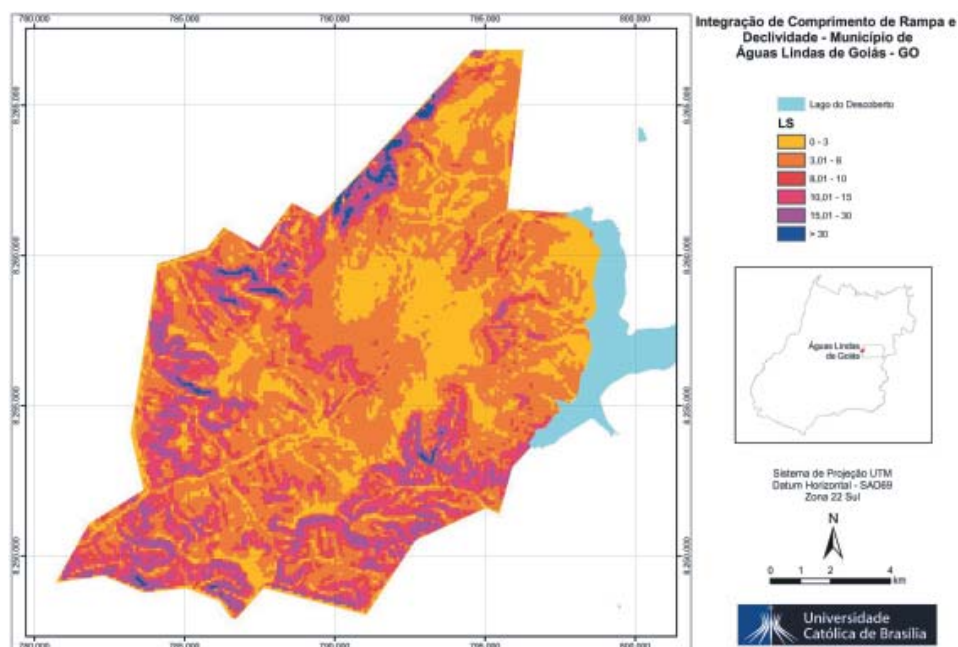


Figura 12 – Mapa de integração do comprimento de rampa e declividade

Fator CP - Uso e Manejo do Solo (C) e Práticas Conservacionistas (P)

Optou-se por realizar uma avaliação hipotética da preservação no uso do solo, no sentido de se criar elementos para uma comparação com a situação atual.

Tabela 6 - Valores de CP para as classes de uso e ocupação do solo - Atual

Classes de Uso e Ocupação do Solo	Valores de CP
Área Urbana	0,00000
Área Agrícola	0,12000
Solo Exposto	1,00000
Cerrado	0,00070
Mata de Galeria	0,00004
Lagos/Lagoas/Reservatórios	0,00000

O “CP” atual é representando pelos valores de todas as classes apresentadas no Mapa de Uso e Ocupação do Solo (Figura 4), do ano de 2006, e descritas na Tabela 6, de acordo com Stein et al. (1987):

O “CP” original representa a situação hipotética caso não houvesse ocorrido a transformação do cerrado em área urbana, conforme apresentado na tabela 7.

Tabela 7 - Valores de CP para as classes de uso e ocupação do solo - Original

Classes de Uso e Ocupação do Solo	Valores de CP
Cerrado	0,00070
Mata de Galeria	0,00004
Lagos/Lagoas/Reservatórios	0,00000

Posteriormente a determinação dos valores de “CP” Atual e do “CP” Original, que representa a situação hipotética da área de estudo. Realizou-se a reclassificação do Mapa de Uso e Ocupação (Figura 4), do ano de 2006, gerado a partir de imagens CBERS 2. Essa reclassificação foi feita atribuindo-se os valores de CP Atual (Tabela 6) e do CP Original (Tabela 7) aos respectivos usos e ocupações, obtendo como resultado o Mapa de CP Atual (Figura 13) e o Mapa de CP Original (Figura 14). No caso do CP Original, as classes área urbana, área agrícola e solo exposto foram agrupadas como sendo Cerrado para obtenção do Mapa de CP coerente com a proposta.

