

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS
ENGENHARIA AMBIENTAL

MAYRA MITIE ISHIZUKA

Cálculo do fator de erodibilidade para Neossolo Quartzarênico sob chuva natural

São Carlos
2016

MAYRA MITIE ISHIZUKA

Cálculo do fator de erodibilidade para Neossolo Quartzarênico sob chuva natural

Monografia apresentada à Escola de Engenharia
de São Carlos da Universidade de São Paulo,
visando à obtenção do título de Engenheira
Ambiental

Orientador: Prof. Titular Edson Wendland

São Carlos
2016

AUTORIZO A REPRODUÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTA TRABALHO,
POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS
DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

I79c Ishizuka, Mayra Mitie
Cálculo do fator de erodibilidade para neosolo
quartzarênico sob chuva natural / Mayra Mitie Ishizuka;
orientador Édson Wendland. São Carlos, 2016.

Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental) --
Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de
São Paulo, 2016.

1. Fator K. 2. Perdas de solo. 3. Equação universal
de perdas de solo (EUPS). I. Título.

FOLHA DE JULGAMENTO

Candidato(a): **Mayra Mitie Ishizuka**

Data da Defesa: 24/10/2016

Comissão Julgadora:

Resultado:

Edson Cesar Wendland (Orientador(a))

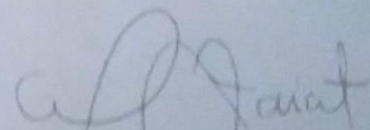
Aprovada

Luisa Fernanda Ribeiro Reis

Aprovada

Jamil Alexandre Ayach Anache

APROVADA



Prof. Dr. Marcelo Zaiat

Coordenador da Disciplina 1800091- Trabalho de Graduação

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos aqueles que de alguma maneira me apoiaram e incentivaram na realização desta monografia.

Agradeço primeiramente aos meus pais, Jorge e Elza, que nunca hesitaram em proporcionar todas as condições necessárias para minha educação, e cuja força de vontade sempre foi meu estímulo para viver. Às minhas irmãs Mariane e Tamylin, que são verdadeiros anjos da guarda, que me ensinam, me protegem e me ajudam desde criança.

À toda equipe do Departamento de Hidráulica e Saneamento, em especial, ao Prof. Edson Wendland, pela confiança no processo de definição e orientação.

Agradeço imensamente ao Doutorando Jamil Anache, pelo convívio, pelo estímulo, pelo compartilhamento de seus conhecimentos, pois, além de permitir que eu participasse de sua pesquisa, teve paciência me auxiliando em todos os momentos que precisei de ajuda mesmo estando em outro país.

A todo corpo docente e funcionários do curso de Engenharia Ambiental da Escola de Engenharia de São Carlos, pelo compromisso profissional e fundamental contribuição para a minha formação.

À Livia M. P. Rosalem, do Laboratório de Hidráulica Computacional, por me ajudar com as viagens para as visitas de campo à Fazenda São José, bem como pela realização da medição do escoamento e pesagem das amostras de solo em campo.

A todos meus amigos da ambiental 011, com quem convivi os últimos seis anos e vou levar para vida inteira. Em especial às minhas amigas parceiras Caroline Miyazaki, Maria Eduarda Simões Dias e Marina Gomes. Por fim, ao meu querido amigo Douglas Giaquinto. Vocês me proporcionaram luz e companheirismo, fatores fundamentais para minha graduação.

RESUMO

Ishizuka, M.M. **Cálculo do fator de erodibilidade para neossolo quartzarênico sob chuva natural**. 2016. 53f. Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2016.

A erosão do solo é um grave problema no Brasil, gerando impactos de ordem ambiental, social e econômica. Isso porque a supressão de sistemas naturais, como o cerrado brasileiro, pode ocasionar mudanças significativas no balanço hídrico e assoreamentos de rios e reservatórios. Dessa forma, as pesquisas sobre perdas de solo por erosão tem subsidiado e oferecido à sociedade brasileira conhecimentos para diferentes aplicações práticas de planejamento do uso da terra e para o desenvolvimento de sistemas agrícolas conservacionistas. Como o fenômeno da erosão está intimamente ligado à queda da produtividade agrícola, a compreensão do fenômeno ou o desenvolvimento de técnicas de recuperação do potencial produtivo, recaem sobre o processo erosivo. Dentre as variáveis utilizadas nos modelos de estimativa de perda de solo pela erosão hídrica, como a Equação Universal de Perda de Solos (USLE), a erodibilidade, representada pelo fator K, pode ser definida como o fator que exprime numericamente a suscetibilidade de um determinado solo sofrer erosão. Com esses antecedentes, objetivou-se quantificar experimentalmente o fator de erodibilidade de um solo exposto do tipo Neossolo Quartzarênico. O estudo foi desenvolvido no período de 4 anos em área experimental, localizada no município de Itirapina, inserido na macrorregião de Piracicaba, pertencente ao Estado de São Paulo. Utilizando dados de perda de solo em tanques coletores de escoamento superficial e de erosividade (EI_{30}) das chuvas naturais, no período de 2011 a 2015, calculou-se o fator de erodibilidade pelo quociente entre essas variáveis. Para tanto, foram utilizados valores de 144 eventos de chuvas e de 121 observações de perda de solo, obtidas em parcelas de 5,0 x 20,0 m desprovidas de vegetação. Utilizando o método dos mínimos quadrados, obteve-se $K=0,0032 \text{ Mg. ha. h. ha}^{-1}. \text{ MJ}^{-1}. \text{ mm}^{-1}$, interpretado como baixa erodibilidade.

Palavras-chave: Fator K. Perda de solo. Equação Universal de Perda de Solo (EUPS).

ABSTRACT

Ishizuka, M.M. **Erodibility factor estimation of an entisol under natural rain.** 2016. 53f. Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental) – Escola de Engenharia de São Carlos, Departamento de Hidráulica e Saneamento, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2016.

Soil erosion remains a serious problem in Brazil, causing environmental, social and economic impacts. Since the suppression of natural systems, such as the Brazilian cerrado, can cause significant changes in the water balance and also rivers and reservoirs silting. In this way, research on soil erosion losses have subsidized and offered to Brazilian society, knowledge for different practical applications to the management of land use and the development of conservation cropping systems.

As the erosion phenomenon is closely linked to the reduction of agricultural productivity, understanding this phenomenon or the development of recovery techniques of production potential points out to the erosive process. Among the variables used in the estimation models of soil loss by erosion, such as the Universal Soil Loss Equation (USLE), the erodibility represented by K factor can be defined as a factor that numerically expresses the erosion susceptibility of a particular soil. With all this background, the objective of this work was to experimentally quantify the erodibility factor of a bare soil with Quartzarenic Neosol (Typic Quartzipsamments). The study was developed in four years period in the experimental area, located in the municipality of Itirapina, inserted in the macro-region of Piracicaba, in the State of São Paulo. Using data from soil loss in collectors ponds and natural rainfall erosivity (EI_{30}) in the period from 2011 to 2015, the soil erodibility factor was calculated by the ratio between these variables. Therefore, it was used the values of 144 events of rainfall and 121 observations of soil losses, obtained in plots of 5.0 x 22.1 m without vegetation or superficial covering. Using the least squares method, it was provided $K = 0.0032 \text{ Mg. ha. h. ha}^{-1} \cdot \text{MJ}^{-1} \cdot \text{mm}^{-1}$, considered a low value for erodibility.

Keywords: Factor K. Soil loss. Universal Soil Loss Equation (USLE).

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 01. Localização da área de estudo (parcelas experimentais).....	14
Figura 02. Estação meteorológica instalada na área de estudo.....	15
Figura 03. Esquema de distribuição das parcelas de solo exposto.....	17
Figura 04. Uma das parcelas de solo exposto conectada aos coletores.....	18
Figura 05. Conjunto de caixas d'água e divisores para armazenamento de escoamento e sedimentos.....	18
Figura 06. Decantação das amostras de sedimentos finos provenientes das caixas.....	19
Figura 07. Gráfico de obtenção do fator topográfico para declividades uniformes.....	21
Figura 08. Erosividade média mensal das chuvas no período de 2011 a 2015, determinada pelo índice EI_{30}	24
Figura 09. Precipitação mensal e perda de solo correspondente.....	26
Figura 10. Valores mensais de erosão hídrica.....	27
Figura 11. Volume de escoamento mensal por parcela experimental.....	28
Figura 12. Valores anuais de erosão hídrica.....	29
Figura 13. Valores mensais e anuais de erosão hídrica.....	30
Figura 14. Dispersão entre A_o e A_c acumulados.....	30

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 – Análise granulométrica.....	15
Tabela 02 – Fator C áreas sem e com cobertura (palha, brita e lascas).....	22
Tabela 03 – Fator P para usos do solo.....	22
Tabela 04 – Interpretação do índice da erosividade anual no Brasil.....	25
Tabela 05 – Padrões de chuvas naturais avançadas, intermediárias e atrasadas de 2011 a 2015.....	26
Tabela 06 – Classes de valores e suas respectivas interpretações para erodibilidade dos solos.....	30
Tabela 07 – Valores mensais de erosividade das chuvas e valores médios mensais de perdas de solo.....	31

LISTA DE SIGLAS

C	Fator uso e manejo do solo
Cwa	Clima subtropical úmido
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
ha	hectare
IAC	Instituto Agronômico
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
K	Fator de erodibilidade
LS	Fator topográfico
P	Fator práticas conservacionistas
USDA	Departamento de Agricultura dos Estados Unidos
USLE	<i>Universal Soil Loss Equation</i>
R	Erosividade das chuvas
RQ _o	Neossolo Quartzarênico órtico
RUSLE	<i>Revised Universal Soil Loss Equation</i>
SCS	Serviço de Conservação do Solo

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. JUSTIFICATIVA	2
3. OBJETIVOS.....	3
3.1. Objetivo geral	3
3.2. Objetivos específicos.....	3
4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	4
4.1. Definição de erosão	4
4.1.1. Mecanismos da erosão.....	4
4.1.2. Medição da erosão em campo	5
4.2. USLE.....	7
4.2.1. Fator de erodibilidade.....	9
4.2.2. Erosividade.....	10
4.2.3. Fatores L e S.....	11
4.2.4. Fator C.....	12
4.2.5. Fator P	13
5. MATERIAIS E MÉTODOS	14
5.1. Caracterização da área.....	14
5.1.1. Caracterização do solo.....	14
5.2. Erosividade.....	15
5.3. Monitoramento de escoamento e erosão dos solos.....	17
5.4. Cálculo do Fator K	20
5.5. Cálculo do Fator LS	20
5.6. Cálculo do Fator C	21
5.7. Cálculo do Fator P.....	22
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO	24
6.1. Precipitações.....	24
6.2. Erosão dos solos	27
6.3. Fator de erodibilidade.....	29
7. CONCLUSÃO.....	32

REFERÊNCIAS	33
ANEXOS	36

1. INTRODUÇÃO

A produção agrícola e outras atividades econômicas que dependem do solo cada vez mais ocasionam a superutilização e o uso incorreto deste recurso natural. Especialmente em áreas dedicadas a culturas anuais, que em determinadas épocas do ano mantêm o solo exposto. A demanda agrícola, associada a épocas de ausência de cobertura vegetal, e a ocorrência de chuvas mais intensas acabam por acelerar os processos erosivos, resultando na alteração da qualidade da água e no assoreamento de rios e reservatórios (VALÉRIO FILHO, 1994).

Os estudos científicos sobre erosão do solo no país tem se fundamentado, desde a década de 1940, no conhecimento da dinâmica das águas das chuvas sobre o solo, quando se inicia o processo físico de desagregação, transporte e deposição de solo erodido (TELLES, 2012). Tal processo depende de diversos fatores, como o tipo de solo, relevo, cobertura vegetal, manejo e medidas de conservação do solo.

A erosão é um grande problema quando causa a degradação do solo, conseqüentemente levando a um declínio da produção agrícola, e quando produz sedimentos que geram efeitos no uso do solo, infraestrutura e qualidade da água (KINNEL, 2016). Isso porque a erosão remove a camada superficial fértil dos solos, resultando na perda de matéria orgânica, nutrientes e capacidade de armazenamento de água, causando um problema ambiental e econômico contínuo de proporções globais (FLANAGAN et al., 2013). Em escalas regionais, os problemas associados à erosão dos solos podem ser mitigados ao se estabelecer o manejo correto dos recursos naturais. Assim, estudos aprofundados sobre os processos erosivos em diferentes usos e coberturas do solo e as relações com o cenário hidrológico, que está em constante mudança, podem auxiliar na elaboração de novas estratégias para o manejo da erosão e a recuperação de áreas degradadas (ZUAZO et al., 2008).

Diferentes técnicas permitem estimar a erosão, sendo que a Equação Universal de Perda de Solo (*Universal Soil Loss Equation* - USLE), desenvolvida por Wischmeier e Smith (1965; 1978), é um modelo de predição que combina o tipo de manejo agrícola aplicado (plantio, resíduos de culturas anteriores, crescimento das plantas, entre outros) às propriedades do solo (classe de solo, estrutura, porosidade, capacidade de infiltração).

2. JUSTIFICATIVA

Segundo o IBGE (2002) a área de domínio agrícola do Estado de São Paulo chega a 51,02% de seu território. Desse modo, São Paulo mostra-se como um estado amplamente agrícola, além do uso do solo ser antigo e intenso, que suportou diversos ciclos de culturas que marcaram épocas. Como o fenômeno da erosão está intimamente ligado à queda da produtividade agrícola, muitos trabalhos concentram-se na compreensão do fenômeno ou ainda no desenvolvimento de técnicas de recuperação do potencial produtivo, em função do processo erosivo (SILVA et al., 2003). Embora a preocupação acerca da qualidade dos solos seja antiga, o conceito é recente e sua quantificação ainda não foi bem definida no país. Ainda assim, a qualidade do solo está ligada à diversidade potencial de uso que determinado solo oferece e que deve necessariamente levar e conta a susceptibilidade ao processo erosivo.

A determinação ou modelagem da erosão em um local, por órgãos governamentais associados ao desenvolvimento sustentável, origina políticas para um uso racional do recurso do solo. Assim, modelos de simulação de erosão são úteis para avaliar diferentes estratégias de uso da terra e aproveitamento do solo de forma eficiente e sustentável.

A pesquisa foi realizada baseando-se na estrutura e composição da fórmula da USLE. Para tanto, os dados dos anos mais recentes foram obtidos pelos experimentos durante o período de escrita do presente trabalho. Além disso, foram utilizados os resultados dos anos anteriores através dos trabalhos de Youlton et al. (2016) e Oliveira et al. (2015) os quais criaram um banco de informações dos fatores de perdas de solo, permitindo a avaliação e aplicação dos modelos matemáticos. Com isso, pretendeu-se utilizar o conteúdo já produzido por esses autores, fazer a complementação com os resultados mais recentes e estimular que novas pesquisas deem continuidade ao processo de avaliação. Tal continuidade é fundamental, trazendo conhecimento a profissionais da área de manejo do solo e beneficiando a conservação de um recurso natural.

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo geral

Calcular a erodibilidade, fator K da USLE, para um solo exposto do tipo Neossolo Quartzarênico localizado em Itirapina – SP.

3.2. Objetivos específicos

Calcular a erosividade e o padrão hidrológico das chuvas do período analisado, monitorar o escoamento superficial e a perda de solos em parcelas experimentais e estimar o fator K para o solo estudado.

4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1. Definição de erosão

A erosão do solo é a remoção do material superficial por ação do vento e da água (KIRKBY; MORGAN, 1980). Inclui uma fase de desprendimento de partículas individuais do solo e sua suspensão, uma segunda fase de transporte de partículas por agentes hídricos e eólicos e uma terceira fase quando a energia destes agentes não é suficiente para transportar as partículas, provocando sua deposição (TOY; FOSTER; RENARD, 2002) (MORGAN, 2009). Sendo assim, a erosão é um processo complexo que depende das propriedades do solo, declividade do terreno, vegetação e quantidade e intensidade de chuvas (MONTGOMERY, 2007).

Quanto à origem, podem existir dois tipos de erosão: a erosão geológica ou natural e a erosão antrópica ou acelerada. No processo de intemperização das rochas da superfície da terra, a quantidade de solo formada é gerada em equilíbrio com o solo removido por agentes erosivos, configurando o primeiro tipo de erosão (TOY; FOSTER; RENARD, 2002). Por outro lado, em condições ambientais perturbadas, como por exemplo a intervenção de atividades humanas, ocorre o segundo tipo de erosão.

4.1.1. Mecanismos da erosão

A erosão é um processo de duas fases que consistem no desprendimento de partículas individuais do solo e no seu transporte pelos agentes erosivos, como as correntes d'água e o vento. Quando a energia destes agentes não é suficiente para transportar as partículas, ocorre a deposição (MORGAN, 2009).

