

ESTIMATIVA DA PERDA DE SOLO POR EROSÃO LAMINAR NA BACIA DO PARQUE CESAMAR EM PALMAS-TO

Frederico Coli Mendes¹
Hugo Lopes Pereira²
Joel Zukowski³

RESUMO

O Plano Municipal de Saneamento Básico de Palmas-TO, destaca a área do Parque Cesamar como zona crítica com erosão e assoreamento de seu lago. No entanto, indica como solução apenas seu monitoramento e desassoreamento, quando necessário. Este trabalho teve como objetivo estimar a perda de solo por erosão laminar na bacia do parque, por meio da Equação Universal de Perdas de Solo (EUPS). O valor de perda de solo encontrado fora de 85,2688 t/ha. ano, o que classifica a erosão como sendo de média a forte. Assim, entende-se que são necessárias a implementação de práticas conservacionistas de manejo do solo para redução da erosão e que, unicamente, o desassoreamento do lago não é capaz de solucionar a totalidade dos problemas.

PALAVRAS-CHAVE: Parque Cesamar; perda de solo; erosão laminar.

ABSTRACT

The Palmas – TO Basic Sanitation County Plan highlights the Parque Cesamar as critical zone with erosion and silting of its lake, however, it indicates as solution only its monitoring and desilting when necessary. This work has as objective to estimate the soil loss through laminar erosion at the park basin, by using the Universal Soil Loss Equation (USLE). The value of soil loss found was 85.2688 t/ha.ano, which classifies its erosion as average to strong. Thus, it is understood that conservative practices of soil management are necessary to be implemented for reducing the erosion and only the lake desilting is not able to solve all the problems.

KEYWORDS: Parque Cesamar; soil loss; laminar erosion.

INTRODUÇÃO

Boa parte dos sedimentos transportados em cursos d'água provém de processos erosivos do solo em sua bacia hidrográfica, que contribuem para a retirada dos nutrientes presentes e impactam diretamente a produção agrícola, conforme aponta Righetto (1998). Além disso, estes sedimentos provocam o fenômeno de assoreamento, impactando corpos hídricos e reservatórios, na medida em que reduzem sua vida útil e a capacidade de armazenamento (BAGHERZADEH, 2014).

Segundo Gernani et al. (1995), os processos erosivos se dividem, resumidamente, em laminares e lineares. Os autores definem que os processos laminares, foco deste trabalho, ocorrem progressivamente pela remoção e carreamento das partículas de solo por meio do escoamento difuso das águas de chuva.

Estes fenômenos podem ser estudados por meio de coletas diretas do material erodido ou indiretamente, com o auxílio de modelos matemáticos. Associados às técnicas de geoprocessamento, faz-se possível analisar

¹ **Frederico Coli Mendes.** Universidade Federal do Tocantins. E-mail: fcolimendes@gmail.com. (63) 98406-0331.

² **Hugo Lopes Pereira.** Universidade Federal do Tocantins. E-mail: hugolp.eng@gmail.com. (63) 98148-7222

³ **Joel Zukowski.** Universidade Federal do Tocantins. E-mail: zukowski@uft.edu.br. (63) 8402-5881
Correspondência: Quadra 704 S N, Alameda 05, Lote 08, Plano Diretor Sul, Palmas, TO. CEP: 77022-334.

especialmente estes fenômenos, de maneira a auxiliar o correto planejamento de ações para uso e ocupação do solo, além de indicar as localidades que apresentam necessidade de maior controle ao processo erosivo (ALVES, 2000). A autora destaca, ainda, a utilização da Equação Universal de Perda de Solo (EUPS), de Wichmeier e Smith (1978), para a espacialização em sistemas de informação geográfica de maneira a permitir a análise erosiva laminar.

Neste sentido, o Plano Municipal de Saneamento Básico de Palmas - PMSB (PALMAS, 2014), em seu Anexo III, destaca tópico exclusivo para tratar sobre as “Zonas Críticas com Erosão e Assoreamento” na cidade, dentre elas, o Parque Cesamar. Este parque fora inaugurado em 1998, contando com 6km de perímetro e uma barragem de 150m de comprimento e 12m de altura, responsável pela formação de um espelho d’água de 15,45ha e 2m de profundidade (OLIVEIRA, 1998).

Apesar de indicar o problema de assoreamento do lago do parque, o PMSB (PALMAS, 2014) aponta como causador do mesmo apenas o processo erosivo na entrada das águas do Córrego Brejo Comprido, principal afluente, realizada por meio de três galerias de 3m sob a Avenida NS-10, não sendo apontados estudos do potencial erosivo por processos laminares em sua bacia. O entorno do parque é altamente urbanizado e com solo impermeabilizado, além de sofrer com desmatamento de suas margens e desmoronamento de taludes, como aponta o próprio plano. No entanto, como alternativa ao problema de assoreamento, o referido plano recomenda apenas o seu monitoramento e dragagens, quando necessárias.