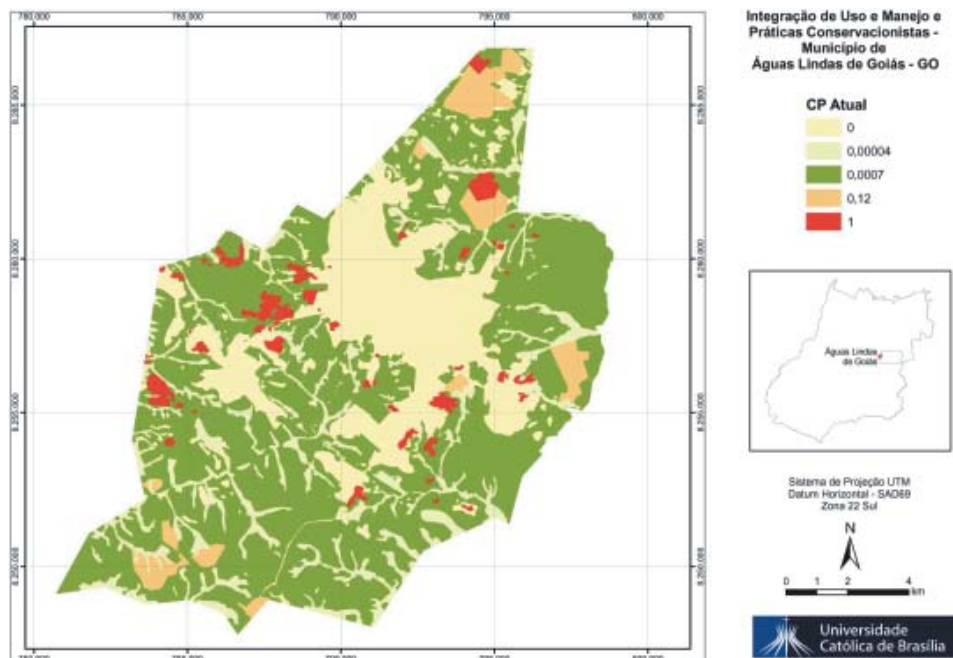


Figura 13 – Mapa de CP Atual

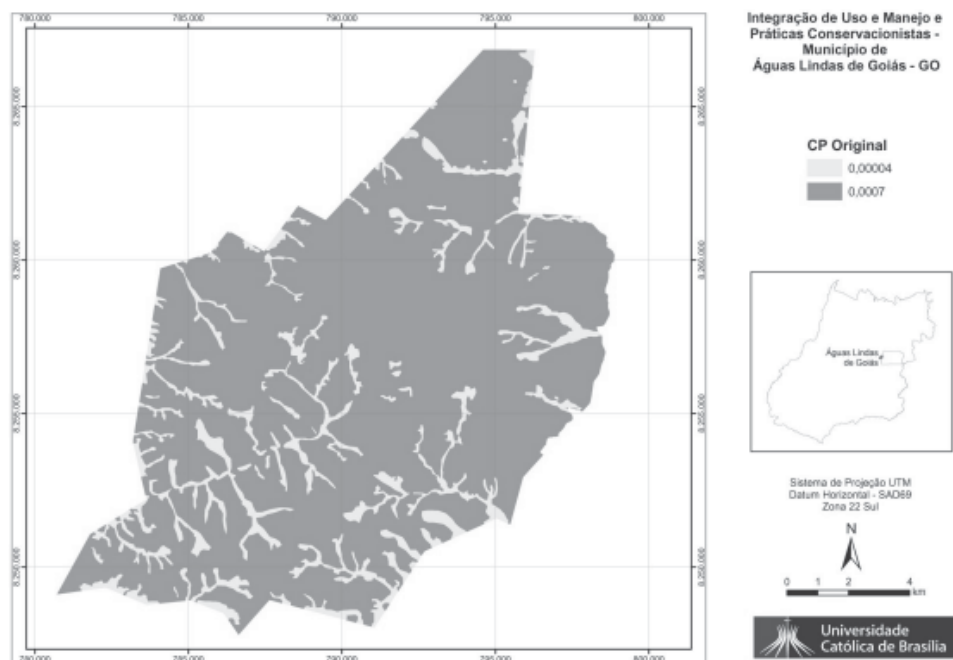


Figura 14 – Mapa de CP Original

Perdas de Solo

Posteriormente aos cálculos de todos os fatores, “RKLSCP”, realizou-se a integração dos valores obtidos por meio da Universal Soil Loss Equation – USLE, utilizando-se o software ENVI 4.3, e, obtendo assim, a espacialização da perda de solo no município de Águas Lindas de Goiás. Tanto o “CP” Atual, quanto o “CP” Original, foram calculados juntamente com os outros fatores da USLE determinando assim as perdas de solo ocorridas nas duas situações. Os resultados obtidos foram reclassificados em intervalos de 0-1, 1-5, 5-10, 10-15, 15-20, 20-25, 25-30 e maior que 30 t/(ha.ano), sendo feita uma comparação entre a situação atual e a situação hipotética conforme apresentado na Tabela 8.