Os caminhos percorridos pela água da chuva sobre a superfície do solo, quando este não é mais capaz de armazenar água por infiltração, estão intimamente ligados aos processos de erosão hídrica. Durante a chuva, os espaços entre as partículas do solo enchem-se de água e as forças capilares diminuem, de forma que a velocidade de infiltração começa elevada no início da chuva e diminui até o valor representado pela máxima velocidade estabilizada à que a água pode passar através do solo. Com o impacto das gotas de chuva, aliado à força de arraste d'água, inicia-se o desprendimento das partículas do solo, que podem ser lançadas a vários centímetros de distância (LAL, 2001).

Uma vez desagregadas as partículas do solo, o escoamento pode atuar superficialmente em camadas ou concentrado em córregos. No primeiro caso, a água remove uma espessura relativamente uniforme do solo, correspondendo à erosão por respingo ou salpicamento das

partículas do solo, e a erosão em manto ou laminar, causada pelo fluxo laminar de pequena espessura e grande largura. No segundo grupo se encontram os fluxos d'água em pequenos córregos, sulcos ou ravinas, e a erosão em voçorocas ou barrancos (MORGAN, 2009).

A erosão do manto ou laminar consiste na perda de uma camada mais ou menos uniforme do solo, pelo desprendimento das partículas liberadas pelos respingos, que logo são transportadas pelo escoamento, expondo o solo com possibilidades de continuar sendo erodido pelo impacto de novas gotas (CASANELLAS, 2003). Outra consequência da erosão laminar é o selamento superficial do solo, onde as partículas finas liberadas fecham os poros deste. Isto reduz a velocidade de infiltração e faz com que a água escoe pela superfície do solo.

De proporções maiores, a erosão em ravinas se produz à medida que a água concentra-se, aumentando a vazão, velocidade e quantidade de materiais em suspensão, gerando maior poder erosivo e transportador de partículas. A máxima erosão em ravinas se produz quando o escoamento contém material suficiente em suspensão, que facilita a ação abrasiva da água, permitindo extrair uma maior quantidade de partículas do solo. A ravina começa então a se aprofundar até quando a ação da água no sulco encontra o material resistente do substrato ou a rocha (PERALTA, 1976).

O último tipo de erosão possível é a erosão de voçorocas, também conhecida como processo erosivo avançado. As voçorocas são, em geral, canais profundos, relativamente largos em relação ao fluxo que conduzem e de paredes verticais que colapsam internamente e comumente apresentam-se em áreas com subsolos profundos e frágeis (KIRKBY; MORGAN, 1980).

4.1.2. Medição da erosão em campo

Segundo Youlton (2013), basicamente existem duas estratégias para medir a erosão em campo: determinar as mudanças do volume do solo ou coletar sedimentos removidos para sua posterior pesagem (expressa como massa por unidade de área). Uma medição volumétrica pode se realizar com pregos de erosão, que consiste simplesmente em parcelas quadriculadas, nas quais se enterram pregos longos e cravados nos cantos de cada quadrícula, que marcam o nível do solo original. Uma medição topográfica é feita no início e término do estudo ao lado do prego, obtendo uma medida para o solo perdido ou sedimentado. Por um simples cálculo volumétrico se pode medir a quantidade de solo perdido (PERALTA, 1976).

O prego deve ser de uma extensão que se possa pregar 30 cm no solo. É preferível que tenha um diâmetro de até uns 5 mm, já que uma largura maior pode interferir no escoamento superficial e provocar erosão (HUDSON, 1997).

Segundo outra metodologia, de coleta dos sedimentos removidos, utilizam-se parcelas com características e condições controladas. Cada parcela é uma porção isolada de superfície do solo que tem dados conhecidos de área, uso, declividade, comprimento da vertente e tipo de solo (MORGAN, 2009). Nestas parcelas, utilizam-se áreas de 100 m², por exemplo, para testes de práticas de cultivo, efeitos de cobertura, rotações e qualquer outra prática, as quais possam tornar as condições da parcela semelhantes às do campo, sempre que o tratamento não seja afetado pelo tamanho da parcela. Um tamanho razoável seria de 5m de largura e 20 m de comprimento (HUDSON, 1997).

É importante que se faça a delimitação das parcelas para evitar o ingresso de escoamento e sedimentos externos, e para não deixar escapar o escoamento e os sedimentos internos. As bordas ultrapassam a superfície do solo e se embutem nele até uma profundidade suficiente. Na parte baixa da parcela coloca-se um coletor ou calha, habitualmente coberta com tampa para evitar a entrada direta de chuva. Logo, conduzem-se os sedimentos e o escoamento até os tanques ou caixas d'água. Para ter validade estatística, recomenda-se no mínimo três repetições por tratamento, embora não seja possível evitar eventuais variações nas perdas de solo (KINNEL, 2016). Habitualmente, se estabelece um conjunto de parcelas de escoamento seguindo as curvas de nível porque desta forma evitam-se as variações correspondentes à parte superior da vertente (HUDSON, 1997).

Medem-se pelas metodologias anteriores o efeito combinado da erosão por respingo, escoamento laminar e concentrado. Para avaliar a contribuição de cada uma delas, deve-se medir independentemente. Para determinar a erosão por respingo, localizam-se coletores que passam 1 ou 2 mm por cima da superfície, eliminando deste modo a entrada de fluxo superficial. Enquanto para medição de ravinas, determina-se a seção transversal em dois pontos distanciados de uma longitude conhecida (MORGAN, 2009).

Pesquisas relacionadas à erosão hídrica tem sido feitas no campo sob ambas as condições de chuva artificial e natural para um determinado período de tempo. Vários experimentos laboratoriais também foram realizados para adquirir entendimento dos mecanismos envolvidos na erosão hídrica. A diferença consiste no fato de que nas condições laboratoriais, utilizam-se medidas em menor escala, como por exemplo, comprimento da parcela maior que 1m e menor que 5m. Enquanto que experimentos em campo são realizados sob ambas pequena e grande escalas (comprimento da parcela maior que 20m) (KINNEL, 2016).

4.2. USLE

A modelagem da erosão é baseada no entendimento das propriedades físicas da matéria que controlam os processos de desprendimento e transporte de partículas (ALATORRE; BERGUERIA, 2009). Existe, atualmente, um grande número de modelos de predição de erosão, com diferentes níveis de complexidade e sofisticação dos algoritmos, níveis de detalhamento, processos considerados no cálculo e representações do modelo físico.

As perdas de solo por erosão hídrica são determinadas pelos modelos de predição, sendo a Equação Universal de Perdas de Solo (Universal Soil Loss Equation – USLE), desenvolvida por Wischmeier e Smith (1965; 1978), um dos modelos mais empregados no Brasil por superar parcialmente restrições climáticas e geográficas e ter uma aplicação generalizada. A USLE, dentre outras equações que buscam exprimir a ação dos principais fatores que exercem influência nas perdas de solo pela erosão hídrica, usa uma definição aplicada e restrita do fator de erodibilidade, priorizando a influência das propriedades da perda de solo durante eventos de chuvas em terrenos montanhosos. Os sucessores dessa equação desenvolveram a Equação Universal de Perdas de Solo Revisada (*Revised Universal Loss Equation* – RUSLE), versão 1 (RENARD et al., 1997) e versão 2 (FOSTER, 2005).

Os modelos precursores da USLE começaram a ser desenvolvidos na década de 1940 nos cinturões de milho (*Corn Belts*) dos Estados Unidos (TELLES, 2012). Nesse ano, Zingg foi o primeiro a publicar uma equação que relacionava a erosão do solo à inclinação e comprimento do declive. No ano seguinte, Smith adicionou a cobertura e práticas conservacionistas à equação. Por fim, Browning adicionou os fatores de solo e manejo (WISCHMEIER; SMITH, 1978). Um comitê organizado em 1946 adaptou a equação do *Corn Belt* e expandiu para outras regiões, acrescentando o fator de precipitação, resultando numa fórmula que ficou conhecida como *Musgrave Equation*.

Em 1954, foi aprovada pelo Departamento de Agricultura e Serviço de Conservação do Solo (SCS) dos Estados Unidos e pelo Serviço de Pesquisas Agrícolas da Universidade de Purdue a primeira versão da USLE. Ela foi concebida para fornecer um método de estimativa de perda de solo em experimentos com simuladores de chuva num experimento em 55 solos provenientes de cinturões de milho (KINNEL, 2016). No caso do Brasil, os primeiros trabalhos com a USLE foram desenvolvidos no IAC, utilizando dados existentes para o estado de São Paulo (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1999).

Segundo Ranieri (1996), a USLE pode ser aplicada para as seguintes finalidades: (1) previsão de perdas anuais médias de solo de uma área sujeita a determinadas práticas de utilização, (2) orientação na seleção de áreas de cultivo, de manejo e conservação, (3) previsão de alterações nas perdas de solo ocasionadas por mudanças nas práticas de cultivo e

conservação, (4) determinação de modos de aplicação ou alteração das práticas agrícolas que permitam usos mais intensivos da terra, (5) estimativas das perdas de solo para usos distintos na agricultura, e (6) estimativa das perdas de solo visando à determinação de práticas conservacionistas.

Devido às flutuações imprevisíveis em eventos específicos a equação é menos acurada para curtos períodos. Assim, a equação prediz, em longo prazos, a perda anual média de solo associada à erosão hídrica, com base em fatores como o clima, o solo, a topografia, a vegetação e o manejo (WISCHMEIER; SMITH, 1965, 1978). Com o seu desenvolvimento, a USLE permitiu fornecer subsídios na adoção de práticas conservacionistas ao orientar agricultores sobre o uso adequado da terra, avaliando se uma determinada área cultivada apresentava perdas de solo dentro ou além dos limites considerados toleráveis para as condições locais.

A USLE opera matematicamente em duas etapas. Na primeira, a predição de perda de solo é feita para uma parcela de solo exposto, com comprimento de 22,1 m e declividade de 9%.

$$A_1 = R.K \quad (1)$$

Onde: R é o fator de erosividade da chuva (que depende do clima) e K é o fator de erodibilidade (relacionado ao tipo de solo).

Na segunda etapa, a perda de solo da parcela é multiplicada por valores apropriados de fatores relacionados a variações do comprimento da rampa (L), declividade (S), cobertura e manejo do solo (C) e práticas conservacionistas (P) para predizer as perdas de solo em áreas que diferem daquela parcela específica dada anteriormente:

$$A = A_1. L. S. C. P \quad (2)$$

Portanto, considerando as condições do campo para os experimentos deste trabalho, a fórmula da USLE será dada pela multiplicação de coeficientes empíricos dos fatores influentes apresentados na equação:

$$A = R.K.L.S.C.P \quad (3)$$

Onde: A representa a perda de solo por unidade de área ($t.ha^{-1}.ano^{-1}$); R o fator de erosividade da chuva ($MJ.mm.ha^{-1}.h^{-1}.ano^{-1}$); K o fator de erodibilidade do solo ($Mg. ha. h. ha^{-1}. MJ^{-1}. mm^{-1}$); L o fator comprimento da rampa; S o fator declividade do terreno; C o fator que

considera a cobertura e o manejo do solo; e P o fator que considera as práticas conservacionistas adotadas, sendo os quatro últimos fatores adimensionais.

4.2.1. Fator de erodibilidade

O fator de erodibilidade do solo (fator K) é uma propriedade complexa relacionada à facilidade do mesmo em segregar-se por meio de respingos das chuvas, pelo escoamento superficial ou por ambos. Dessa forma, o fator de erodibilidade deve ser visto como a quantidade de solo transportada por unidade de força externa aplicada ou de energia. Em termos práticos, trata-se da resposta do perfil do solo aos efeitos erosivos das chuvas (RENARD, 1997).

Este fator está relacionado com o efeito integrado de chuvas, do escoamento e da infiltração na perda de solo. Assim, devido à diversidade climática, a qual influi no potencial erosivo das chuvas, e variabilidade do solo, a qual tem influência na susceptibilidade à erosão, a erodibilidade do solo apresenta grande variabilidade espacial e temporal, tendo seu valor delimitado entre 0 e 1.

O fator K da Equação Universal do Solo é a medida mais importante de erodibilidade de solo que é adotada em muitos modelos de erosão (AUERSWALD, 2014). Embora existam métodos para determinar valores de K a longo prazo a partir das propriedades do solo (AUERSWALD, 2014; WISCHMEIER et al., 1971; WISCHMEIER; SMITH, 1978), tais valores são válidos apenas para a região climática central dos Estados Unidos e, portanto, não necessariamente válido para outras regiões geográficas. Essa questão foi reconhecida na RUSLE versão 2, em que o valor efetivo de K em um local depende de um longo período observado de chuvas e das variações da temperatura do local.

Basicamente, existem três métodos para determinar a erodibilidade do solo (SILVA; ALVARES, 2005): os métodos diretos baseiam-se na relação entre as perdas de solo e o fator de erosividade das chuvas, sendo um método sob condições de chuva natural e o segundo sob condições de chuvas simuladas.

O terceiro método é indireto, utilizando equações matemáticas elaboradas que contemplam parâmetros relativos sobre física e química dos solos. Partindo-se de cinco propriedades simples do solo (porcentagem de silte e areia fina, porcentagem de argila, porcentagem de matéria orgânica, índice de agregação e índice de permeabilidade), é possível calcular o fator K pelo nomograma, desenvolvido por Wischmeier et al (1971), por meio de regressões múltiplas entre o fator K medido diretamente em campo e as características do solo citadas anteriormente.

Ainda segundo Auerswald (2014), surgiram diversas equações que fazem uso desse fator como a MUSLE (WILLIAMS, 1975), USLE-M (KINNEL; RISSE, 1998) e dUSLE

(FLACKE et al., 1990). Portanto, o fator K é uma das ferramentas mais importantes para estimativa de erodibilidade do solo em modelagens de erosão.

As propriedades físicas exercem diferentes influências na resistência do solo contra a erosão, principalmente a estrutura, que é o modo como se arranjam as partículas, a textura, que compreende o agrupamento das partículas em classes conforme o tamanho, a taxa de infiltração, a permeabilidade, a densidade e a porosidade (SILVA et al., 2003). A capacidade de infiltração e a estabilidade estrutural são as características físicas mais expressivas e que estão intimamente relacionadas com a erodibilidade (BRADY; WEIL, 2002). Quanto às características químicas, o conteúdo de matéria orgânica é o mais importante, porém sua relação é mais significativa para solos de textura mais arenosa (WISCHMEIER; MANNERING, 1969; ANGULO et al., 1984).

Os fatores que influenciam no cálculo do fator de erodibilidade do solo são melhor obtidos a partir de medições diretas sobre parcelas de escoamento natural. Estudos de simulação de chuvas são menos precisos e relações de predições são menos acuradas, porém, tempo e fatores econômicos têm limitado o estabelecimento de parcelas de escoamento de longo prazo e, portanto, têm promovido o desenvolvimento da pesquisa com chuva simulada (ROMKENS, 1985).

Um segundo requisito para as determinações do fator K é a uniformidade do solo, topografia da parcela e também a adesão aos padrões das dimensões das parcelas. A uniformidade topográfica é essencial para evitar a deposição de solo ou a erosão acelerada em determinadas áreas. A seleção de parcelas com um comprimento e inclinação padronizados é importante para evitar erros nos ajustes de perda de solo com fatores topográficos. Muitos solos não ocorrem com declividades de 9%, mas as normas, uma vez formuladas, devem ser respeitadas a fim de evitar ambiguidades. Na verdade, a inclinação de 9% não é racionalmente base, mas foi escolhida como um gradiente médio de parcelas de escoamento em que os primeiros estudos de erosão nos Estados Unidos foram realizados.

4.2.2. Erosividade

A erosividade das chuvas é a capacidade potencial das chuvas em causar erosão do solo (OLIVEIRA, 2012). A energia necessária para desencadear o processo de erosão hídrica é proveniente da água das chuvas e do escoamento superficial, especialmente a energia cinética do impacto das gotas de chuva sobre a superfície do solo (CASSOL et al., 2004). É possível associar que os depósitos de sedimentos formados pela erosão provêm de chuvas intensas ou que são resultados de intensidades de pico. No entanto, de acordo com Wischmeier e Smith (1978), estudos de mais de 30 anos mostraram que um fator relacionado às chuvas para estimar

as perdas de solo anuais deve incluir os efeitos cumulativos de chuvas de intensidade moderada. Assim, os autores descrevem a erosividade como uma interação entre a intensidade e a duração da precipitação, e da massa, diâmetro e velocidade da gota de chuva, que pode resultar num maior ou menor grau de desprendimento e transporte de partículas.

Na USLE, o efeito da chuva é dado pelo Fator “R”, que representa a erosividade da chuva e do escoamento superficial associado. Wischmeier (1959) definiu o índice EI_{30} para determinação da erosividade das chuvas. O índice EI_{30} representa o produto da energia cinética total da chuva, E ($MJ \cdot ha^{-1}$), pela intensidade máxima da chuva, I ($mm \cdot h^{-1}$), com base em um período de 30 minutos contínuo de chuva. O termo EI é uma interação estatística que reflete como a energia total e a intensidade de pico são combinadas em cada chuva individual.