Ao encontro dessas recomendações, a Prefeitura Municipal de Palmas realizou obras de desassoreamento após realização de licitação com valor orçado pela administração de R\$ 1,23 milhões (PALMAS, 2014). No entanto, logo após a execução das obras, as denúncias relativas ao assoreamento do lago continuaram.

Os fatos elencados acima manifestam a necessidade de aprofundar a investigação sobre as causas deste assoreamento. Assim, este trabalho possui como objetivo estimar a perda de solo devido à erosão laminar na bacia do Parque Cesamar, em Palmas-TO, por meio da aplicação da Equação Universal de Perdas de Solo (EUPS) com o auxílio de ferramentas de geoprocessamento.

MATERIAL E MÉTODOS

A metodologia adotada foi a de cálculo da perda de solo através da Equação Universal de Perdas de Solo com a utilização dos Softwares: GRASSGIS, QGIS, Arc GIS; Modelos Digitais de Elevação SRTM (30 m) SRTM (90 m) e ASTER GEDEM; e imagens de satélite.

Equação Universal da Perda de Solo

Para se estimar a perda de solo na bacia do Parque Cesamar utilizou-se a Equação Universal de Perda de Solo (EUPS). Esta equação fora desenvolvida por Wichmeier e Smith (1978) e calcula a perda de solo para uma determinada localidade por meio do produto de seis fatores, dispostos na equação abaixo:

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

Onde:

A = perda de solo, em t/ha.ano;

R = fator de erosividade de chuva, em MJ.mm/ha.h.ano

K = fator de erodibilidade do solo, em t.h/MJ.mm

- L = fator comprimento de rampa, adimensional;
- S = fator de declividade, adimensional;
- C = fator de uso e manejo do solo, adimensional;
- P = fator de práticas conservacionistas, adimensional;

Base Cartográfica e softwares utilizados

A base cartográfica necessária à elaboração do estudo compõe-se de imagem do satélite SPOT 5, com resolução de 2,5m datada de 2011, modelos digitais de elevação (MDEs), *Shuttle Radar Topograph Mission* (SRTM), resolução de 90m e 30m, e *Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer Global Digital Elevation Model* (ASTER GDEM). Além das imagens, utilizou-se dos softwares Quantum GIS 2.14.1 (QGIS) e seu complemento GRASS GIS 6.4.3 para delimitação da bacia de interesse, SAGA GIS para cálculo do fator L*S, *ArcGIS 10.1* para classificação supervisionada do uso e ocupação do solo e geração de mapas, bem como o Hidro 1.2 para extração de dados pluviométricos.

Delimitação da bacia hidrográfica de interesse

Para a delimitação da bacia hidrográfica em estudo fez-se uso da carta do MDE SRTM 90m. A escolha deste MDE se deu devido ao menor número de células espúrias comparadas aos MDEs SRTM 30m e ASTER GDEM para essa localidade, indicando-o como mais consistente para este fim. O software utilizado fora o QGIS, equipado com o complemento GRASS GIS 6.4.3.

De posse do MDE SRTM 90m, procedeu-se com seu carregamento no QGIS. O próximo passo foi criar uma localização no módulo GRASSGIS de forma que contemplasse os limites dos mapas rasters: [-11,0°; -10,0°] Norte e [-49,5°; -48,0°] Leste. Então, procedeu-se com a execução da seguinte rotina de comandos do referido módulo:

- 1 *r.in.gdal*: para importar o raster SRTM carregado para a região do GRASSGIS;
- 2 *r.fill.dir*: para o preenchimento automático das falhas do MDE, gerando um MDE consistente;
- 3 *r.watershed*: este comando gera as superfícies necessárias para a análise hidrológica e para os comandos subsequentes, utilizando o mapa de elevação consistente, fornecendo os mapas de acumulação e drenagem;
- 4 *r.stream.extract*: este comando faz a extração da rede de drenagem;
- 5 *r.water.outlet*: delimita a bacia hidrográfica para o exutório selecionado – barragem do lago do Parque Cesamar;
- 6 *r.to.vect.area*: utilizou-se esta ferramenta para converter os mapas gerados para um formato de vetor, neste caso, o *shapefile* para posterior manipulação no *ArcGis 10.1*; e
- 7 *r.to.vect.line*: utilizou-se esta ferramenta para converter o mapa dos segmentos de fluxo - rede de drenagem, geradas anteriormente, para um formato de vetor, também o *shapefile*.

Determinação do fator de erosividade da chuva – R

Para o cálculo do fator R, fora utilizada a equação proposta por Lombardi Neto e Moldenhauer (1992), empregada em vários estudos de erosividade no Brasil (BAPTISTA, 1997; FERRAZ et al., 2013; BORGES, 2009; PRADRO E NÓBREGA, 2005). A referida equação é definida por:

$$EI = 68,730 * \left(\frac{p^2}{P}\right)^{0,841} \quad (2)$$

Onde:

EI = média mensal do índice de erosão em MJ.mm/ha.h.ano;

p = precipitação média mensal em milímetro;

P = precipitação média anual em milímetro.