Tabela 8 - Comparação das perdas de solo – Atual e Original

Classes de perda de solo t/(ha/ano)	CP Atual (Km ²)	CP Original (Km ²)
0 - 1	145,79	142,48
1 - 5	41,29	49,42
5 - 10	0,33	0,32
10 - 15	0,17	0,32
15 - 20	0,13	-
20 - 25	0,15	-
25 - 30	0,25	-
> 30	4,09	-

A partir dos resultados obtidos realizou-se a espacialização das perdas de solo, obtendo como resultado o Mapa de Perdas de Solo Atual (Figura 15) e o Mapa de Perdas de Solo Original (Figura 16).

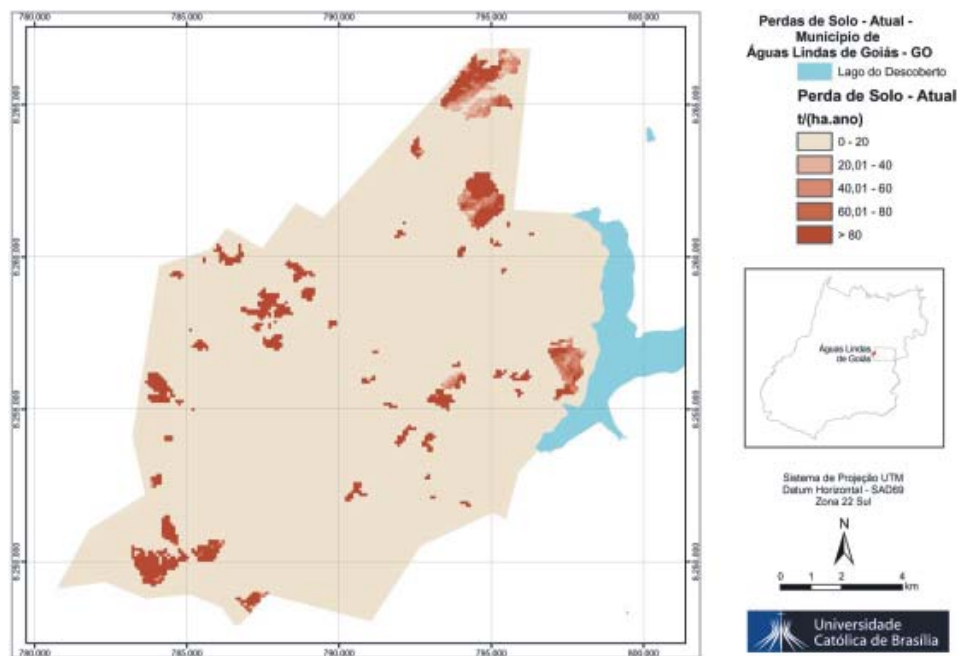


Figura 15 – Mapa de perdas de solo atual

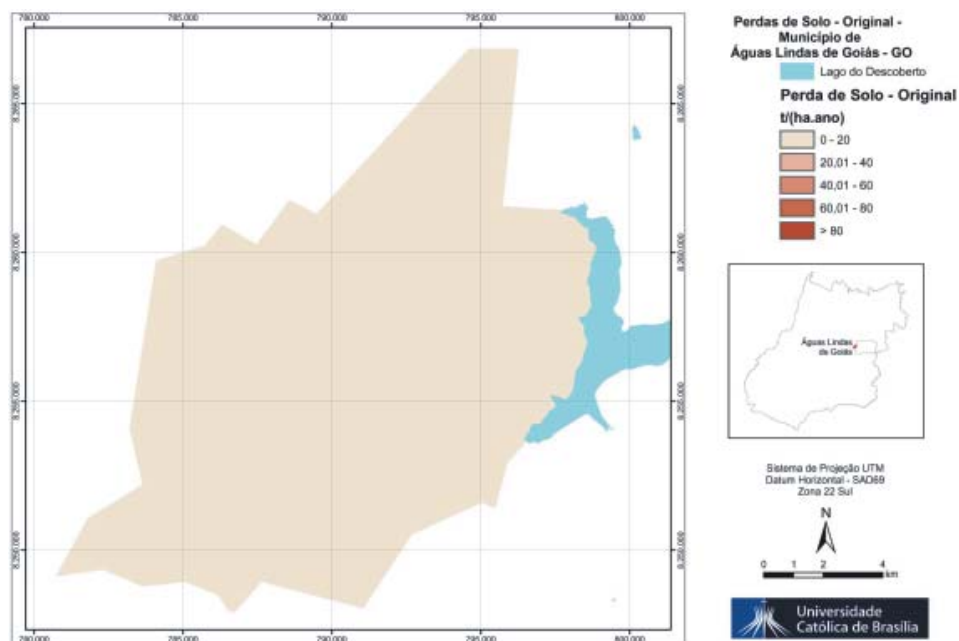


Figura 16 – Mapa de perdas e solo original

A Figura 17 apresenta o gráfico dos valores de perda de solo.

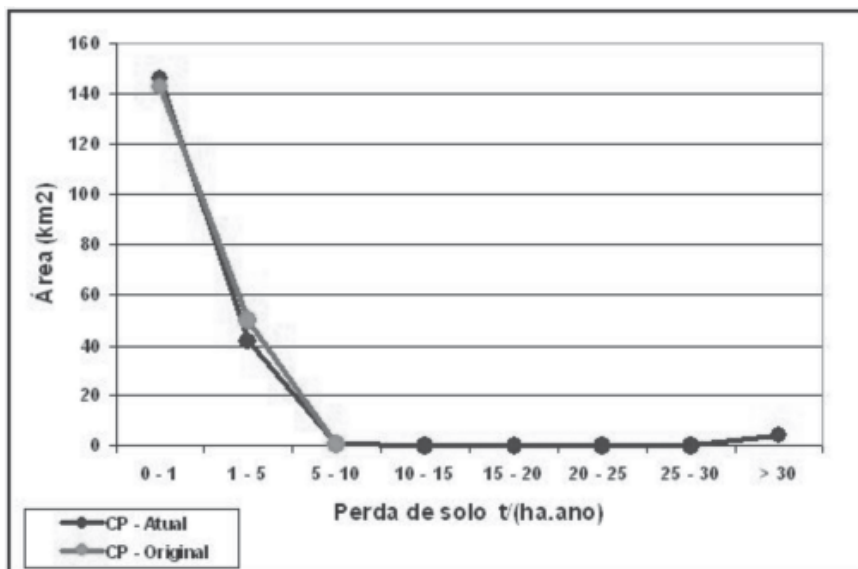


Figura 17 – Comparação das perdas de solo

Analisando figura 17 (gráfico de perda de solos), vemos que na maior parte da área do município ocorrem perdas de solo nos intervalos de 0-1 e 1-5 t/(ha.ano) tanto para a situação atual como para a situação original (hipotética), estando essas perdas dentro do limite de tolerância de perda de solo dos 4 grupos de solo (Vegetação de porte baixo a rasteiro, cobertura total do terreno).