O requisito principal em um estudo utilizando parcelas com escoamento natural é um banco de dados que seja obtido ao longo de um período suficientemente longo (ROMKENS, 1985). De acordo com Bertoni e Lombardi Neto (1999), a condição ideal seria trabalhar com séries de dados de, no mínimo, 20 anos. Porém, a possibilidade de se obter bons resultados vale para séries de 10 anos.

4.2.3. Fatores L e S

Os fatores L e S representam a intensidade da erosão hídrica afetada tanto pela distância ao longo da qual se processa o escoamento superficial quanto pela declividade do terreno. O comprimento da rampa é definido como a distância entre o ponto de origem do fluxo na parte superior do relevo até o ponto onde a deposição se inicia, ou o início do fluxo de água até um canal bem definido que pode ser parte de uma rede de drenos ou um canal construído (WISCHMEIER; SMITH, 1978).

O L e o S são considerados conjuntamente, por meio de um termo designado fator topográfico. Esse fator representa a relação entre as perdas de terra em uma área com declividade e comprimento de encosta quaisquer e as perdas que ocorrem em uma parcela padrão, com 22,1 m de comprimento e 9% de declividade (WISCHMEIER; SMITH, 1965, 1978).

A inclinação do declive do terreno influencia fortemente nas perdas de terra e água por erosão hídrica. A inclinação determina a intensidade do processo erosivo, pois quanto maior a inclinação da vertente, maior será a energia cinética da água que esco superficialmente e menor será a infiltração de água no solo (PINESE JÚNIOR et al., 2008). Com isso, aumenta a capacidade de transporte das partículas de solo pela enxurrada, assim como a própria capacidade desta de desagregar solo, por ação de cisalhamento, principalmente quando

concentram em sulcos no sentido pendente (COGO et al., 2003; FOSTER; WISCHMEIER, 1974).

Para Foster e Wischmeier (1974), o efeito do comprimento do declive no fluxo de água anual por unidade de área de cultivo pode geralmente ser desprezível. Eles constataram que em alguns estudos o fluxo de água por unidade de área foi muito baixo em declives mais longos durante a estação de crescimento e significativamente maiores durante a estação de dormência, mas as diferenças foram relativamente pequenas e suas correlações consistentes. Porém, a perda de terra por unidade de área geralmente aumenta substancialmente quando o comprimento do declive aumenta. O comprimento da rampa é difícil de se determinar em longos declives, com um gradiente médio menor que 1%, a menos que seja utilizada uma medição precisa (WISCHMEIER; SMITH, 1978). Em rampas planas, a obtenção de valores precisos tanto da erosão, como da deposição por um fator de comprimento pode não ser possível. Entretanto, em um declive com medida próxima de 0%, o aumento do comprimento poderia ter um efeito menor na velocidade de escoamento e as maiores depressões acumulariam a água originária do fluxo, amortecendo o impacto das gotas de chuva.

4.2.4. Fator C

O fator C representa o efeito da parte orgânica ou carbono orgânico na perda de solo. A porção de carbono orgânico dos solos depende das adições anuais de resíduos de colheita superficiais e subsuperficiais, adubos e sua taxa de decomposição. Ou seja, o fator C representa a influência da cultura e dos manejos adotados no preparo, plantio e cultivo nas perdas por erosão hídrica. Tal fator mede o efeito combinado de todas as variáveis inter-relacionadas de cobertura e manejo (WISCHMEIER; SMITH, 1965, 1978), demandando pesquisas para cada cultura e manejos específicos, o que consome tempo e recursos (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1999).

A cobertura atua na redução da velocidade do escoamento superficial e, conseqüentemente, da capacidade erosiva da enxurrada. Essa redução da velocidade do escoamento superficial da água se dá pelo fato de que os resíduos, além de tornarem os caminhos a serem percorridos pelo fluxo tortuosos, servem também como uma barreira física, que impede o livre escoamento da água. Assim, a redução da capacidade erosiva será tanto maior quanto maior for a quantidade de resíduos vegetais na superfície (COGO et al., 2003). Segundo Cogo et al. (2003), a cobertura do solo proporcionada pelos resíduos culturais tem ação direta na redução da erosão hídrica, em virtude da dissipação da energia cinética das gotas da chuva.

Os processos de conversões orgânicas são relacionados a fatores ambientais (temperatura, umidade, entre outros), além das regiões fisiográficas. Efeitos de curto período como aqueles provenientes de cobertura por folhas estão relacionadas ao fator C, enquanto efeitos de longo período como mudanças no solo ou alterações estruturais por compostos orgânicos podem ser considerados parte da estimativa do fator K.

4.2.5. Fator P

O fator P indica a eficiência das práticas conservacionistas no controle da erosão (WISCHMEIER; SMITH, 1965). Estabelece a relação entre as perdas de terra de uma área na qual se utiliza uma prática conservacionista de suporte, com as de uma área com solo sem cobertura (parcela padrão), sem nenhuma dessas práticas (RENARD et al., 1997; WISCHMEIER; SMITH, 1978).

As práticas conservacionistas de suporte podem ser vegetativas (sendo consideradas pelo fator C), edáficas ou mecânicas (consideradas pelo fator P). Compreendem, principalmente, o preparo e cultivo em contorno, o cultivo em faixas em contorno com rotação de culturas e o terraceamento. Estas práticas objetivam, sobretudo, reduzir a ação erosiva da enxurrada superficial, sendo complementares às práticas conservacionistas básicas, dadas pela cobertura e manejo do solo (fator C) (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1999).

5. MATERIAIS E MÉTODOS

5.1. Caracterização da área

O experimento foi desenvolvido na Fazenda São José, localizada no município de Itirapina (latitude 22°10'S, longitude 47°52'O, elevação de 790m), inserido na macrorregião de Piracicaba, pertencente ao Estado de São Paulo (Figura 01). A precipitação média anual é cerca de 1500 mm, com período chuvoso entre outubro e março, e de acordo com a classificação de Köppen, o clima da região é considerado como subtropical úmido, com verão quente e inverno seco (Cwa) (ALVARES et al., 2014).

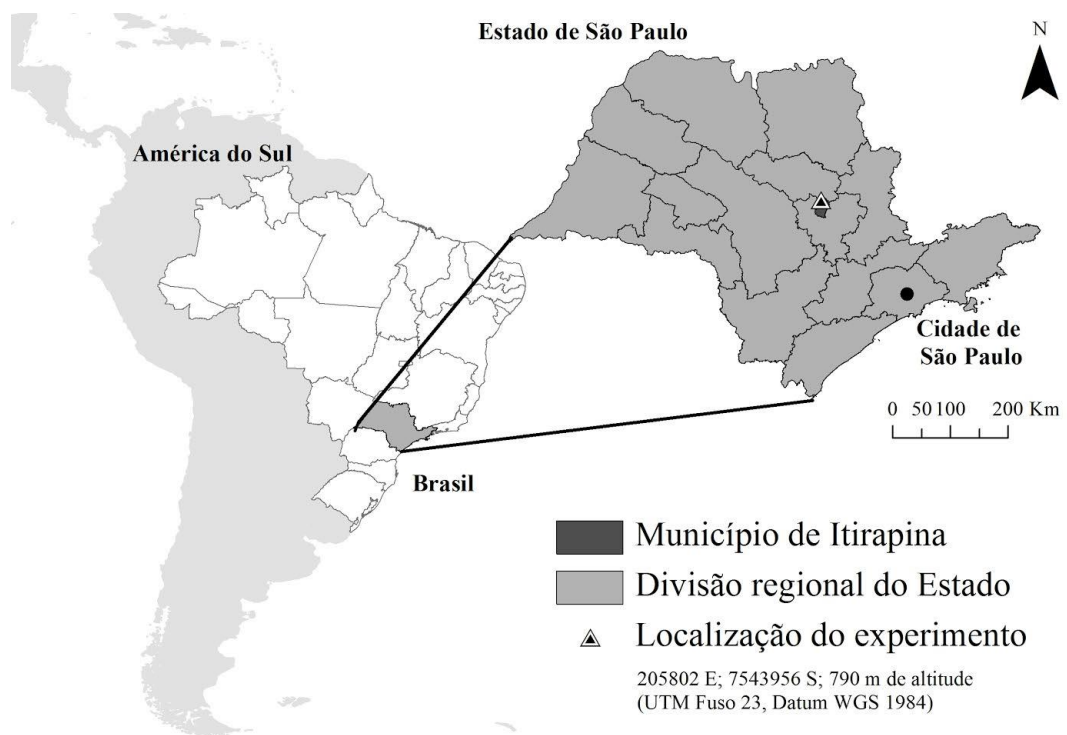


Figura 01. Localização da área de estudo (parcelas experimentais)

Do ponto de vista hidrográfico, a área de estudo localiza-se na micro bacia do Ribeirão do Feijão, na Sub bacia do Rio Jacaré-Guaçu, Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos 13 – UGRHI 13 da Bacia Hidrográfica Tietê-Jacaré (YOULTON, 2013). A topografia da região é ondulada, originalmente vegetada por cerrado, porém atualmente coberta por pastagem para produção de gado de corte (YOULTON, 2013).

5.1.1. Caracterização do solo

O solo característico da área de estudo é o Neossolo Quartzarênico órtico (RQo), representativo para a região Oeste do estado de São Paulo (áreas de ocorrência de sedimentos

do Grupo Bauru). O solo possui textura arenosa (85% areia, 12% argila e 3% de silte), há boa drenagem, é ácido e pobre em nutrientes, pelo Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos (EMBRAPA, 1997). A análise granulométrica (Tabela 01) pelo método do densímetro a 30, 60 e 90 cm de profundidade foi determinada pelo laboratório de solos da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, USP-Piracicaba, em 2012.

Tabela 01 – Análise granulométrica

Identif. da Amostra	Areias (g/kg)						Silte (g/kg)	Argilas (g/kg)		Floculação (%)	Classe de textura
	AMG	AG	AM	AF	AMF	AT		c/ disp.	água		
0-14 cm	16	22	158	349	333	879	33	88	51	43	ar.
30 cm	5	31	223	518	87	865	34	101	76	25	ar.
60 cm	5	32	224	494	90	844	30	126	76	40	ar.
90 cm	4	31	227	485	90	836	39	125	25	80	ar.

Abreviações: muito grossa (MG); grossa (G); média (M); fina (F); muito fina (MF); areia total (AT). Argila com dispersante (c/ disp.). Fonte Youlton (2013).

5.2. Erosividade

As chuvas no local foram registradas com uma estação meteorológica automática (marca Campbell CR1000, Logan UT, USA) programada para registrar as precipitações em intervalos de 10 minutos (Figura 02). Os dados são transmitidos em tempo real via modem a um servidor do Laboratório de Hidráulica Computacional – SHS/EESC-USP.



Figura 02. Estação meteorológica instalada na área de estudo

Em pluviogramas diários da estação meteorológica foram separadas as chuvas individuais e erosivas, determinando-se a erosividade (pelo índice EI_{30}) e os padrões hidrológicos. O índice EI_{30} foi determinado para cada chuva individual e erosiva. Utilizaram-se os critérios básicos definidos por Wischmeier (1959), para caracterizar chuva individual e erosiva, com as modificações sugeridas por Cabeda (1976) para as condições brasileiras.

De acordo com esses critérios, considerou-se chuva individual aquela separada da anterior e da posterior por um período mínimo de 6 horas sem chuva ou com menos de 1,0 mm e chuva erosiva toda aquela com quantidade igual ou superior a 10,0 mm ou com 6,0 mm ou mais desde que tenha ocorrido em 15 minutos ou menos.

Os dados das chuvas foram registrados manualmente em planilha, onde foram anotados as horas e minutos do dia onde houve variação de intensidade e a chuva acumulada até aquele momento. O tempo de registro foi de 24 horas, com unidades de 10 minutos. O registro das precipitações começou no dia 10 de outubro de 2011 e terminou no dia 31 de dezembro de 2015. Através do programa *Chuveros* e planilhas de cálculo *Microsoft Office Excel*, foram estimadas as erosividades mensal, anual e média das chuvas pelo índice EI_{30} (WISCHMEIER, 1959) no Sistema Internacional de Unidades (FOSTER et al., 1981). O *Chuveros* é um programa em linguagem Fortran, desenvolvido pelo Prof. Elemar Cassol, da UFRGS.

Somando-se os índices EI_{30} de todas as chuvas individuais e erosivas de cada mês, obteve-se a erosividade mensal das chuvas. Somando-se os índices EI_{30} mensais, obteve-se a erosividade anual das chuvas (Fator R).

Além da erosividade, outra importante característica da chuva relacionada com o processo de erosão hídrica do solo é o padrão hidrológico. As chuvas foram separadas pelo programa por padrões hídricos de acordo com a classificação proposta por Horner e Jens (1942): chuva de padrão avançado, quando o pico de maior intensidade ocorre em um período de tempo menor que 33 % a partir do momento inicial da chuva em relação ao tempo de sua duração total; chuva de padrão intermediário quando o pico de maior intensidade ocorre em um período de 33 a 66 % do tempo total a partir do início da chuva; e chuva de padrão atrasado quando o pico de maior intensidade ocorre passados mais de 66 % do tempo total de duração da chuva.

Sob idênticas condições de volume total, intensidade do pico e duração, as chuvas de padrão hidrológico atrasado são mais danosas do ponto de vista da erosão do solo, uma vez que o pico de intensidade ocorre no último terço do tempo de duração da chuva, quando o solo já se encontra com teor de umidade mais elevado.

5.3. Monitoramento de escoamento e erosão dos solos

As parcelas experimentais em operação foram construídas de maneira que representassem as condições naturais e a complexidade das interações com o mínimo de influência na continuidade, conectividade e heterogeneidade dos sistemas naturais (SADEGHI et al., 2013). As unidades de monitoramento possuem 5 m de largura por 20 m de comprimento (totalizando 100 m² ou 0,01 ha) e são delimitadas com chapas metálicas com aproximadamente 30 cm de altura, que direcionam o fluxo do escoamento superficial para calhas coletoras. Deste modo, são realizados ensaios em unidades experimentais, considerando o tratamento de solo exposto com três repetições (Figura 03). A manutenção das parcelas era bem simples, sendo realizadas capinas manuais sempre que houvesse nascimento de plantas.



Figura 03. Esquema de distribuição das parcelas de solo exposto

As parcelas conduzem o escoamento superficial até um coletor (tipo funil de 5m de comprimento) e um sistema de três caixas d'água (310L) (Figura 04), onde é armazenado o escoamento de cada chuva. Entre as caixas d'água foram instaladas caixas sifonadas com sete saídas em nível sobre uma plataforma ajustável, conectando só uma das saídas à caixa seguinte (Figura 5). Assim, as caixas sifonadas atuam como divisores do escoamento, aumentando o volume total que o sistema pode armazenar (equivalente a 300L na caixa 1, 2100 L na caixa 2 e 14700L na caixa 3, somando mais de 17000L de escoamento superficial capaz de ser armazenado).



Figura 04. Uma das parcelas de solo exposto conectada aos coletores



Figura 05. Conjunto de caixas d'água e divisores para armazenamento de escoamento e sedimentos

Fonte: Youlton (2013)

Depois de cada evento de chuva, os sedimentos sólidos retidos no coletor (principalmente partículas grossas) foram recolhidos com espátulas e guardados em sacolas plásticas. Devido ao fato do grande volume de solo depositado nos coletores, separava-se uma pequena porção para obter o teor de umidade em laboratório. Assim, pesava-se a massa total das sacolas em campo e calculava-se o peso seco. Desta forma, obtém-se a massa de partículas grossas M_1 .

Já para os sedimentos que eram direcionados pelo escoamento (principalmente partículas finas em suspensão), primeiramente registrava-se o volume total escoado nas caixas da Figura 05. Em seguida, o volume armazenado era agitado para suspender o sedimentos do fundo, sendo coletado 1 litro de amostra em garrafa plástica.

Em laboratório, realizava-se o processo de decantação das amostras de 1L para cada parcela por 72 horas (Figura 06). A massa decantada passava pela secagem em estufa a 105°C por 24 horas. Foi determinado o peso seco dos sedimentos utilizando uma balança digital marca Quimis com precisão de 0,0001 g. Assim, obtinha-se a massa de partículas finas em 1L de amostra.