O fator R é dado, então, pelo somatório dos valores mensais do índice de erosão EI. Como observa-se pela equação, faz-se necessário a utilização de dados de chuva. Para o caso em estudo, optou-se pela estação Taquarussu do Porto (01048005), com dados disponíveis via consulta ao portal *HidroWeb* da Agência Nacional de Águas (ANA). Esta estação fora selecionada por estar inserida próximo à bacia em estudo e conter série histórica razoável (20 anos). Wichmeier e Smith (1978) recomendam dados para pelos menos 20 à 25 anos. O software *Hidro 1.2*, também da ANA, possibilitou a extração e manipulação destes dados.

Determinação do fator de erodibilidade do solo – K

Para a determinação do fator K, optou-se pela tabela elaborada por Miller (1994). Ela leva em consideração a classe de textura do solo e a quantidade de matéria orgânica. Estas características foram obtidas por meio do projeto de Ramos et al. (2009), realizado na Bacia do Córrego Machado, também situado no Município de Palmas, TO. A Tabela 1 apresenta os valores citados anteriormente.

Tabela 1 – Fator K de erodibilidade do solo

TEXTURA	MATÉRIA ORGÂNICA (%)		
	0,5	2	4
Arenosa fina	0,07	0,06	0,04
Arenosa muito fina	0,19	0,16	0,13
Areno-francosa	0,05	0,04	0,04
Areno-argilosa muito fina	0,20	0,17	0,13
Franco-arenosa	0,12	0,11	0,08
Franco-arenosa muito fina	0,21	0,18	0,15
Franco-siltosa	0,21	0,19	0,15
Franco-argilosa	0,13	0,11	0,09
Franco-argilo-siltosa	0,17	0,14	0,12
Argilo-siltosa	0,11	0,10	0,08

Fonte: Traduzido de (MILLER, 1994)

Determinação do fator topográfico – L*S

Conforme explica Salgado et al. (2011), os dados SRTM e ASTER GEDEM possibilitam estimativas do fator topográfico com resultados semelhantes aos obtidos por meio de MDE derivados de dados cartográficos com escala 1:10.000. Desta forma, o fator topográfico pode ser estimado de forma padronizada, com base nos dados de sensoriamento remoto disponíveis para o território nacional. Além disso, Desmet e Govers (1996) explicam que a estrutura matricial dos MDEs favorece a manipulação dos dados altimétricos, facilitando os cálculos das variáveis topográficas utilizadas na modelagem da erosão.

Ao contrário dos métodos tradicionais para determinação do fator LS, na sequência em que se estabeleceram, Williams & Berndt (1977); Moore, Burch (1986), McCool et al. (1987, 1989); Foster, Wischmeier (1974); citados por Minella et al. (2010) afirmam que o cálculo do fator topográfico utilizando MDEs é mais eficiente quando aplicada para cada célula do modelo.

A partir dos valores de elevação é determinado o valor de declividade, de direção de fluxo, da área acumulada e da área de contribuição específica para cada célula. Dessa forma, os resultados do fator LS obtidos para a bacia, pelos métodos de representação espacial, fornecem um conjunto de valores de LS distribuídos na área conforme a variabilidade da elevação do terreno.

Para fins de verificação da maior adequabilidade estatística, primeiramente procedeu-se com o cálculo da inclinação, realizado pelo módulo *slope*, *aspect*, *curvature* e pelos métodos de Zevenbergen e Thorne (1987) e Tarboton (1997) - já disponíveis no software, aplicados para cada MDE. De posse destes dados, calculou-se a área de captação para as bacias por meio do módulo *catchment area*. Em seguida, calculou-se o fator LS pelos métodos de Moore et al. (1991) e de Boehner e Selige (2006), para cada MDE e inclinação previamente obtida.

Determinação do fator de uso e manejo do solo – C

Segundo Tomaz (2012), inicialmente o fator C era apresentado apenas para as diferentes culturas agrárias e, posteriormente, fora expandido para os demais usos. A Tabela 2, fornecida pelo autor, apresenta valores para esse fator.

Tabela 2 – Fator de práticas de uso da terra

Uso geral da Terra	C
Plantações	0,080
Florestas virgens (C tende a 0,001)	0,0001
Pastagens	0,010
Vegetação natural	0,100
Florestas	0,005
Agricultura de Café	0,200
Terras urbanas	0,010
Área desnuda (C tende 1,00) e Outros	1,000
Gramados	0,001

Fonte: Adaptado de Tomaz (2012)

Os diferentes usos do solo da bacia em estudo foram obtidos por meio de classificação supervisionada da imagem SPOT. Segundo Beluco (2002), nesta classificação, o operador seleciona alguns *pixels* da imagem com cores representativas das classes de solo a serem identificadas e, após isso, o *software* classifica os demais *pixels* da imagem baseado na amostra identificada de acordo com uma regra estatística pré-determinada. Para isso, utilizou-se do *software* ArcGIS 10.1 associado ao método estatístico da máxima verossimilhança.