Na situação original não houve perdas acima de 6,5 t/(ha.ano) o que nos mostra a importância da cobertura vegetal como proteção a erosão e a conseqüente perda de solo. Os valores de perda acima de 2 t/(ha.ano) estão relacionados aos locais de maior comprimento de rampa e declividade (maiores valores de LS), sendo dessa forma explicados os valores de até 6,5 t/(ha.ano) apresentados.

Já na situação atual temos perdas importantes acima das 30 t/(ha.ano), ultrapassando os limites de tolerância de perda dos grupos de solo presentes. Essas perdas representam 4,09 km² (cerca de 2%) da área do município, sendo que ao analisar o Mapa de Perdas de Solo Atual (Figura 15) juntamente com o Mapa de Uso e Ocupação (Figura 4) vemos que essas perdas significativas ocorrem principalmente nas áreas agrícolas e nas áreas com solo exposto.

CONCLUSÕES

Foi possível observar que as áreas sem cobertura vegetal (solo exposto) e as áreas agrícolas estão próximas aos principais cursos d'água de Águas Lindas, e em alguns casos bem próximas ao Lago do Descoberto, ativando processo de assoreamento deste, interferindo na qualidade e quantidade da água da barragem do Descoberto, e consequentemente, prejudicando o abastecimento de água de boa parte da população do Distrito Federal.