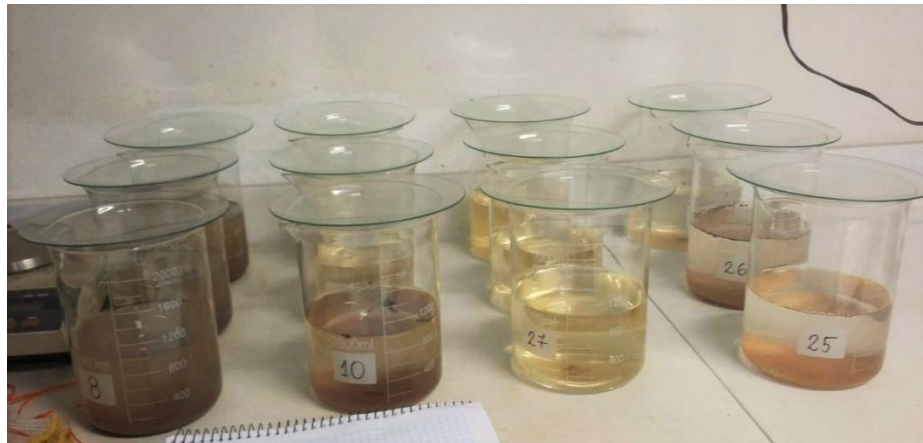


Figura 06. Decantação das amostras de sedimentos finos provenientes das caixas

A fim de se calcular a massa total de partículas finas M_2 , multiplicava-se pelo volume total escoado.

$$M_2 = \text{sedimentos (g.L}^{-1}\text{)} \cdot V \text{ (L)} \quad (4)$$

Somava-se M_1 e M_2 , convertia-se a unidade de g para Mg e dividia-se pela área da parcela em hectare.

$$A = \frac{M_1 + M_2 \text{ (g)}}{0,01 \text{ (ha)}} \cdot \frac{1 \text{ Mg}}{1.000.000 \text{ g}} \quad (5)$$

5.4. Cálculo do Fator K

Utilizando o Solver, que é uma ferramenta de otimização do Microsoft Excel, foi obtido o valor do fator de erodibilidade (K) através de duas variáveis: a perda de solo observada, representada como a média dos valores obtidos das três parcelas para cada mês, e a perda de solo calculada através da fórmula da USLE. O conceito é pautado no método dos mínimos quadrados, que procura encontrar o melhor ajuste para um conjunto de dados tentando minimizar a soma dos quadrados das diferenças entre o valor estimado e os dados observados.

A perda de solo calculada (A_c), mantém uma relação de proporcionalidade com o fator de erodibilidade (K) já que os outros fatores (R, LS, CP) são valores numéricos fixos. Assim, escrevendo-se de forma simplificada tem-se:

$$A_{ci} = K \cdot X_i \quad (\text{onde } X_i = R_i \cdot LS_i \cdot CP_i) \quad (6)$$

A perda de solo observada (A_o) para cada mês é a média entre as perdas de solo de cada parcela que foram obtidas no item 3.4.

$$A_{oi} = \frac{A_{1i} + A_{2i} + A_{3i}}{3} \quad (7)$$

Minimizando-se a soma dos quadrados $D = \sum (A_{ci} - A_{oi})^2$ de cada mês, determina-se um único valor de K para o conjunto de dados do período analisado.

5.5. Cálculo do Fator LS

Para o cálculo do fator LS, fator topográfico, será utilizada a equação de Wischmeier e Smith (1978) aplicável para declividades uniformes:

$$LS = (\lambda/22)^m (65,41 \sin^2 \theta + 4,56 \sin \theta + 0,065) \quad (8)$$

Onde:

λ = comprimento do declive em m;

θ = ângulo do declive e

$m = 0,5$ se a declividade é maior ou igual a 5%, 0,4 em declividades entre 3,5 a 4,5%, 0,3 em declividades de 1 a 3% e 0,2 em declividades menores que 1%.

Dado que a declividade média da área de estudo pode ser considerada aproximadamente 9%, o cálculo para LS é:

$$LS = (20/22)^{0,5} (65,41 \sin^2 0,09 + 4,56 \sin 0,09 + 0,065) = 0,95$$

A equação 8 provém da Figura 07, que consiste no gráfico de obtenção do fator topográfico, considerando declividades uniformes. No eixo das abscissas, coloca-se o valor do comprimento da rampa (20m) e desloca-se até a declividade em porcentagem (9%), assim, no eixo das ordenadas encontra-se um valor para o fator topográfico (0,95).

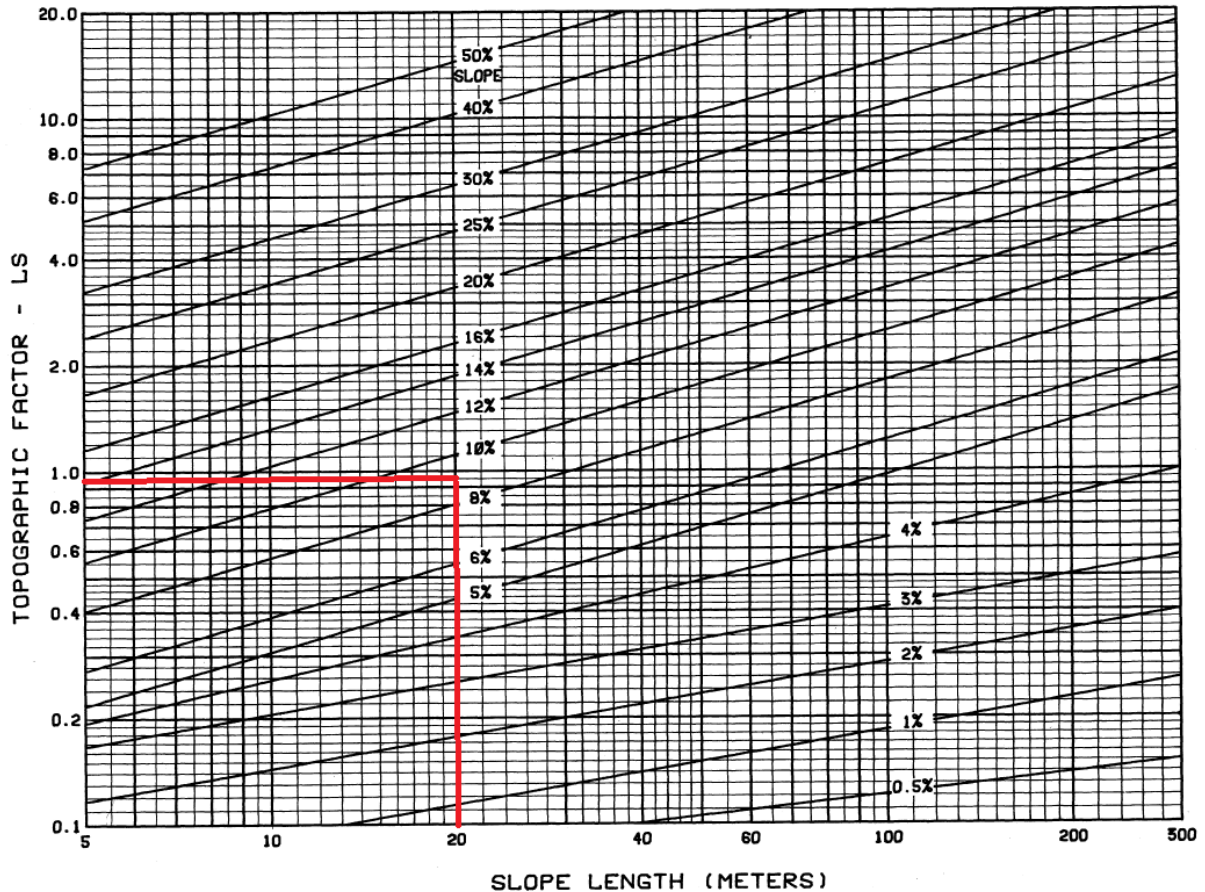


Figura 07. Gráfico de obtenção do fator topográfico para declividades uniformes
Fonte: Wischmeier e Smith (1978)

5.6. Cálculo do Fator C

O fator C, cobertura vegetal, exige diversos estudos relacionados ao tipo de cobertura, manejo e efeitos residuais de culturas praticadas para ser calculado. De acordo com Wischmeier e Smith (1978) há diversas metodologias para esse cálculo como, por exemplo, o caso específico de áreas de construção, onde são removidas toda vegetação e também a zona de raízes. Assim, foram reunidos na Tabela 02 os valores aproximados para o fator C em coberturas de palha, brita e lascas de madeira sobre pistas de construção onde não existe cobertura de dossel. Essa condição é comparável à situação do solo exposto pois não há presença de vegetação no estudo e nenhuma prática foi adotada sobre o mesmo. Portanto, o

valor adotado para o fator C foi 1. Depreende-se da Tabela 02 que esse valor diminui à medida em que adiciona-se alguma cobertura já que a erosão reduz substancialmente.

Tabela 02 – Fator C para áreas sem e com cobertura (palha, brita e lascas)

Tipo de cobertura	Taxa de cobertura	Declividade	Fator C	Limite de comprimento
	Toneladas por acre	%		m
Nenhuma	0,00	Todas	1,00	-
Palha assentada	1,00	1,00-5,00	0,20	61,00
	1,00	6,00-10,00	0,20	91,50
	1,50	1,00-5,00	0,12	91,50
	1,50	6,00-10,00	0,12	91,50
Pedra britada	135,00	<16,00	0,05	61,00
	135,00	16,00-20,00	0,05	45,70
Lascas de madeira	7,00	<16,00	0,08	22,90

Fonte: Adaptado de Wischmeier e Smith (1978)

5.7. Cálculo do Fator P

O fator P terá o valor 1 (WISCHMEIER; SMITH, 1978) pois não tem contribuição no solo exposto, já que não foram realizadas práticas conservacionistas. Por outro lado, quando há presença de estruturas que o protejam, seja por técnicas referentes à cultura agrícola ou reflorestamento, os processos erosivos diminuem e o fator P tende a diminuir de valor (Tabela 03).

Tabela 03 – Fator P para usos do solo

Uso do solo	Valor de P
Solos expostos	1,00
Agricultura irrigada	1,00
Agricultura	0,70
Cordões de vegetação permanente	0,40

Terraceamento	0,16
Florestas	0,10

Fonte: Adaptado de Righetto (1998) e Bertoni e Lombardi Neto (1990)

Portanto, de acordo com o que foi enunciado até então, a equação 6 fica:

$$X_i = R_i \cdot LS_i \cdot CP_i$$

$$X_i = R_i \cdot 0,95 \cdot 1 \cdot 1$$

$$X_i = 0,95 \cdot R_i$$

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1. Precipitações

Os registros das precipitações da estação meteorológica começam a partir do evento de 14 de outubro de 2011 até o dia 31 de dezembro de 2015 (resultados individuais no Anexo 1). Ao longo desse período obtiveram-se 144 eventos de chuvas erosivas. Em vários meses do período estudado, a erosividade das chuvas foi zero, mesmo que não tenha havido qualquer mês com zero de chuva. Isso significa que nos meses de erosividade zero, as chuvas observadas foram não erosivas.

Pela distribuição mensal (Figura 08), observa-se que dezembro, fevereiro e março são os meses que possuem maior valor de erosividade das chuvas, enquanto que junho, julho e agosto possuem menor valor de erosividade.

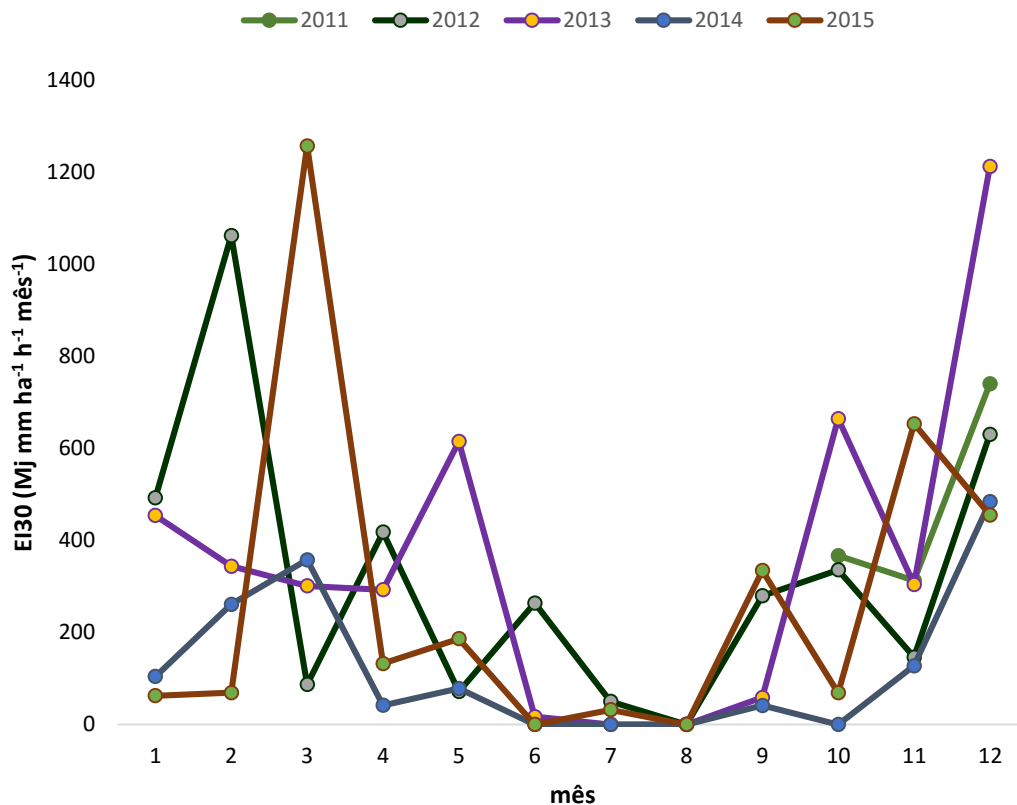


Figura 08. Erosividade média mensal das chuvas no período de 2011 a 2015, determinada pelo índice EI₃₀

A erosividade anual das chuvas no período do estudo, variou de 1.420,2 (em 2011 – considerando apenas 3 meses) a 4.264,9 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹ (em 2013), valores que se configuram dentro da pesquisa de Oliveira (2012), que mostrou que a erosividade anual no

Brasil varia de 1.672 a 22.452 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹. O valor médio obtido no período do estudo foi de 3.213 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹, classificando-o como erosividade média segundo o índice de erosividades do Brasil (Tabela 04). Entretanto, tal valor foi resultado da interpretação de chuva erosiva de Wischmeier (1978), o que pode sugerir na obtenção de outro valor caso fosse utilizada a interpretação de outros autores.

Tabela 04 – Interpretação do índice da erosividade anual no Brasil

Erosividade (MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹)	Classe de erosividade	Dados observados (%)
R ≤ 2.452	Baixa	2,6
2.452 < R ≤ 4.905	Média	13,2
4.905 < R ≤ 7.357	Média a alta	31,6
7.357 < R ≤ 9.810	Alta	23,6
R > 9.810	Muito alta	28,6

Fonte: Adaptado de Carvalho (2008)

Ainda segundo Oliveira (2012), os menores valores de erosividade foram observados na região nordeste do Brasil, cujo clima é caracterizado por ser árido, com precipitações anuais menores que 800 mm. Por outro lado, os maiores valores foram encontrados para região norte, de clima equatorial e com precipitações anuais de até 2.300mm. Aproximadamente 52,6% dos resultados para a erosividade no país ultrapassam o valor de 7.357 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹, mostrando que há muitas regiões com riscos de erosão hídrica, especialmente as regiões sudeste e centro-oeste, caracterizadas pela rápida expansão da produção de cana e biocombustíveis. Especificamente para a maior parte do estado de São Paulo, a erosividade variou numa faixa de 6.000 – 8.000 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹, que é considerada uma faixa de valores altos.

Quando analisados os valores de precipitações mensais, verifica-se que ao final de cada ano e começo do ano seguinte, ocorrem os maiores valores de perda de solo (Figura 09). Existem poucos estudos sobre valores de erosividade e poucas equações que podem ser ajustadas às condições climáticas do Brasil, para fins de comparação. Porém, desde 2005 o número de publicações relacionadas à esse tema vem crescendo significativamente. Na pesquisa de Oliveira (2012), 85% dos estudos analisados foram desenvolvidos usando séries históricas com menos de 20 anos, ou seja, apenas 15% dos estudos utilizaram o mínimo de tempo requerido pela RUSLE. Por isso, surge a importância de se manter as estações meteorológicas e estabelecer novas estações para se obter resultados mais realísticos.