Determinação do fator de práticas conservacionistas – P

Righetto (1998) indica como práticas conservacionistas do solo as técnicas de terraceamento, faixas de contorno niveladas e cordões de vegetação, salientando que a utilização delas pode reduzir consideravelmente a perda de solo. No presente

estudo, tais práticas não foram identificadas, de maneira que se considerou o fator P como unitário.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Fator R

A partir das médias mensais e anuais da estação Taquarussu do Porto (01048005), obteve-se valor R equivalente a 9501,473 MJ.mm/ha.h.ano. Este valor é considerado alto quando comparado ao de alguns trabalhos realizados em outras localidades do país. A Tabela 3, a seguir, apresenta uma comparação com resultados de outros autores.

Tabela 3 – Comparação de resultados para fator R de erosividade

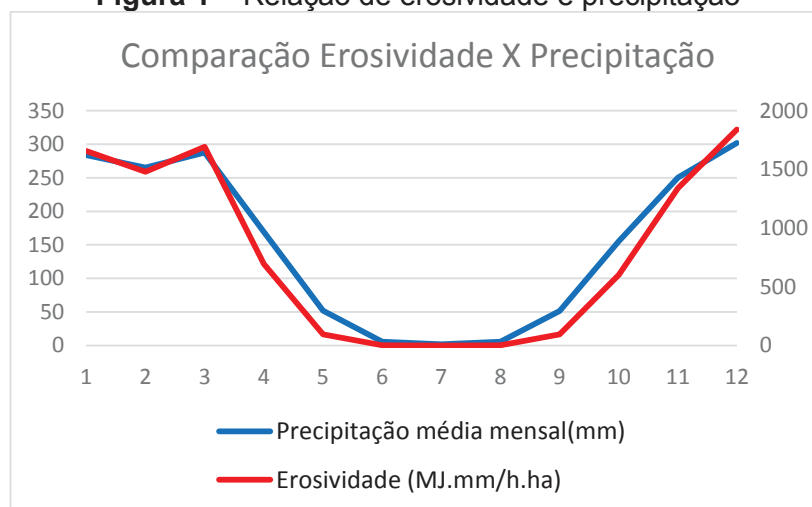
Localidade	R (MJ.mm/ha.h.ano)	Autor
Bacia do Alto Taquari Pantanal Matrogrossense (MT e MS)	6586,1 ~ 8682,8	Galdino et al (2004)
Bacia do Rio São Bartolomeu - DF	6932,3 ~ 8609,5	Marisa Alves (2010)
Município de Paraíso das Águas - MS	10429,0 ~ 11425,0	Barbosa et al (2015)
Bacia do Rio Corumbataí - SP	6298,3 ~ 7351,3	Ferras et al (2013)
Bacia do Córrego Ipiranga - PR	7368,1	Prado e Nobrega (2005)
Bacia do Rio Suiá-Miçu - MT	8576,3	Maeda (2008)

Fonte: Autoria própria

Ainda, podemos comparar este resultado com os apresentados por Foster et al. (1981) para os Estados Unidos. Estes autores indicam que valores de R superiores a 8.000 MJ.mm/ha.h.ano podem ser considerados elevados.

Outra análise importante é observar o período anual em que a erosividade se apresenta de maneira mais acentuada. Para a bacia analisada, observam-se claramente, por meio da Figura 1, os altos valores de erosividade entre os meses de novembro e março, os quais concentram cerca de 76% da precipitação total anual para a estação estudada.

Figura 1 – Relação de erosividade e precipitação



Fonte: Autoria própria

Embora a erosividade tenha destaque nos meses supracitados, entende-se que este é o período no qual há maior cobertura vegetal e, conseqüentemente, proteção da bacia à erosão laminar.

Assim, para uma melhor apreciação desta variação durante o ano seria necessária uma análise minimamente mensal da variação de cobertura do solo e dos fatores dependentes desta – C e P.

Fator L*S

Os resultados obtidos para o valor médio do fator LS são apresentados na Tabela 4, com respectivo MDE e o método de cálculo utilizado.