Concluiu-se também com o presente estudo a importância da cobertura vegetal como proteção natural ao processo erosivo e a possível perda de solo, isso porque, a situação hipotética criada apresentou perdas de solo insignificantes, relacionadas provavelmente a aspectos erosivos naturais.

A análise dos mapas do Fator Topográfico - LS demonstraram que os picos de perda na situação original estão relacionados aos maiores valores de LS, ou seja, locais de maior comprimento de rampa e declividade, facilitando o escoamento laminar, e dessa forma os diferenciados valores de perda.

O processo de uso e ocupação do solo de Águas Lindas, oriundo de uma ocupação urbana desordenada, bem como de expansão urbana acelerada tem influência direta nos resultados apresentados, pois, a retirada da cobertura vegetal presente nesses dois processos auxilia na ocorrência de processos erosivos determinantes no aumento das perdas de solo.

Constatou-se ainda que a expansão urbana promoveu a impermeabilização e compactação do solo, aumentando o escoamento superficial devido as características de declividade e comprimento das rampas da região de Águas Lindas.

O uso do solo nas áreas agrícolas sem adoção de práticas conservacionistas, baseado numa agricultura de exploração, promove o empobrecimento do solo, alterando suas características, tornando-o susceptível a erosão e determinando as acentuadas perdas.

O uso da USLE pode ser considerado como uma ferramenta de grande de grande viabilidade para os estudos de perda de solo, facilitando e permitindo que os planejadores possam tomar medidas que consistam na manutenção da sustentabilidade e da qualidade ambiental.

Finalmente, torna-se necessário que medidas emergenciais sejam adotadas nas áreas que apresentaram situações mais críticas, envolvendo técnicas conservacionistas para minimização dos impactos, bem como a implementação de procedimentos de gestão ambiental e recuperação das áreas degradadas.

REFERÊNCIAS

- ASSAD, E. D.; SANO, E. E. **Sistema de informações geográficas**. Aplicações na agricultura. Brasília: Embrapa-CPAC, 1998. 434 p.
- BIAS, E. S. **Técnicas de geoprocessamento**: sua aplicação como suporte a análise, planejamento e implantação de redes elétricas. 1998. 161 f. Dissertação (Mestrado em Geociências e Meio Ambiente) - IGCE, UNESP, Rio Claro São Paulo, 1998.
- BAPTISTA, G. M. M. **Diagnóstico ambiental de erosão laminar**: modelo geotecnológico e aplicação. Brasília: Universa, 2003. 140 p.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. São Paulo: Ícone, 2005. 355 p.

CAVALLI, A. C.; SAMPAIO, S. M.; BIAS, E. S.; BUCCI, E. Análise da Perda de Solos por Erosão na Micro Bacia do Ribeirão Jacutinga (Rio Claro) por meio de Técnicas de Geoprocessamento. **Revista de Engenharia na Agricultura**, Viçosa - MG, v. 8, n. 3, p. 167-181, 2001.

DNIT. **Estudo de Impacto Ambiental – EIA para o licenciamento ambiental das obras de adequação (duplicação e ruas laterais) da BR 070/GO, perímetro de Águas Lindas**. Brasília: DNIT, 2006, 356p.

FENDRICH, R. **Drenagens e Controle da Erosão Urbana**. Curitiba: Editora Universitária Champagnat, 1984. 396 p.

FERNANDO TEIXEIRA & ASSOCIADOS. **Plano Diretor de Ordenamento Territorial de Águas Lindas de Goiás. Goiânia**: Governo do Estado de Goiás / Secretaria de Planejamento e Desenvolvimento / Prefeitura Municipal de Águas Lindas de Goiás. Goiás, 2000. 80 p.

GUERRA, A. J. T; SILVA, A.S.; BOTELHO, R.G.M. **Erosão e conservação dos solos**: conceitos, tema e aplicações. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999. 339 p.

NOVAES PINTO, M. (Org.). **Cerrado**: caracterização, ocupação e perspectivas. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 1993. 681 p.

SILVA, M. D. **Caracterização do meio físico da região de Águas Lindas – GO**: subsídios para a gestão dos recursos hídricos subterrâneos. 2003. 165 f. Dissertação (Mestrado em Geociências e Meio Ambiente) - IGCE, UnB, Brasília, 2003.

Recebido em julho de 2008

Aceito em outubro 2008