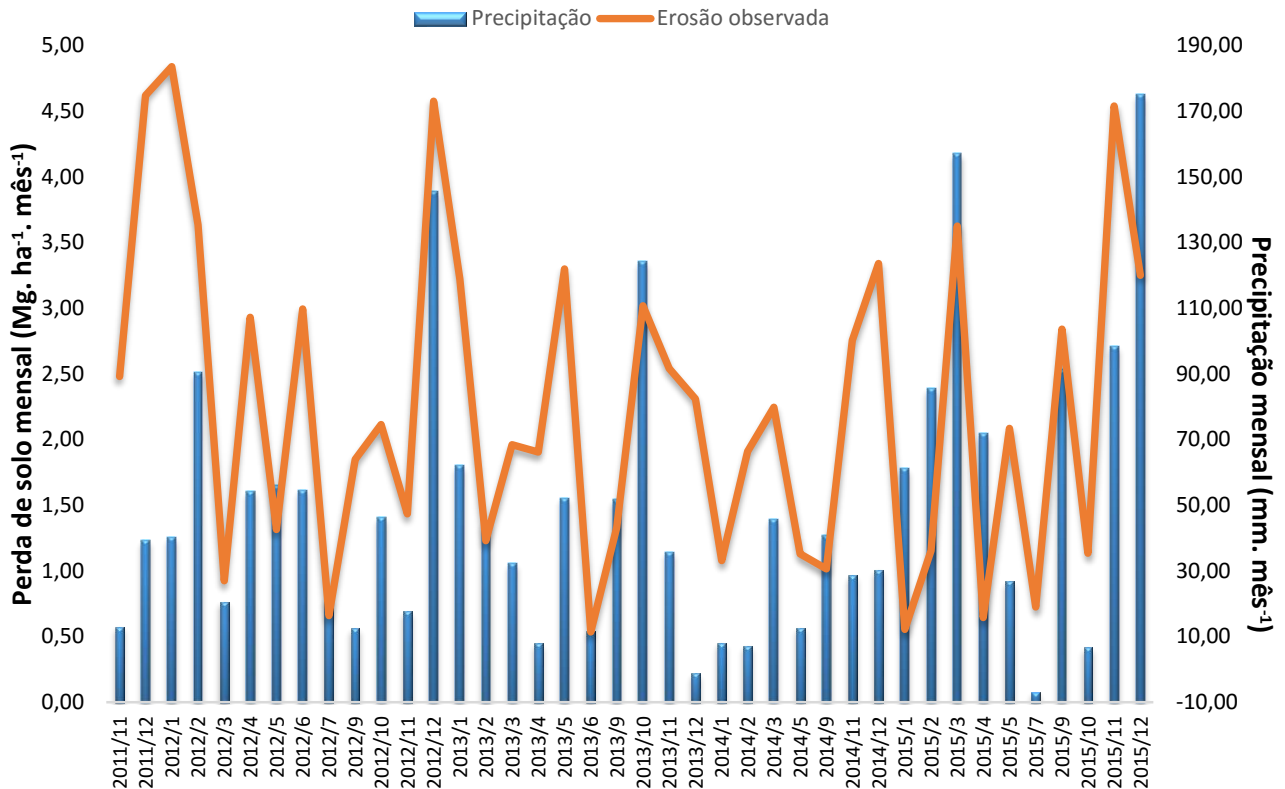


Figura 09. Precipitação mensal e perda de solo correspondente.

Verificou-se que as chuvas erosivas analisadas individualmente apresentaram 59,7 % do total das chuvas no padrão avançado; 21,5 % no padrão intermediário; e 18,8 % no padrão atrasado, representando um resultado positivo com relação à erosão (Tabela 05). Picos de mais alta intensidade nos períodos iniciais da chuva determinam menores probabilidades de perdas de solo e água, quando comparados com chuvas de padrões intermediário e atrasado (FLANAGAN et al., 1988). Isso porque o pico de maior intensidade ocorre quando o solo não está saturado, logo, infiltra-se. Como consequência, a desagregação, selamento superficial e transporte de solo são menores do que os outros padrões.

Tabela 05 – Padrões de chuvas naturais avançadas, intermediárias e atrasadas de 2011 a 2015

Chuva individual erosiva	Avançada	Intermediária	Atrasada
2011	5	4	4
2012	30	3	9
2013	17	6	5

2014	13	9	3
2015	21	9	6
Total	86	31	27
%	59,7	21,5	18,8

6.2. Erosão dos solos

Os resultados médios da erosão por mês são apresentados na Figura 10. Não foi verificada uma tendência que caracterizasse cada época do ano.

Em janeiro e dezembro de 2012 ocorreram os maiores valores de registros de precipitação (183,6 mm e 173mm, respectivamente). O aumento das chuvas pode ocasionar aceleração do crescimento da vegetação sobre as parcelas e, por consequência, a necessidade das capinas manuais para retirada da mesma (parte da rotina de manutenção das parcelas). Com isso, há uma certa movimentação do solo superficial, que fica mais desagregado e susceptível a ser carregado pelo escoamento superficial.

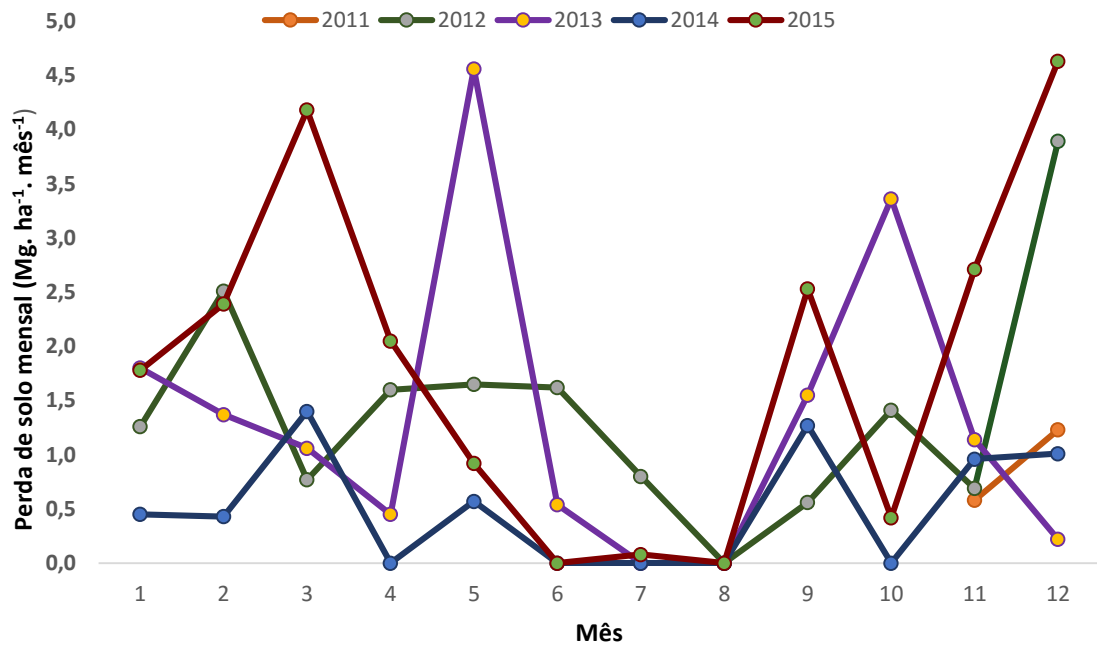


Figura 10. Valores mensais de erosão hídrica

O dados individuais (apresentados no Anexo 02) das parcelas demonstram uma variação entre as mesmas, com elevados valores de coeficientes de variação. Isso pode ser explicado, como já observado por Bagarello et al. (2011), devido à heterogeneidade nas propriedades do solo em um local de estudo, podendo resultar na ocorrência de escoamento em uma das parcelas e a não ocorrência em outra. De fato, observando-se a Figura 11, verifica-se que o volume total

de escoamento mensal na parcela 3 é quase três vezes maior que na parcela 1. Sendo assim, por mais que seja comum a necessidade de se fazer uso de repetições, não há muito esclarecimento na literatura sobre os fatores específicos que garantam as mesmas condições para as mesmas.

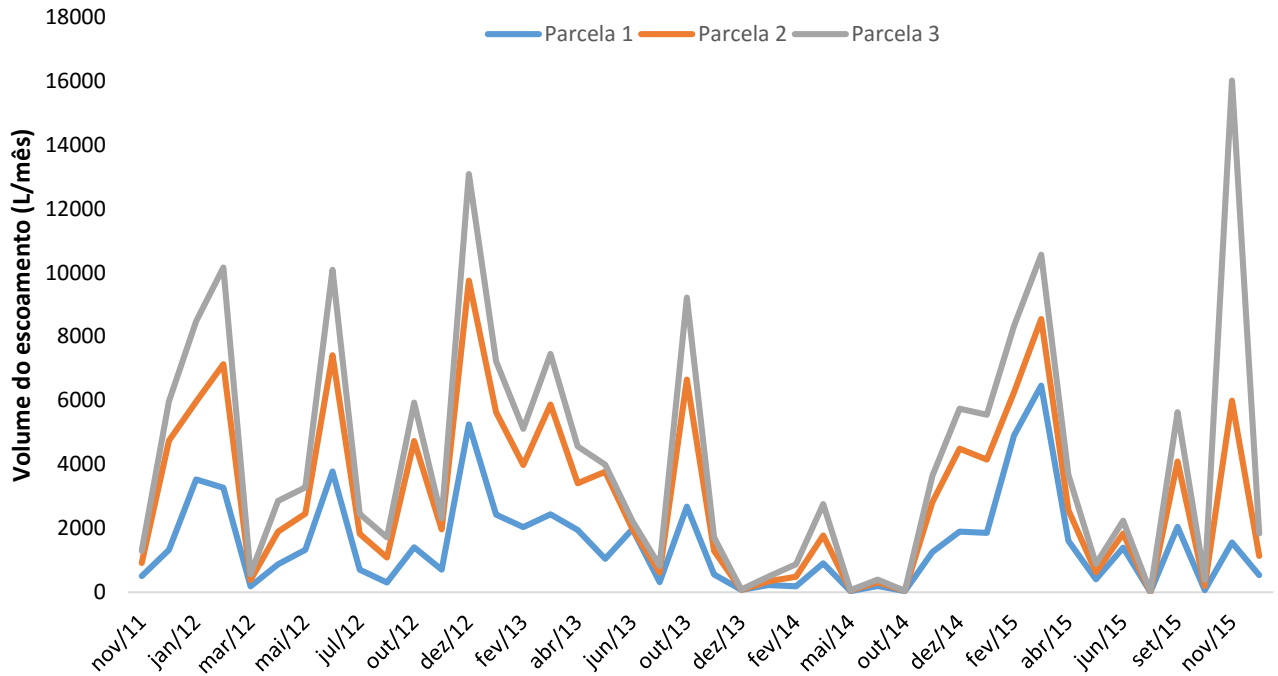


Figura 11. Volume de escoamento mensal por parcela experimental

A Figura 12 apresenta os valores médios anuais de perda de solo. Correspondendo à baixa erosividade do ano de 2014 da Figura 08, a perda de solo para o ano de 2014 foi a menor (considerando que foram contabilizados apenas dois meses de 2011). Por outro lado, 2015 foi o ano em que ocorreram as maiores perdas, principalmente no fim do ano, a partir de setembro.

Perda de solo anual ($\text{Mg. ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$)

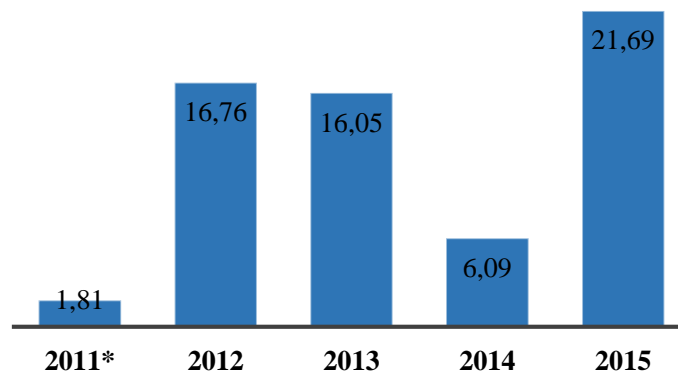


Figura 12. Valores anuais de erosão hídrica

*Considerando-se apenas 2 meses

O Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA) estabeleceu os chamados valores de tolerância de perda de solo (valores T), para indicar taxas aceitáveis de erosão do solo. Geralmente, os programas para conservação do solo consideram valores T de aproximadamente 5-12 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ (MONTGOMERY, 2007). Porém, seria necessário utilizar uma série histórica maior para fins de comparação, já que há uma grande variação entre os anos estudados nesta pesquisa.

6.3. Fator de erodibilidade

A análise dos valores para perdas de solo calculada e observada (Ac e Ao), que foram obtidos para o cálculo do fator de erodibilidade, pode ser melhor interpretada pelo gráfico da Figura 13, no qual percebe-se uma correspondência entre essas duas variáveis. Esse fato, aliado ao gráfico de dispersão (Figura 14), que forneceu um coeficiente de determinação R² de 0,96, demonstram o quão explicativo é o modelo adotado, excetuando-se na parte final da série, em que os valores tiveram maior divergência. Nesse período, o modelo subestima a perda de solo, o que pode ter sido consequência da coesão do solo após anos de manutenção com a retirada da vegetação.

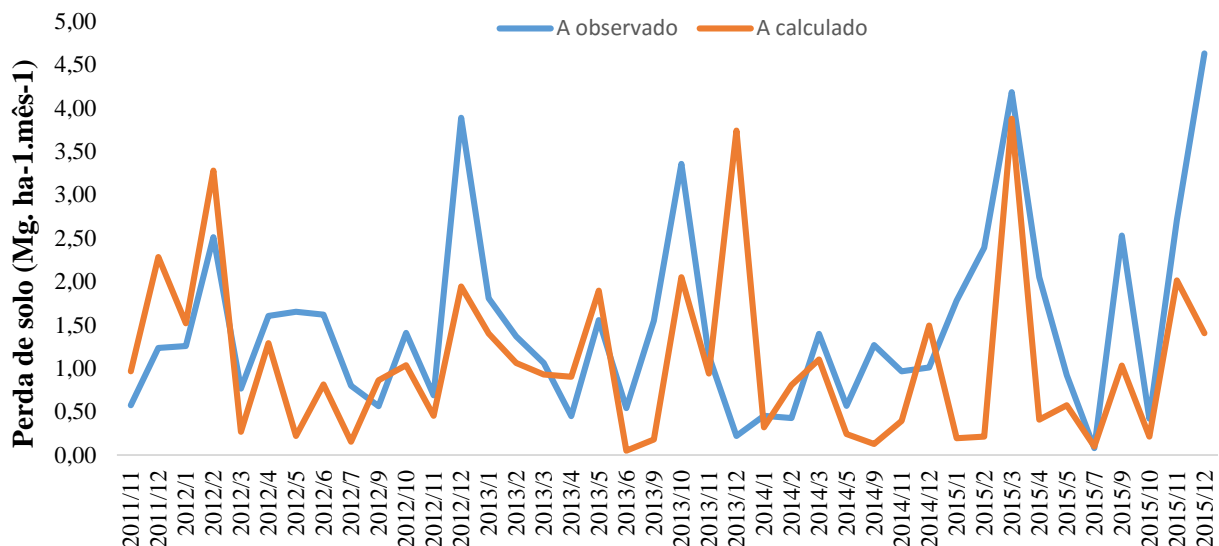


Figura 13. Valores mensais e anuais de erosão hídrica

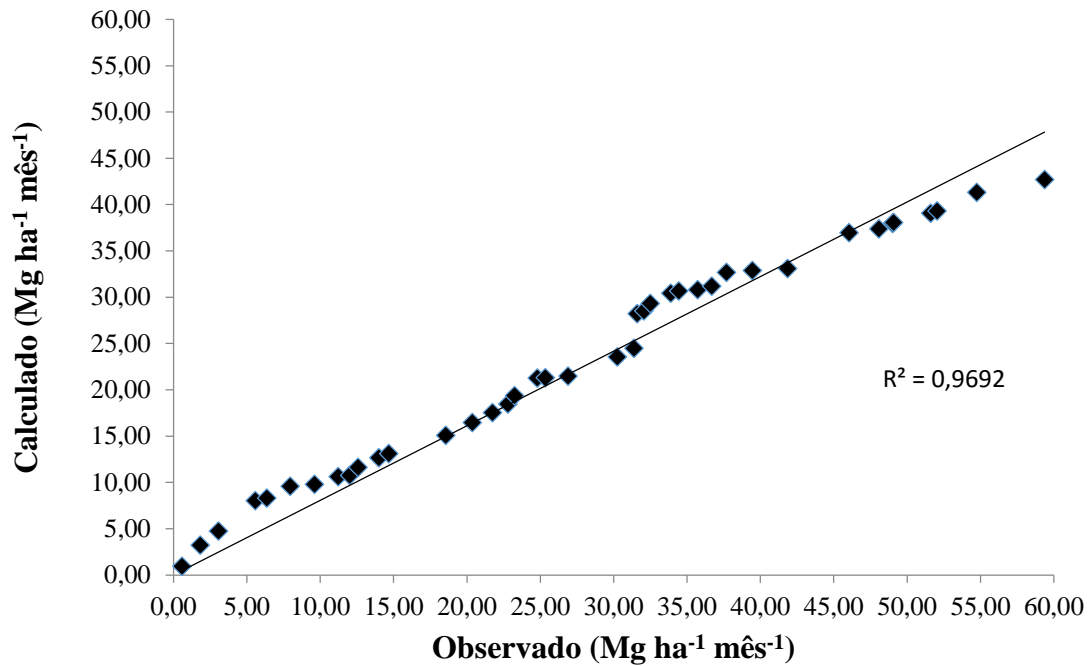


Figura 14. Dispersão entre Ao e Ac acumulados

Dessa forma, o valor obtido pelo método dos mínimos quadrados para o fator de erodibilidade médio mensal, determinado pelo quociente entre as perdas médias mensais de solo e as erosividades médias mensais das chuvas, foi de $K = 0,0032 \text{ Mg ha h ha}^{-1} \text{ MJ}^{-1} \text{ mm}^{-1}$.