Tabela 4: Resultados obtidos para cálculo do fator LS

MDE	Método para inclinação	Método para LS	LS máx	LS min	Amplitude	Desvio	LS med
SRTM 90	Zevenbergen e Thorne (1987)	Moore et al. (1991)	20,36	0,00	20,36	4,95	3,14
		Boehner e Selige (2006)	30,57	0,06	30,51	7,59	3,65
	Tarboton (1997)	Moore et al. (1991)	20,36	0,00	20,36	5,11	3,08
		Boehner e Selige (2006)	31,84	0,06	31,78	8,07	3,66
SRTM 30	Zevenbergen e Thorne (1987)	Moore et al. (1991)	16,90	0,00	16,90	4,70	2,7
		Boehner e Selige (2006)	25,00	0,06	24,94	6,46	3,01
	Tarboton (1997)	Moore et al. (1991)	17,03	0,00	17,03	4,26	2,7
		Boehner e Selige (2006)	25,00	0,06	24,94	6,78	3,06
ASTER	Zevenbergen e Thorne (1987)	Moore et al. (1991)	16,32	0,18	16,14	3,90	3,05
		Boehner e Selige (2006)	24,00	0,15	23,85	6,00	3,27
	Tarboton (1997)	Moore et al. (1991)	17,00	0,38	16,62	4,16	3,66
		Boehner e Selige (2006)	26,28	0,36	25,92	6,70	4,01

Fonte: Autoria própria

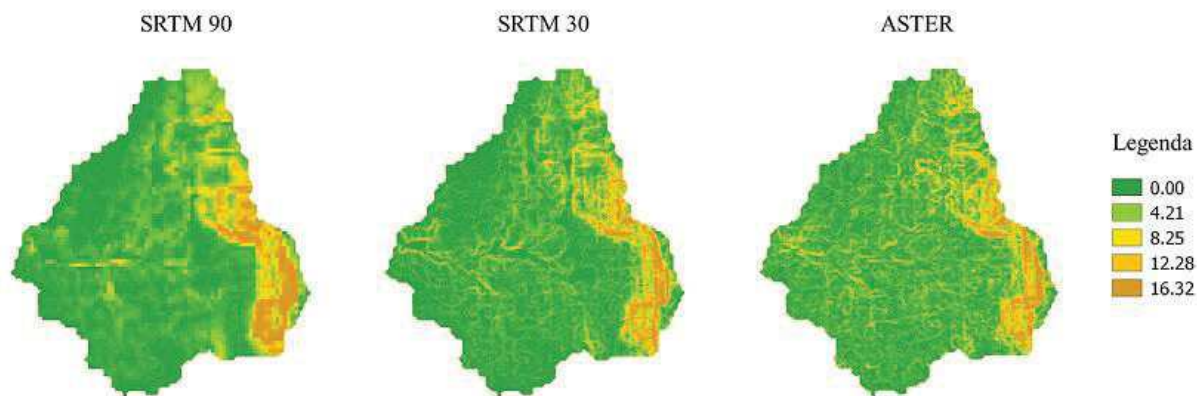
Os resultados para os MDEs com resolução de 30m obtiveram desvio e amplitudes com valores reduzidos quando comparados ao SRTM de 90m. Isso se deve ao número de 3.928 células claramente menor deste último, contra 35.392 e 35.489 para o SRTM 30m e ASTER, respectivamente.

Percebe-se que os resultados mais consistentes foram obtidos por meio do método de cálculo de inclinação de Zevenbergen e Thorne (1987) e de cálculo de LS de Moore et al. (1991). Estes métodos retornaram valores com menores amplitudes e desvio-padrão, sugerindo maior adequabilidade em torno da média. Além disso, destaca-se o MDE ASTER GEDEM como o que permitiu o melhor ajuste.

Considerando o valor mais adequado para o fator LS de $3,05 \pm 3,90$, este valor é relativamente alto e serve para explicar a frequência de assoreamento do lago do Parque Cesamar. Além disso, percebe-se elevado desvio padrão independentemente do método de cálculo, devido à grande desconformidade do relevo da bacia.

A Figura 2 representa a distribuição espacial dos valores de LS nos três MDEs, calculados por meio dos métodos de Zevenbergen e Thorne (1987) e Moore et al. (1991), que apresentaram menores desvios e amplitudes. Esta distribuição já se encontra na bacia delimitada obtida conforme descrito na metodologia.