A tabela de interpretação de erodibilidade (Tabela 06), citada por Carvalho (1994) e convertida para o Sistema Internacional de Unidades, conforme Foster et al. (1981), no trabalho de Silva (2005), indica que para o fator de erodibilidade encontrado pode ser considerado baixo.

Tabela 06 – Classes de valores e suas respectivas interpretações para erodibilidade dos solos

Limites de valores ($\text{Mg ha h ha}^{-1} \text{ MJ}^{-1} \text{ mm}^{-1}$)	Classe de interpretação
<0,01529	Erodibilidade baixa
0,01529 – 0,03058	Erodibilidade média
>0,03058	Erodibilidade alta

Fonte: Carvalho (1994)

Observando-se os dados mensais de erosividade e de perdas de solo (média das parcelas), Tabela 07, verificou-se que houve variações entre os meses estudados. Tais variações eram em parte esperadas, pois, segundo Wischmeier e Smith (1978), registros de dados de perda de solo e chuva de curtos períodos de tempo estão sujeitos às variações cíclicas e flutuações aleatórias do clima e às outras variações não controladas que se refletem na definição da USLE,

os quais devem, por isso, serem obtidos em longo prazo. Essa observação já fora percebida por Schick (2014), cuja pesquisa foi conduzida numa série contínua de 20 anos.

Tabela 07 – Valores mensais de erosividade das chuvas e valores médios mensais de perdas de solo

Data	Erosividade (MJ mm ha ⁻¹ h ⁻¹ mês ⁻¹)	Perda de solo média (Mg ha ⁻¹ mês ⁻¹)	Data	Erosividade (MJ mm ha ⁻¹ h ⁻¹ mês ⁻¹)	Perda de solo média (Mg ha ⁻¹ mês ⁻¹)
nov/11	312,9	0,58	jan/14	104,3	0,45
dez/11	740,5	1,23	fev/14	261,1	0,43
jan/12	493	1,26	mar/14	357,8	1,4
fev/12	1062,9	2,51	abr/14	41,6	0
mar/12	86,8	0,77	mai/14	78,2	0,57
abr/12	418	1,60	jun/14	0	0
mai/12	71,5	1,65	jul/14	0	0
jun/12	263,8	1,62	ago/14	0	0
jul/12	50,1	0,80	set/14	41,4	1,27
ago/12	0	0	out/14	0	0
set/12	279,6	0,56	nov/14	127,6	0,96
out/12	335,8	1,41	dez/14	484	1,01
nov/12	146,4	0,69	jan/15	62,6	1,78
dez/12	630,6	3,89	fev/15	69	2,39
jan/13	454,3	1,80	mar/15	1257,7	4,18
fev/13	343,9	1,37	abr/15	132,5	2,05
mar/13	301,2	1,06	mai/15	186,4	0,92
abr/13	292,7	0,45	jun/15	0	0
mai/13	615,1	4,56	jul/15	31,9	0,08
jun/13	16,9	0,54	ago/15	0	0
jul/13	0	0	set/15	334,6	2,53
ago/13	0	0	out/15	68,9	0,42
set/13	58,60	1,55	nov/15	653,50	2,71
out/13	664,80	3,36	dez/15	455,40	4,63
nov/13	304,30	1,14			
dez/13	1213,10	0,22			

De acordo com Bertol et al. (2002), as variações dos valores do Tabela 07 podem ser atribuídas, em parte, às variações de teor de água no solo antecedente às chuvas e à não uniformidade de sua distribuição ao longo do período experimental.

O valor do fator K da USLE, observado neste Trabalho, não enquadrrou-se na faixa de valores do índice de erodibilidade do solo, medidos e, ou, estimados no Brasil, que é de 0,006 a 0,049 Mg ha h ha⁻¹ MJ⁻¹ mm⁻¹, segundo Cogo (1988). Esse resultado respalda o que é pontuado em Wischmeier & Smith (1965) e em Wischmeier (1976). Esses autores recomendaram que o início da avaliação dos dados de perda de solo deve ser após um período mínimo de dois anos com o solo manejado sob a condição-padrão, definindo, assim, que o fator K deve contemplar 20 anos consecutivos de registro de dados de perda de solo e erosividade das chuvas.

7. CONCLUSÃO

O valor encontrado para o fator de erodibilidade, considerando o período de estudo de 2011 a 2015 em um Neossolo Quartzarênico, é de $K = 0,0032 \text{ Mg ha h ha}^{-1} \text{ MJ}^{-1} \text{ mm}^{-1}$, valor interpretado como baixa erodibilidade.

Embora os procedimentos de Wischmeier e Smith (1965) sejam considerados padrão para avaliação de campo de K, há muita variação em técnicas de plotagem e em métodos para o cálculo dos valores K, por exemplo, a adoção de diferentes períodos de observação para as parcelas de escoamento, interpretações de chuvas erosivas, procedimentos de ponderação perda de solo, tamanhos de parcela, preparações e manutenção. Assim, na literatura, os detalhes sobre os procedimentos de determinação K são pouco suficientes, gerando alguma incerteza quanto à exatidão dos valores de K relatados.

Tendo em vista os maiores valores de erosividade das chuvas que ocorrem no período de dezembro a março, essa época do ano apresenta os maiores riscos de perdas de solo por erosão hídrica, sendo, por isso, necessário maior cuidado quanto ao manejo dos solos agrícolas.

De junho para agosto, de outono-inverno, geralmente as chuvas são de maior duração e baixa intensidade, havendo um decréscimo na precipitação pluvial e erosividade.

A utilização do Fator “R” na Equação Universal de Perdas de Solo, determinado pelo índice EI₃₀, foi feita para um período de quatro anos e dois meses, considerado curto em relação ao período mínimo recomendado de 10 anos. Por isso, esse modelo não é indicado para predição de perdas em eventos individuais de chuva, períodos de alguns meses ou poucos anos. Porém, ressalta-se a importância de utilização da metodologia adotada neste trabalho na complementação de pesquisas que considerem maior período de avaliação. Tais limitações do modelo devem ser bem conhecidas e entendidas por todos os usuários desta ferramenta de planejamento agrícola.

REFERÊNCIAS

ALATORRE, L.; BERGUERIA, S. Identification of eroded areas using remot sensing in a badlands landscape on marls in the central Spanish Pyrenees. **Catena**, v.76, n.3, p.182-190, 2009.

ALVARES, C.A. et al. Koppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v.22, n.6, p.711-728, 2014.

ANGULO, R.J.; ROLOFF, G.; SOUZA, M.L.P. Relações entre a erodibilidade e agregação, granulometria e características químicas de solos brasileiros. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.8, n.1, p.133-138, 1984.

AUERSWALD, K. Use and misuse of the K factor equation in soil erosion modeling: an alternative equation for determining USLE nomograph soil erodibility values. **Catena**, v.118, p.220-225, July, 2014.

- BAGARELLO, V. et al. Predicting soil loss on moderate slopes using an empirical model for sediment concentration. **Journal of Hydrology**, v.400, p.267-273, 2011.
- BERTOL, I.; SCHICK, J.; BATISTELA, O.; LEITE, D.; AMARAL, A. J. Erodibilidade de um Cambissolo Húmico Alumínico Léptico, determinada sob chuva natural entre 1989 e 1998 em Lages (SC). *R. Bras. Ci. Solo*, 26:465-471, 2002
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. São Paulo: Ícone, 1999.
- BRADY, N.C.; WEIL, R.R. **The Nature and properties of soils**. 13thed. New York: Prentice Hall, 2002.
- CABEDA, M.S.V. **Computations of storms EI values**. West Lafayette: Purdue University, 1976.
- CARVALHO, N. de O. **Hidrossedimentologia prática**. Rio de Janeiro: Companhia de Pesquisa em Recursos Minerais (CPRM), 1994, 372 p.
- CARVALHO, N.O. **Hidrossedimentologia prática**. 2.ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2008.
- CASANELLAS, J.P. **Edafologia/edaphology**: para la agricultura y el medio ambiente. Madrid: Mundi-Prensa, 2003.
- CASSOL, E.A. et al. Erosividade das chuvas em Porto Alegre, RS, determinada pelo índice EI₃₀, com base no período de 1974 a 2003. In: REUNIÃO SUL-BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO, 5., 2004. Florianópolis. **Anais**. Florianópolis: SBCS – Núcleo Regional Sul, 2004. Cd-ROM.
- COGO, N.P. Conceitos e princípios científicos envolvidos no manejo de solo para fins de controle da erosão hídrica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 21., Campinas, 1988. **Anais**. Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1988. p.251-262.
- COGO, N.P.; LEVIEN, R.; SCHWARZ, R.A. Perdas de solo e água por erosão hídrica influenciadas por métodos de preparo, classes de declive e níveis de fertilidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, n.4, p.743-753, 2003.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de métodos de análise de solos**. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solo, 1997.
- FLANAGAN, D.C.; FOSTER, G.R.; MOLDENHAUER, W.C. Storm pattern effect on infiltration, runoff and erosion. **Transactions of the American Society of Agricultural Engineers**, v.31, n.2, p.414-420, Mar./Apr. 1988.
- FLANAGAN, D.C. et al. Advances in soil erosion research: processes, measurement, and modeling. **Transactions of the ASABE**, v.56, n.2, p.455-463, 2013. Disponível em:<<http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2s2.084878584090&partnerID=40&md5=a0708a6db9d4962b7a23c045585d8fc0>>.
- FOSTER, G.R., 2005. Draft: Science Documentation. Revised Universal Soil Loss Equation version 2 (RUSLE2)USDA-Agricultural Research Service, Washington, D.C.

FOSTER, G.R.; WISCHMEIER, W.H. Evaluating irregular slopes for soil loss prediction. **Transactions of the ASAE**, v.17, n.2, p.305-309, 1974.

FOSTER, G.R.; McCOOL, D.K.; RENARD, K.G. & MOLDENHAUER, W.C. Conversion of the universal soil loss equation to SI units. *J. Soil Water Conserv.*, 36:355-359, 1981.

HORNER, W.W.; JENS, S.W. Surface runoff determination from rainfall without using coefficients. **Transactions of the ASCE**, v.107, n.1, p.1039-1117, 1942.

HUDSON, N.W. **Medición sobre el terreno de la erosión del suelo y de la escorrentía**. Roma: FAO, 1997. (Boletín de suelos de la FAO, 68).

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Indicadores de desenvolvimento sustentável**. Brasília: Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Série Estudos e Pesquisa, Informação Geográfica, 2002, n. 2, 195 p. (www.ibge.gov.br).

KINNEL, P.I.A. Event soil loss, runoff and the universal soil loss equation family of models: a review. **Journal of Hydrology**, v.38, n.1-4, p.384-397, 2010.

_____. A Review of the design and operation of runoff and soil loss plots. **Catena**, v.145, p.257-265, 2016.

KIRKBY, J.; MORGAN, R.P.C. **Soil erosion**. New York: Wiley, 1980.

LAL, R. Soil degradation by erosion. **Land Degradation & Development**, v.12, n.6, p.519-539, 2001.

MONTGOMERY, D.R. **Soil erosion and agricultural sustainability**. Seattle: University of Washington/Department of Earth and Space Sciences, 2007.

MORGAN, R.P.C. **Soil erosion and conservation**. New York: Wiley, 2009.

OLIVEIRA, P.T.S.; WENDLAND, E.; NEARING, M.A. Rainfall erosivity in Brazil: a review. **Catena**, v.100, p.139-147, 2012.

OLIVEIRA, P.T.S.; NEARING, M.A.; WENDLAND, E. Orders of magnitude increase in soil erosion associated with land use change from native to cultivated vegetation in a Brazilian savannah environment. **Earth Surface Processes and Landforms**, v.40, n.11, p.1524-1532, Apr. 2015.

PERALTA, M.P. **Uso, classificação e conservação de solos**. Santiago: Servicio y Agrícola y Ganadero, 1976.

PINESE JÚNIOR, J.F.; CRUZ, L.M.; RODRIGUES, S.C. Monitoramento de erosão laminar em diferentes usos da terra, Uberlândia-MG. **Sociedade & Natureza**, v.20, n.2, p.157-175, 2008.

PULIDO GÓMEZ, J.D. **Estimativa de erosão pela equação universal de perda de solo (USLE) e transferência de sedimentos para todo território brasileiro**. 2012. 89p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2012.

RANIERI, S.B.L. **Avaliação de métodos e escalas de trabalho para a determinação de risco de erosão em bacia hidrográfica utilizando sistema de informações geográficas (SIG)**. 1996. 128 p. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1996.

RENARD, K.G. et al. **Predicting soil erosion by water: a guide to conservation planning with the revised universal soil loss equation (RUSLE)**. Washington: U.S.Department of Agriculture; Agricultural Research Service, 1997. (Agriculture Handbook, nº 703).

RIGHETTO, A.M. **Hidrologia e recursos hídricos**. São Paulo: EESC/USP, 1998. p.731-813.

ROMKENS, M.J.M. The Soil erodibility factor: a perspective. In: SOIL erosion and conservation. Ankeny: Soil Conservation Society of America, 1985. p.445-461.

SADEGHI, S.H.R.; SEGHALEH, M.B.; RANGAVAR, A.S. Plot sizes dependency of runoff and sediment yield estimates from a small watershed. **Catena**, v.102, p.55-61, 2013.

SCHICK, J.; BERTOL, I.; COGO, N. P.; GONZÁLEZ, A. P. Erodibilidade de um Cambissolo Húmico sob chuva natural. R. Bras. Ci. Solo, 38:1906-1917, 2014.

SILVA, A.M., 2004. Rainfall erosivity map for Brazil. **Catena** 57, 251–259. <http://dx.doi.org/10.1016/j.catena.2003.11.006>.

SILVA, A.M.; ALVARES, C.A. **Levantamento de informações e estruturação de um banco dados sobre a erodibilidade de classes de solos no estado de São Paulo**. 2005. 10p. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queirós, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

ANEXOS

Anexo 1– Dados individuais das chuvas erosivas de outubro de 2011 a dezembro de 2015

Legenda:

PREC	precipitação total da chuva (em mm)
TP	tipo hidrológico da chuva (1, 2 ou 3, respectivamente, Avançada, intermediária ou atrasada)
EC(W)	energia cinética total calculada a partir da equação básica de energia de Wischmeier ($e = 0,119 + 0,0873 \log_{10} i$), em MJ ha ⁻¹
I ₃₀	intensidade máxima da chuva determinada com base em um período contínuo de 30 minutos, em mm/h
EI ₃₀	erosividade da chuva (produto de EC(W) por I ₃₀), em MJ mm ha ⁻¹ h ⁻¹
WKE > 10	energia cinética com base na equação de Wischmeier, para os segmentos de chuvas com intensidade maior que 10 mm h ⁻¹

$WKE > 25$ energia cinética com base na equação de Wischmeier, para os segmentos de chuvas com intensidade maior que 25 mm h^{-1} .

AVALIACAO DO POTENCIAL EROSIVO DAS CHUVAS DE 2011 EM IAB1

DATA	NUM.	PREC	TP	EC(W)	I30	EI30	WKE>10	WKE>25	DURACAO
14/10/201	1	54.0	1	10.8	31.2	337.1	6.1	2.8	24h20min
25/10/201	2	10.4	2	1.9	9.6	18.5	.8	.0	4h40min
29/10/201	3	8.0	1	1.3	8.4	11.2	.7	.0	8h50min
TOTAL OUT	3	72.4		14.1	31.2	366.8			
13/11/201	1	28.2	3	6.1	31.6	193.2	5.0	3.5	13h20min
14/11/201	2	36.0	2	6.3	14.4	91.4	2.8	1.4	27h10min
22/11/201	3	10.0	3	1.8	6.4	11.2	1.2	.0	13h 0min
26/11/201	4	15.0	1	2.5	6.8	17.1	.0	.0	6h20min
TOTAL NOV	4	89.2		16.7	31.6	312.9			
07/12/201	1	22.8	1	4.1	11.6	47.6	.9	.0	8h40min
08/12/201	2	81.4	3	17.2	25.6	440.8	12.0	4.8	19h20min
10/12/201	3	13.2	3	2.6	16.0	41.4	1.6	1.2	4h20min
22/12/201	4	10.0	2	2.1	11.2	23.7	1.3	.0	1h10min
24/12/201	5	25.0	1	5.4	23.6	126.6	4.1	2.3	3h30min
31/12/201	6	22.4	2	4.0	15.2	60.3	1.7	.0	18h30min
TOTAL DEZ	6	174.8		35.4	25.6	740.5			
TOTAL 2011	13	336.4		66.1	31.6	1420.2			

OBS: CHUVA TIPO 1= AVANCADA (38.46 %) = 5 CHUVAS
 CHUVA TIPO 2= INTERMEDIARIA (30.77 %) = 4 CHUVAS
 CHUVA TIPO 3= ATRASADA (30.77 %) = 4 CHUVAS

AVALIACAO DO POTENCIAL EROSIVO DAS CHUVAS DE 2012 EM IAB1

DATA	NUM.	PREC	TP	EC(W)	I30	EI30	WKE>10	WKE>25	DURACAO
01/01/201	1	28.2	1	5.0	14.8	74.1	1.8	.0	21h 0min
08/01/201	2	10.0	2	2.2	16.8	36.7	1.9	1.0	1h50min
10/01/201	3	17.6	1	3.2	14.4	46.6	1.5	.0	9h 0min
11/01/201	4	14.0	3	2.2	7.6	17.0	.0	.0	10h30min
15/01/201	5	12.0	3	1.3	3.2	4.1	.0	.0	24h50min
16/01/201	6	16.0	3	3.3	20.4	66.4	2.4	1.1	11h20min
17/01/201	7	18.6	1	3.3	14.8	49.5	1.6	1.1	11h20min
18/01/201	8	12.4	1	3.0	22.8	67.6	2.9	2.2	5h50min
19/01/201	9	10.2	1	1.8	10.8	18.9	.8	.0	9h20min
21/01/201	10	12.6	1	2.1	8.4	17.7	.5	.0	6h 0min
22/01/201	11	12.0	1	2.9	21.6	62.5	2.7	2.2	1h30min
27/01/201	12	20.0	1	3.6	8.8	31.9	.0	.0	11h40min
TOTAL JAN	12	183.6		33.9	22.8	493.0			
10/02/201	1	24.2	1	5.8	27.6	159.3	5.2	3.8	5h50min
11/02/201	2	32.4	1	6.6	25.6	169.5	3.1	2.7	5h30min
23/02/201	3	50.6	1	11.8	48.0	565.5	9.4	7.8	6h30min
26/02/201	4	28.2	3	6.3	26.8	168.6	5.5	1.8	3h40min
TOTAL FEV	4	135.4		30.5	48.0	1062.9			
01/03/201	1	16.6	1	3.5	21.6	75.4	2.4	2.4	3h30min
03/03/201	2	10.4	1	1.8	6.5	11.5	.6	.0	7h20min
TOTAL MAR	2	27.0		5.3	21.6	86.8			

AVALIACAO DO POTENCIAL EROSIVO DAS CHUVAS DE 2012 EM IAB1

DATA	NUM.	PREC	TP	EC(W)	I30	EI30	WKE>10	WKE>25	DURACAO
21/04/201	1	31.0	1	6.8	32.4	219.3	5.0	2.9	11h30min
26/04/201	2	11.2	3	2.0	8.4	16.5	.9	.0	5h50min
29/04/201	3	65.0	1	11.1	16.4	182.3	3.4	.0	39h10min

TOTAL ABR	3	107.2		19.8	32.4	418.0			

12/05/201	1	26.8	1	5.1	12.0	61.5	2.8	.0	8h30min
14/05/201	2	15.8	2	2.5	4.0	10.0	.0	.0	8h50min

TOTAL MAI	2	42.6		7.6	12.0	71.5			

04/06/201	1	13.2	3	2.3	7.0	15.7	1.3	.0	15h 0min
08/06/201	2	23.0	1	4.2	19.6	83.1	2.3	1.1	13h30min
20/06/201	3	73.6	1	12.9	12.8	165.1	3.8	.0	45h 0min

TOTAL JUN	3	109.8		19.4	19.6	263.8			

17/07/201	1	16.4	2	3.2	15.6	50.1	1.8	1.4	7h30min

TOTAL JUL	1	16.4		3.2	15.6	50.1			

21/09/201	1	45.0	1	8.6	20.8	179.1	3.3	1.1	16h40min
25/09/201	2	19.0	1	4.1	24.4	100.5	3.3	2.4	3h 0min

TOTAL SET	2	64.0		12.7	24.4	279.6			

16/10/201	1	14.0	1	2.2	6.0	13.0	.4	.0	13h10min
23/10/201	2	33.4	1	5.7	12.0	68.9	2.1	.0	21h40min
25/10/201	3	27.2	3	6.5	39.2	254.0	5.6	4.2	2h50min

TOTAL OUT	3	74.6		14.4	39.2	335.8			

08/11/201	1	33.0	1	6.3	22.0	137.7	3.4	2.3	18h40min
24/11/201	2	14.4	3	1.9	4.5	8.7	.0	.0	22h 0min

TOTAL NOV	2	47.4		8.2	22.0	146.4			

01/12/201	1	17.0	1	3.1	16.4	51.2	1.9	.0	11h 0min
02/12/201	2	20.4	1	4.3	19.2	82.5	2.5	1.5	3h 0min
09/12/201	3	11.6	1	2.5	19.2	48.6	2.0	1.1	2h30min
12/12/201	4	17.2	1	3.5	20.8	73.4	2.3	1.3	6h50min
13/12/201	5	14.4	1	2.9	11.3	32.8	1.1	1.1	4h20min
14/12/201	6	38.0	1	6.3	12.8	80.3	1.9	.0	37h 0min
17/12/201	7	18.6	1	2.8	6.0	16.6	.0	.0	13h40min
28/12/201	8	35.8	3	8.4	29.2	245.2	6.8	6.0	7h50min

TOTAL DEZ	8	173.0		33.8	29.2	630.6			

TOTAL 2012	42	981.0		188.8	48.0	3838.4			

OBS: CHUVA TIPO 1= AVANCADA (71.43 %) = 30 CHUVAS
 CHUVA TIPO 2= INTERMEDIARIA (7.14 %) = 3 CHUVAS
 CHUVA TIPO 3= ATRASADA (21.43 %) = 9 CHUVAS

AVALIACAO DO POTENCIAL EROSIVO DAS CHUVAS DE 2013 EM IAB2

DATA	NUM.	PREC	TP	EC(W)	I30	EI30	WKE>10	WKE>25	DURACAO
12/01/201	1	93.2	1	18.9	22.4	424.3	12.1	3.5	36h 0min
15/01/201	2	10.8	2	1.7	8.8	15.2	.5	.0	10h30min
16/01/201	3	14.8	3	2.5	6.0	14.9	.0	.0	7h 0min

TOTAL JAN	3	118.8		23.1	22.4	454.3			

06/02/201	1	26.4	2	6.5	45.2	295.8	6.1	5.4	7h20min
09/02/201	2	11.4	1	2.5	19.2	47.3	2.1	1.2	11h30min
27/02/201	3	1.4	3	.3	2.8	.8	.0	.0	0h10min

TOTAL FEV	3	39.2		9.3	45.2	343.9			

09/03/201	1	21.2	1	4.2	14.8	61.7	2.7	1.0	12h50min
11/03/201	2	25.6	3	5.8	38.0	219.6	5.0	4.1	15h 0min
20/03/201	3	21.6	1	3.6	5.6	19.9	.0	.0	16h20min

TOTAL MAR	3	68.4		13.5	38.0	301.2			

02/04/201	1	25.0	1	5.9	32.3	190.3	5.1	3.5	16h10min
05/04/201	2	26.2	1	5.2	12.8	66.7	3.2	1.2	9h40min
12/04/201	3	15.0	1	2.5	14.0	35.7	1.6	1.6	28h 0min

TOTAL ABR	3	66.2		13.7	32.3	292.7			

27/05/201	1	28.2	1	6.2	28.4	176.4	4.7	1.8	5h30min
28/05/201	2	93.8	1	16.9	26.0	438.7	6.5	2.5	42h30min

TOTAL MAI	2	122.0		23.1	28.4	615.1			

30/06/201	1	11.4	1	2.2	7.8	16.9	.9	.0	7h10min

TOTAL JUN	1	11.4		2.2	7.8	16.9			

17/09/201	1	26.2	1	4.4	8.1	35.4	1.2	.0	19h20min
29/09/201	2	10.0	2	1.4	5.7	8.3	.4	.0	11h50min
30/09/201	3	7.0	3	1.4	10.8	14.9	.9	.0	1h20min

TOTAL SET	3	43.2		7.2	10.8	58.6			

01/10/201	1	3.2	2	.4	2.4	1.0	.0	.0	3h10min
02/10/201	2	42.8	3	10.3	34.1	351.0	8.6	7.1	7h30min
04/10/201	3	33.2	1	7.1	23.6	166.6	4.8	3.9	13h50min
17/10/201	4	31.6	2	6.1	24.0	146.2	2.9	2.3	13h40min

TOTAL OUT	4	110.8		23.9	34.1	664.8			

04/11/201	1	49.0	1	9.7	20.0	194.1	5.8	.0	18h40min
06/11/201	2	23.8	2	3.5	4.8	16.7	.0	.0	25h 0min
29/11/201	3	18.8	1	4.3	21.6	93.5	3.6	2.0	1h30min

TOTAL NOV	3	91.6		17.5	21.6	304.3			

08/12/201	1	23.8	1	6.3	47.6	301.6	6.3	6.3	0h30min
20/12/201	2	41.2	1	11.3	76.4	859.8	11.2	9.7	1h10min
31/12/201	3	17.4	1	3.4	15.2	51.7	1.4	.0	3h50min

TOTAL OUT	3	82.4		21.0	76.4	1213.1			

TOTAL 2013	28	754.0		154.4	76.4	4264.7			

OBS: CHUVA TIPO 1= AVANCADA (60.71 %) = 17 CHUVAS
 CHUVA TIPO 2= INTERMEDIARIA (21.43 %) = 6 CHUVAS
 CHUVA TIPO 3= ATRASADA (17.86 %) = 5 CHUVAS

AVALIACAO DO POTENCIAL EROSIVO DAS CHUVAS DE 2014 EM IAB1

DATA	NUM.	PREC	TP	EC(W)	I30	EI30	WKE>10	WKE>25	DURACAO
14/01/201	1	15.8	1	3.0	10.4	30.8	2.2	.0	9h20min
23/01/201	2	17.4	2	3.7	19.6	73.5	3.3	.0	3h30min
TOTAL JAN	2	33.2		6.7	19.6	104.3			
15/02/201	1	17.8	1	3.1	14.4	44.7	1.6	.0	13h50min
16/02/201	2	8.2	1	1.6	12.0	19.4	1.3	.0	1h30min
25/02/201	3	15.2	1	3.1	20.8	64.8	2.5	1.2	6h30min
27/02/201	4	25.2	1	4.9	26.8	132.2	3.3	3.3	17h30min
TOTAL FEV	4	66.4		12.8	26.8	261.1			
01/03/201	1	9.4	2	2.0	11.2	21.9	1.5	1.1	1h50min
04/03/201	2	17.4	1	2.7	8.8	23.7	.0	.0	23h30min
07/03/201	3	21.8	1	5.7	41.6	237.7	5.4	5.4	3h10min
11/03/201	4	23.2	1	4.4	14.8	65.6	2.8	.0	10h 0min
31/03/201	5	8.0	2	1.4	6.5	8.8	.6	.0	4h50min
TOTAL MAR	5	79.8		16.2	41.6	357.8			
22/04/201	1	18.0	3	3.6	11.6	41.6	1.3	.0	2h50min
TOTAL ABR	1	18.0		3.6	11.6	41.6			
22/05/201	1	35.2	2	6.5	12.0	78.2	2.9	.0	16h30min
TOTAL MAI	1	35.2		6.5	12.0	78.2			
02/09/201	1	11.6	2	2.1	8.8	18.3	1.4	.0	10h30min
20/09/201	2	7.4	1	1.1	4.4	4.9	.0	.0	7h 0min
26/09/201	3	11.6	3	1.9	9.6	18.1	.7	.0	17h40min
TOTAL SET	3	30.6		5.1	9.6	41.4			
02/11/201	1	29.8	1	5.3	11.6	61.1	2.0	.0	14h30min
04/11/201	2	22.8	2	4.2	9.2	38.6	.0	.0	5h 0min
07/11/201	3	25.4	2	3.4	3.2	10.9	.0	.0	25h10min
25/11/201	4	22.2	2	3.5	4.8	17.0	.0	.0	15h40min
TOTAL NOV	4	100.2		16.4	11.6	127.6			
04/12/201	1	11.0	3	2.6	20.8	54.0	2.5	1.7	0h50min
12/12/201	2	49.2	1	9.3	36.8	342.9	4.7	4.7	23h20min
18/12/201	3	6.0	2	1.5	12.0	17.7	1.4	1.4	0h20min
19/12/201	4	16.2	1	3.2	14.8	47.8	2.6	.0	8h50min
22/12/201	5	41.2	1	5.4	4.0	21.6	.0	.0	53h20min
TOTAL DEZ	5	123.6		22.0	36.8	484.0			
TOTAL 2014	25	487.0		89.3	41.6	1495.9			

OBS: CHUVA TIPO 1= AVANÇADA (52.00 %) = 13 CHUVAS
 CHUVA TIPO 2= INTERMEDIARIA (36.00 %) = 9 CHUVAS
 CHUVA TIPO 3= ATRASADA (12.00 %) = 3 CHUVAS

AVALIACAO DO POTENCIAL EROSIVO DAS CHUVAS DE 2015 EM IAB1

DATA	NUM.	PREC	TP	EC(W)	I30	EI30	WKE>10	WKE>25	DURACAO
10/01/201	1	12.2	1	2.8	22.4	62.6	2.7	1.2	2h40min
TOTAL JAN	1	12.2		2.8	22.4	62.6			
08/02/201	1	16.6	1	2.8	5.2	14.6	.0	.0	4h40min
25/02/201	2	19.6	1	3.7	14.8	54.3	2.1	.0	7h40min
TOTAL FEV	2	36.2		6.5	14.8	69.0			

AVALIACAO DO POTENCIAL EROSIVO DAS CHUVAS DE 2015 EM IAB1

DATA	NUM.	PREC	TP	EC(W)	I30	EI30	WKE>10	WKE>25	DURACAO
07/03/201	1	24.6	1	5.9	38.4	227.2	5.5	5.0	6h40min
08/03/201	2	19.0	1	3.6	15.6	55.6	1.7	.0	9h10min
08/03/201	3	10.2	3	1.4	5.2	7.2	.0	.0	14h10min
16/03/201	4	23.8	2	5.4	33.2	180.3	4.2	3.6	3h10min
21/03/201	5	46.4	2	11.3	66.0	747.3	9.7	9.1	10h40min
30/03/201	6	11.0	2	2.3	17.2	40.1	1.8	.0	2h 0min
TOTAL MAR	6	135.0		29.9	66.0	1257.7			
23/04/201	1	15.8	3	4.2	31.6	132.5	4.2	4.2	0h20min
TOTAL ABR	1	15.8		4.2	31.6	132.5			
04/05/201	1	14.4	1	2.5	7.0	17.8	.9	.0	4h40min
10/05/201	2	17.6	1	3.5	18.8	66.5	2.1	1.6	5h40min
30/05/201	3	41.4	1	7.5	13.6	102.1	3.3	.0	31h20min
TOTAL MAI	3	73.4		13.6	18.8	186.4			
07/07/201	1	19.0	3	3.2	10.0	31.9	.8	.0	11h50min
TOTAL JUL	1	19.0		3.2	10.0	31.9			
07/09/201	1	65.0	2	12.3	22.0	269.6	5.8	3.5	35h20min
10/09/201	2	18.2	3	2.9	6.8	19.7	.0	.0	13h50min
25/09/201	3	20.4	2	3.4	13.2	45.3	1.4	.0	14h 0min
TOTAL SET	3	103.6		18.6	22.0	334.6			
09/10/201	1	9.4	1	1.6	8.8	14.3	.6	.0	11h10min
22/10/201	2	17.2	1	3.6	11.6	42.0	2.4	1.1	3h 0min
31/10/201	3	8.8	1	1.5	8.4	12.6	.4	.0	4h50min
TOTAL OUT	3	35.4		6.7	11.6	68.9			
01/11/201	1	10.2	1	1.6	7.6	11.8	.4	.0	14h20min
01/11/201	2	10.2	2	1.6	5.2	8.3	.0	.0	5h50min
02/11/201	3	15.2	2	2.5	7.4	18.4	1.1	.0	18h 0min
04/11/201	4	18.0	1	3.4	14.4	48.9	2.8	.0	11h 0min
14/11/201	5	26.2	3	5.1	17.2	87.7	3.1	.0	8h40min
20/11/201	6	24.2	1	4.8	16.0	76.6	2.7	.0	6h10min
23/11/201	7	12.8	1	2.1	5.6	11.6	.4	.0	7h40min
24/11/201	8	38.8	1	9.2	30.4	279.7	7.5	6.2	4h20min
25/11/201	9	16.0	1	4.0	27.6	110.4	3.7	3.2	1h50min
TOTAL NOV	9	171.6		34.2	30.4	653.5			
02/12/201	1	19.0	1	3.7	14.4	53.6	2.6	.0	12h50min
12/12/201	2	10.6	3	2.5	20.4	50.3	2.1	2.1	1h 0min
19/12/201	3	10.4	2	2.4	16.4	38.6	1.7	1.3	0h50min
26/12/201	4	17.0	1	3.8	26.4	101.5	3.2	2.3	3h10min
28/12/201	5	19.2	1	3.4	14.0	47.9	1.4	1.4	17h30min
29/12/201	6	23.4	1	4.0	10.0	40.4	.4	.0	12h40min
31/12/201	7	20.4	2	4.5	27.2	123.2	3.8	2.4	2h50min
TOTAL DEZ	7	120.0		24.4	27.2	455.4			
TOTAL 2015	36	722.2		144.1	66.0	3252.3			