Figura 2 - Distribuição espacial dos melhores valores de LS calculados por MDE



Fonte: Autoria própria

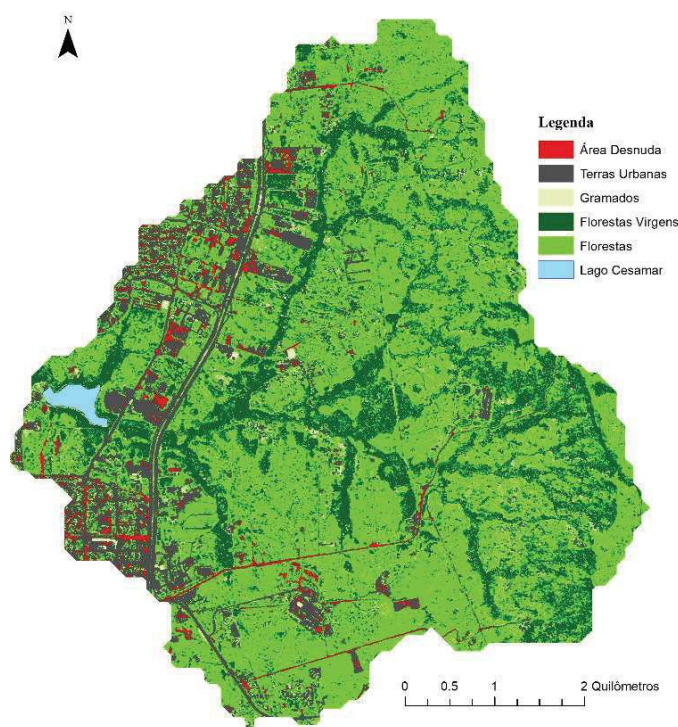
Fator CP

As características de uso, manejo e práticas conservacionistas foram analisadas de maneira conjunta, haja vista a consideração do valor unitário para o fator P. Isto se deve à não identificação de técnicas agrícolas que propiciem maior proteção à erosão laminar do solo.

Para a obtenção do fator C, primeiramente, realizou-se uma classificação supervisionada do uso e manejo do solo da bacia em estudo. A opção pela classificação supervisionada em detrimento da não supervisionada se deu, principalmente, pela alta resolução da imagem, que facilita a clara identificação das diferentes parcelas de uso do solo.

Foram identificados pontos espacialmente dispersos e que representavam os 5 usos preponderantes identificados, além do lago do parque, quais sejam: área desnuda, terras urbanas, gramados, florestas virgens, florestas, água – espelho do lago. A Figura 3, a seguir, apresenta o mapa de classificação resultante.

Figura 3 – Mapa de classificação de uso do solo



Fonte: Autoria própria

De posse do mapa de uso do solo classificado, calculou-se as áreas delimitadas para cada uso a fim de se obter a média ponderada dos valores de C, que resultou em 0,0216. O baixo valor de C se deve às grandes áreas ainda preservadas na bacia, classificadas como florestas virgens e florestas. As terras urbanas representam pequena parcela de aproximadamente 15,85% da bacia. Os valores citados podem ser conferidos na Tabela 5.

Tabela 5 – Cálculo do fator C de uso e manejo do solo

Classificação	C	Área (m ²)	C*Área
Área Desnuda	1	571.766,7295	571.766,7
Terras Urbanas	0.01	5.234.576,58	52.345,77
Gramados	0.001	2.070.803,576	2.070,804
Florestas Virgens	0.0001	7.833.806,021	783,3806
Florestas	0.005	17.160.041,01	85.800,21
Água	0	158.155,5582	0
TOTAL		33.029.149,47	712.766,9
		$C_{ponderado}$	0.02158
		% Terra Urbana	0.158484

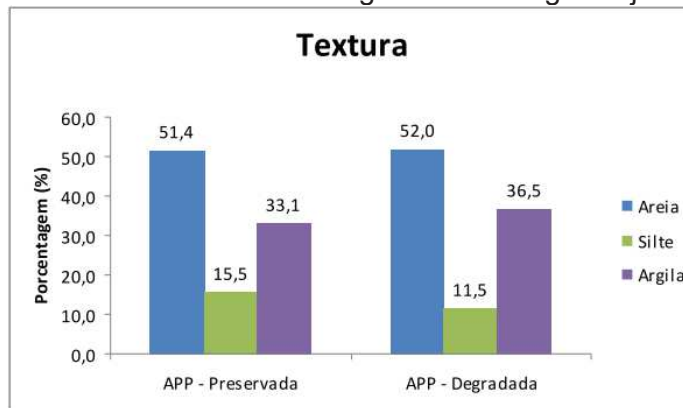
Fonte: Autoria própria

É importante destacar, como aponta Borges (2009), que os fatores C e P são diretamente relacionados com o uso do solo e sua cobertura vegetal, de maneira que variam na medida em que a ocupação e exploração das áreas se modificam. Assim, é importante que se utilize de imagens as mais atuais possíveis. Neste trabalho, optou-se por utilizar imagem datada de 2011, o que pode acarretar em variações para estes fatores comparando-os a levantamentos mais recentes.

Fator K

O trabalho de Ramos et al. (2009) apresenta a textura do solo às margens do Córrego Machado, situado também em Palmas, ao Sul do Córrego Brejo Comprido, que se enquadra em uma classificação de areia-argilosa. Pode-se depreender esta informação por meio da Figura 4, a seguir, elaborada pelos autores citados.

Figura 4 – Textura do solo às margens do Córrego Brejo Comprido



Fonte: Ramos et al. (2009)

Além da textura, o trabalho apresenta valores para matéria orgânica na Área de Preservação Permanente do Córrego. Estes valores foram de 2,38% e 2,09% para as áreas preservadas e degradadas, respectivamente. Assim como para a textura, a degradação do solo não imputou alterações representativas na quantidade de matéria orgânica. De posse dessas informações foi possível, por meio da tabela de Miller (1994), determinar os valores de K, após as necessárias interpolações.

Para a ponderação de K foram consideradas áreas preservadas as classificadas no mapa de uso do solo como florestas e florestas virgens, que resultaram em valor K de 0,1624. Os gramados e área desnuda foram enquadrados como áreas degradadas, já que não apresentam fonte de renovação de matéria orgânica, retornando um valor K de 0,1682. Para terras urbanas adotou-se valor de K como nulo, pois não há erosão em áreas consideradas impermeáveis, mesmo raciocínio utilizado para a área correspondente ao lago.

Assim, o valor de K ponderado pelas áreas descritas acima foi de 0,1364, expressivamente maior que o encontrado por Baptista (1997) e Alves (2000) para o Distrito Federal. Isto pode explicar, em partes, o assoreamento do lago, ou indicar falhas na coleta dos dados para estimativa de K. É importante salientar que para um resultado mais preciso, dados da textura e matéria orgânica precisariam ser obtidos em uma quantidade de pontos maior, de maneira a representar mais fielmente o solo da área estudada. Entende-se que o maior prejuízo não está, especificamente, em se utilizar de um dado coletado às margens de outro córrego, já que estes valores não devem variar muito para a mesma região, mas o conteúdo de matéria orgânica provavelmente apresentaria discrepâncias se coletado em áreas desnudadas na bacia em estudo.

Estimativa da Perda de Solo Anual

Pelo produto dos fatores calculados pode-se obter a perda de solo para a bacia de contribuição do Parque Cesamar, cujo valor fora de 85,2688 t/ha.ano. Para fins de comparação, a Tabela 6 apresenta a classificação dada por Carvalho *apud* Borges (2009).

Tabela 6 – Classificação de perda de solo

Taxa de perdas de solo (t/ha.ano)	Interpretação
<10	Nula a pequena
10 - 15	Moderada
15 - 20	Média
50 - 120	Média a forte
120 - 200	Forte
> 200	Muito forte

Fonte: Carvalho apud Borges (2009)

Observa-se que o valor encontrado se enquadra na classificação de média a forte, reforçando que o assoreamento do lago pode ser explicado, em boa parte, pelo processo de erosão laminar que ocorre em sua bacia. Assim, não se mostram eficazes as práticas recomendadas pelo PMSB (PALMAS, 2014) que indicam apenas o monitoramento e desassoreamento.

É importante destacar que boa parte da área da bacia ainda é coberta por vegetação nativa, como pode se observar no mapa de uso do solo. Isso indica uma sensibilidade à erosão laminar para a área, já que mesmo com essa cobertura o valor de erosão fora significativa.

Desta maneira, para uma redução e prevenção da erosão laminar, recomenda-se as práticas elencadas por Righetto (1998) para manejo de solo, como a criação de cordões de vegetação permanente. Estas práticas poderiam reduzir a perda de solo total na medida em que reduzem o valor do fator P, aqui considerado como unitário.

Por fim, pode-se afirmar que o principal resultado obtido por esta pesquisa foi o valor de perda de solo encontrado, de 85,2688 t/ha.ano, o que classifica a erosão como média a forte.

CONCLUSÃO

Por meio da utilização da Equação Universal de Perda de Solo (EUPS) e ferramentas de geoprocessamento foi possível estimar a perda de solo da bacia de contribuição do Parque Cesamar, cujo valor encontrado fora 85,2688 t/ha.ano. Este valor se enquadra como erosão média a forte segundo a classificação de Carvalho *apud* Borges (2009), contribuindo para o entendimento que a erosão laminar é uma das responsáveis para o assoreamento do lago do parque.

Identificou-se como fator de representativa contribuição a erosividade - fator R e a topografia – fator LS, que não são passíveis de grande controle antrópico. Como a bacia encontra-se, em boa parte, ainda coberta por vegetação – fator C, recomenda-se a adoção de práticas conservacionistas - fator P, como forma de reduzir a necessidade de desassoreamento do lago.

Além disso, indica-se, para elaboração de trabalhos futuros, a análise de imagens mais recentes, como forma de realizar estimativas de perda de solo mais fidedignas. A utilização de levantamentos batimétricos do lago para previsão de seus níveis de assoreamento também se faz interessante às demais pesquisas.

REFERÊNCIAS

ALVES, M. **Estimativa da perda de solo por erosão laminar na bacia do rio são bartolomeu-df usando técnicas de geoprocessamento.** 2000. Disponível em:

<<http://www.dpi.inpe.br/cursos/ser300/Trabalhos/mariza.pdf> >. Acesso em: 13 jun. 2016

BAGHERZADEH, A. Estimation of soil losses by USLE model using GIS at Mashhad plain, Northeast of Iran. **Arabian Journal of Geosciences**, v. 7, n. 1, p. 211–220, 2014.

BAPTISTA, G. M. DE M. **Diagnóstico Ambiental da perda laminar de solos, no Distrito Federal, por meio do geoprocessamento**. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos) - Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 1997.

BELUCO, A. **Classificação de imagens de sensoriamento remoto baseada em textura por redes neurais**. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto - Classificação Digital de Imagens) - Centro Estadual de Pesquisa em Sensoriamento Remoto e Meteorologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2002.

BOEHNER, J.; MCCLOY, K. R.; STROBL, J. AGA - **Analysis and Modelling Applications**, v. 115, p. 13-27, 2006.

BORGES, K. M. R. **Avaliação da susceptibilidade erosiva da Bacia do Rio Carinhonha (Mg / Ba) por meio da EUPS: Equação Universal de Perda de Solos**. Dissertação (Mestrado em Gestão Ambiental e Territorial) - Departamento de Geografia, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2009.

DESMET, P. J. J.; GOVERS, G. A. **GIS procedure for automatically calculating the USLE LS factor on topographically complex landscape units**. *Journal of Soil and Water Conservation*, v. 51, p. 427-433, 1996.

FERRAZ, S. F. DE B. et al. Simulação de perdas de solo em função de cenários de adequação ambiental em micro bacias agrícolas. **Scientia Forestalis**, v. 41, n. 98, p. 271–282, 2013.

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.

GERNANI, C. et al. Drenagem Urbana. In: **Drenagem Urbana**. Porto Alegre, RS: Editora da Universidade/UFRGS, 1995. p. 349 – 385.

LOMBARDI, F. N.; MOLDENHAUER, W. C. Erosividade da chuva: sua distribuição e relação com as perdas de solo em Campinas (SP). **Bragantia**, v. 51, n. 2, p. 189–196, 1992.

MILLER, S. **Handbook for agrohydrology**. Chatam, UK: Natural Resources Institute, 1994.

MINELLA, J. P. G.; MERTEN, G. H.; RUHOFF, A. L. **Utilização de métodos de representação espacial**. *R. Bras. Ci. Solo*, v. 34, p. 1455-1462, 2010.

MOORE, I. D.; GRAYSON, R. B.; LADSON, A. R. **Digital terrain modelling: a review of hydrological, geomorphological, and biological.** Hydrological Processes, v. 5, n. 1, 1991

OLIVEIRA, W. L. de M. **Estudo crítico sobre o eia/rima do parque Cesamar com relação às medidas mitigadoras previstas após a sua implantação.** 1998. 90f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental). Universidade Federal do Tocantins, Palmas, 1998.

PALMAS. **Plano Municipal de Saneamento Básico de Palmas - TO.** Palmas: Prefeitura Municipal de Palmas: Secretaria de Assuntos Jurídicos, 2014. v. III.

PRADO, J. P. B. DO; NÓBREGA, M. T. DE. Determinação de perdas de solo na bacia hidrográfica do córrego Ipiranga em Cidade Gaúcha, Estado do Paraná, com aplicação da Equação Universal de Perdas de Solo (EUPS). **Acta Scientiarum Technology**, v. 27, n. 1, p. 33–42, 2005.

RAMOS, F. DE O. et al. **Avaliação da fertilidade dos solos em áreas preservadas e degradadas as margens do Córrego Machado no Município de Palmas.** Estudo de Caso. Disponível em: http://www.catolicato.edu.br/portal/portal/downloads/docs_gestaoambiental/projetos2009-2/3-periodo/Avaliacao_da_fertilidade_dos_solos_em_areas.pdf. Acesso em: 04 jun. 2016.

RIGHETTO, A. M. **Hidrologia e Recursos Hídricos.** São Carlos: EESC/USP, 1998.

SALGADO, M. P. G.; FORMAGGIO, A. R.; RUDOFF, B. F. T. **Modelos digitais de elevação aplicados ao cálculo do fator topográfico bidimensional.** Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Curitiba, p. 1381, maio 2011.

SECRETARIA DE PLANEJAMENTO E GESTÃO. **Edital de tomada de preços nº 001/2014:** 2ª publicação. Palmas, 2014.

TARBOTON, D. G. **A New Method for the Determination of Flow Directions and Contributing Areas in Grid Digital Elevation Models.** Water Resources Research, v. 33, p. 309-319, 1997.

TOMAZ, P. RUSLE - Equação revisada universal de perda de solo. In: TOMAZ, E. P. (Ed.). **Curso de Manejo de Águas Pluviais.** Disponível em: http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/Novos_livros/livro_transporte_sedimentos/capitulo23.pdf. Acesso em: 02 jun. 2016.

WICHMEIER, W. H.; SMITH, D. D. **Predicting rainfall erosion losses - a guide to conservation planning.** Washington: U.S Department of Agriculture, 1978.

ZEVENBERGEN, L. W.; THORNE, C. R. **Quantitative analyses of land surface topography.** Earth surface processes and landforms, v. 12, p. 47-56, 1987.