OBS: CHUVA TIPO 1= AVANCADA (58.33 %) = 21 CHUVAS
 CHUVA TIPO 2= INTERMEDIARIA (25.00 %) = 9 CHUVAS
 CHUVA TIPO 3= ATRASADA (16.67 %) = 6 CHUVAS

Anexo 2– Dados individuais diários das perdas de solo de novembro de 2011 a dezembro de 2015

Data Coleta	Rep.	Sedimentos calha-M ₁ (g)	[Sedimentos] (g/L)	Volume (L)	Sedimentos caixas - M ₂ (g)	Erosão total M ₁ +M ₂ (g)	Erosão (Mg/ha)	Coefficiente de variação (%)
14/11/2011	1	485,00	0,72	68,00	48,76	533,99	0,05	63,70
14/11/2011	2	2648,00	0,77	140,00	107,61	2756,05	0,28	
14/11/2011	3	2665,00	1,23	83,00	102,01	2766,76	0,28	
15/11/2011	1	484,00	0,86	172,00	148,67	632,81	0,06	44,24
15/11/2011	2	711,00	0,90	179,50	162,15	873,59	0,09	
15/11/2011	3	1223,00	1,59	168,00	266,34	1489,34	0,15	
23/11/2011	1	876,00	0,85	37,50	31,95	907,95	0,09	33,25
23/11/2011	2	1708,00	0,88	54,40	47,94	1755,94	0,18	
23/11/2011	3	1693,00	1,67	38,80	64,60	1757,60	0,18	
28/11/2011	1	1086,00	0,72	46,00	32,97	1118,97	0,11	9,80
28/11/2011	2	1322,00	0,31	74,80	23,11	1345,11	0,13	
28/11/2011	3	1285,00	0,61	55,20	33,47	1318,47	0,13	
02/12/2011	1	186,00	1,14	3,00	3,42	189,42	0,02	31,13
02/12/2011	2	354,00	1,86	5,00	9,28	363,28	0,04	
02/12/2011	3	312,00	2,47	3,50	8,64	320,64	0,03	
06/12/2011	1	1164,00	0,91	4,50	4,11	1168,11	0,12	4,63
06/12/2011	2	1258,00	0,82	7,00	5,75	1263,75	0,13	
06/12/2011	3	1163,00	0,85	4,50	3,84	1166,84	0,12	
08/12/2011	1	180,00	0,19	35,50	6,79	186,79	0,02	16,89
08/12/2011	2	241,00	0,22	67,60	14,65	255,65	0,03	
08/12/2011	3	245,00	0,25	35,00	8,61	253,61	0,03	
10/12/2011	1	1296,00	2,77	1086,70	3006,54	4302,27	0,43	47,14
10/12/2011	2	2914,00	3,01	3051,50	9169,76	12083,67	1,21	
10/12/2011	3	3891,00	4,10	1094,70	4491,92	8383,01	0,84	
23/12/2011	1	518,00	0,00	4,20	0,00	518,00	0,05	16,33
23/12/2011	2	601,00	0,43	25,50	11,05	612,05	0,06	
23/12/2011	3	435,00	1,58	4,00	6,32	441,32	0,04	
24/12/2011	1	1086,00	0,88	188,00	166,00	1252,00	0,13	28,90
24/12/2011	2	2020,00	1,04	258,50	269,44	2289,44	0,23	
24/12/2011	3	1855,00	0,98	95,20	93,65	1948,65	0,19	
02/01/2012	1	748,00	0,26	205,40	53,13	801,13	0,08	28,62
02/01/2012	2	1209,00	0,22	109,50	24,49	1233,49	0,12	
02/01/2012	3	1421,00	0,23	149,40	35,01	1456,01	0,15	
06/01/2012	1	118,00	0,14	6,80	0,95	118,95	0,01	17,34
06/01/2012	2	159,00	0,16	10,50	1,64	160,64	0,02	
06/01/2012	3	164,00	0,14	14,50	2,02	166,02	0,02	
09/01/2012	1	593,00	0,86	44,80	38,36	631,36	0,06	15,95
09/01/2012	2	811,00	0,82	55,20	45,37	856,37	0,09	
09/01/2012	3	796,00	0,64	55,20	35,13	831,13	0,08	
12/01/2012	1	126,00	0,75	114,70	86,33	212,33	0,02	47,49
12/01/2012	2	226,00	0,75	144,00	107,28	333,28	0,03	
12/01/2012	3	446,00	0,86	127,50	110,12	556,12	0,06	

Data Coleta	Rep.	Sedimentos calha-M ₁ (g)	[Sedimentos] (g/L)	Volume (L)	Sedimentos caixas - M ₂ (g)	Erosão total M ₁ +M ₂ (g)	Erosão (Mg/ha)	Coefficiente de variação (%)
16/01/2012	1	293,00	0,21	2,50	0,53	293,53	0,03	25,39
16/01/2012	2	494,00	0,34	3,00	1,03	495,03	0,05	
16/01/2012	3	403,00	0,27	2,80	0,75	403,75	0,04	
17/01/2012	1	190,00	1,98	502,30	992,04	1182,49	0,12	67,04
17/01/2012	2	807,00	2,07	399,00	827,13	1633,95	0,16	
17/01/2012	3	3287,00	2,14	346,50	742,09	4028,61	0,40	
18/01/2012	1	797,00	0,98	189,40	185,30	982,78	0,10	39,94
18/01/2012	2	797,00	1,25	158,70	198,43	995,92	0,10	
18/01/2012	3	1665,00	1,42	151,00	214,12	1878,92	0,19	
19/01/2012	1	58,00	1,31	230,70	301,52	359,45	0,04	76,59
19/01/2012	2	471,00	1,55	241,40	373,93	845,00	0,08	
19/01/2012	3	1501,00	1,79	232,70	415,83	1916,81	0,19	
20/01/2012	1	246,00	1,87	109,50	204,84	450,67	0,05	41,97
20/01/2012	2	886,00	2,04	104,50	213,01	1099,15	0,11	
20/01/2012	3	773,00	3,96	75,60	299,17	1072,03	0,11	
22/01/2012	1	251,00	0,98	40,80	39,90	290,90	0,03	24,97
22/01/2012	2	379,00	0,98	44,40	43,32	422,32	0,04	
22/01/2012	3	455,00	1,12	28,40	31,89	486,89	0,05	
23/01/2012	1	734,00	1,15	1502,00	1728,80	2462,80	0,25	38,36
23/01/2012	2	734,00	1,23	680,50	837,24	1571,19	0,16	
23/01/2012	3	1043,00	2,39	1026,90	2451,89	3495,09	0,35	
27/01/2012	1	336,00	1,04	63,50	65,96	401,67	0,04	12,41
27/01/2012	2	373,00	1,36	64,70	88,01	461,33	0,05	
27/01/2012	3	440,00	1,57	48,00	75,44	515,69	0,05	
28/01/2012	1	206,00	0,47	519,40	243,25	448,82	0,04	42,22
28/01/2012	2	606,00	0,95	414,90	395,68	1001,22	0,10	
28/01/2012	3	1039,00	0,37	258,20	96,74	1135,25	0,11	
11/02/2012	1	3208,00	0,76	224,70	170,70	3379,17	0,34	24,31
11/02/2012	2	2718,00	0,59	231,40	135,91	2853,74	0,29	
11/02/2012	3	4256,00	1,26	242,70	305,64	4561,47	0,46	
12/02/2012	1	2641,00	0,81	228,00	185,21	2826,21	0,28	6,35
12/02/2012	2	2265,00	0,96	235,00	225,68	2490,68	0,25	
12/02/2012	3	2501,00	0,83	242,00	201,91	2702,91	0,27	
20/02/2012	1	760,00	1,44	121,50	175,24	935,49	0,09	66,72
20/02/2012	2	1914,00	1,50	144,00	216,29	2129,80	0,21	
20/02/2012	3	3785,00	2,66	113,00	300,77	4085,43	0,41	
24/02/2012	1	7106,00	1,36	2011,10	2741,80	9847,41	0,98	22,30
24/02/2012	2	3165,00	2,34	2246,50	5246,33	8410,90	0,84	
24/02/2012	3	5447,00	4,28	1751,20	7502,14	12949,54	1,29	
27/02/2012	1	3901,00	1,85	678,90	1257,78	5159,15	0,52	38,87
27/02/2012	2	2641,00	1,60	1013,00	1618,44	4259,84	0,43	
27/02/2012	3	6427,00	3,34	680,90	2273,53	8700,34	0,87	

Data Coleta	Rep.	Sedimentos calha-M ₁ (g)	[Sedimentos] (g/L)	Volume (L)	Sedimentos caixas - M ₂ (g)	Erosão total M ₁ +M ₂ (g)	Erosão (Mg/ha)	Coefficiente de variação (%)
02/03/2012	1	4602,00	0,80	137,40	110,33	4712,33	0,47	26,23
02/03/2012	2	3130,00	0,64	158,00	100,80	3230,80	0,32	
02/03/2012	3	5479,00	0,67	127,00	85,47	5564,47	0,56	
06/03/2012	1	1060,00	0,39	16,90	6,64	1066,64	0,11	15,10
06/03/2012	2	1132,00	0,51	20,80	10,57	1142,57	0,11	
06/03/2012	3	1403,00	0,53	19,80	10,55	1413,55	0,14	
17/03/2012	1	1465,00	1,10	23,00	25,22	1490,22	0,15	21,01
17/03/2012	2	2028,00	1,04	28,30	29,38	2057,38	0,21	
17/03/2012	3	2230,00	1,82	28,90	52,51	2282,51	0,23	
09/04/2012	1	883,00	0,00	1,60	0,00	883,00	0,09	15,70
09/04/2012	2	1144,00	0,00	2,30	0,00	1144,00	0,11	
09/04/2012	3	1199,00	0,00	3,30	0,00	1199,00	0,12	
23/04/2012	1	10959,00	0,89	788,40	702,99	11662,42	1,17	31,37
23/04/2012	2	8072,00	1,05	926,40	968,40	9040,44	0,90	
23/04/2012	3	14273,00	2,86	864,40	2469,01	16742,12	1,67	
27/04/2012	1	780,00	1,32	86,50	113,98	893,98	0,09	78,47
27/04/2012	2	1809,00	0,83	91,00	75,41	1884,41	0,19	
27/04/2012	3	4463,00	1,94	90,00	174,60	4637,92	0,46	
02/05/2012	1	9740,00	0,56	1006,50	562,30	10302,30	1,03	16,69
02/05/2012	2	9770,00	0,24	788,50	192,13	9962,13	1,00	
02/05/2012	3	12984,00	0,72	519,90	373,46	13357,91	1,34	
15/05/2012	1	2961,00	0,11	147,00	16,32	2977,32	0,30	14,43
15/05/2012	2	2740,00	0,11	182,00	19,90	2759,90	0,28	
15/05/2012	3	3602,00	0,16	147,50	23,26	3625,35	0,36	
25/05/2012	1	635,00	0,34	165,50	56,60	691,60	0,07	103,30
25/05/2012	2	1037,00	0,35	162,70	56,24	1093,24	0,11	
25/05/2012	3	4691,00	0,77	155,00	119,14	4810,42	0,48	
10/06/2012	1	3684,00	0,37	2344,80	875,39	4559,85	0,46	71,85
10/06/2012	2	4169,00	0,39	2136,70	835,45	5004,11	0,50	
10/06/2012	3	13592,00	0,90	1503,90	1346,99	14939,05	1,49	
26/06/2012	1	7730,00	0,19	1436,00	278,58	8008,58	0,80	22,48
26/06/2012	2	5653,00	0,36	1498,40	535,93	6188,93	0,62	
26/06/2012	3	9255,00	0,45	1173,70	528,56	9783,56	0,98	
17/07/2012	1	2728,00	0,38	152,00	58,27	2785,78	0,28	60,83
17/07/2012	2	2763,00	0,37	189,40	70,39	2833,06	0,28	
17/07/2012	3	7317,00	0,32	171,40	55,19	7371,77	0,74	
20/07/2012	1	1942,00	0,64	551,60	354,49	2296,49	0,23	50,96
20/07/2012	2	2715,00	0,22	930,20	207,74	2922,74	0,29	
20/07/2012	3	5462,00	0,77	448,30	346,39	5808,39	0,58	
22/09/2012	1	2323,00	0,75	165,00	123,20	2446,20	0,24	40,07
22/09/2012	2	2538,00	0,43	153,50	65,60	2603,60	0,26	
22/09/2012	3	4398,00	1,28	313,00	401,06	4799,06	0,48	

Data Coleta	Rep.	Sedimentos calha-M ₁ (g)	[Sedimentos] (g/L)	Volume (L)	Sedimentos caixas - M ₂ (g)	Erosão total M ₁ +M ₂ (g)	Erosão (Mg/ha)	Coefficiente de variação (%)
27/09/2012	1	1233,00	1,03	137,40	140,97	1373,97	0,14	54,33
27/09/2012	2	1353,00	0,80	631,90	502,36	1855,36	0,19	
27/09/2012	3	3224,00	1,73	315,40	546,06	3770,06	0,38	
24/10/2012	1	2636,00	1,14	361,50	412,11	3047,94	0,30	46,84
24/10/2012	2	2950,00	0,80	375,00	300,00	3250,20	0,33	
24/10/2012	3	6437,00	0,80	258,00	207,52	6644,40	0,66	
26/10/2012	1	1446,00	2,99	1040,20	3113,67	4559,93	0,46	59,55
26/10/2012	2	2249,00	2,17	2953,80	6414,67	8663,50	0,87	
26/10/2012	3	12113,00	4,12	948,50	3903,08	16016,23	1,60	
10/11/2012	1	1776,00	0,62	670,70	418,74	2194,74	0,22	87,40
10/11/2012	2	2848,00	0,50	1211,70	601,00	3449,00	0,34	
10/11/2012	3	11081,00	0,66	339,50	224,30	11305,20	1,13	
20/11/2012	1	1014,00	0,46	30,40	13,97	1027,97	0,10	45,71
20/11/2012	2	813,00	0,18	52,50	9,52	822,52	0,08	
20/11/2012	3	1896,00	0,23	10,80	2,50	1898,50	0,19	
03/12/2012	1	1887,00	0,42	935,50	392,29	2279,29	0,23	68,45
03/12/2012	2	4048,00	0,54	830,50	445,70	4493,70	0,45	
03/12/2012	3	8949,00	1,09	544,20	593,54	9542,63	0,95	
10/12/2012	1	2033,00	0,99	321,60	317,74	2350,44	0,24	75,58
10/12/2012	2	3108,00	0,66	452,20	300,11	3408,45	0,34	
10/12/2012	3	9126,00	1,28	256,70	327,72	9454,18	0,95	
13/12/2012	1	649,00	0,34	224,70	75,57	724,57	0,07	78,52
13/12/2012	2	2187,00	0,29	253,40	74,08	2261,08	0,23	
13/12/2012	3	4652,00	0,44	169,00	73,63	4725,49	0,47	
14/12/2012	1	627,00	0,84	346,50	292,68	919,68	0,09	83,56
14/12/2012	2	2120,00	0,60	444,80	268,07	2388,07	0,24	
14/12/2012	3	5657,00	1,07	246,00	263,55	5920,55	0,59	
18/12/2012	1	4946,00	0,55	1509,50	834,25	5780,11	0,58	31,35
18/12/2012	2	5159,00	0,63	930,30	589,50	5748,14	0,57	
18/12/2012	3	9167,00	0,47	893,90	418,64	9585,79	0,96	
29/12/2012	1	6239,00	4,65	1912,00	8883,79	15122,48	1,51	14,78
29/12/2012	2	8223,00	3,42	1593,20	5452,46	13675,88	1,37	
29/12/2012	3	14354,00	3,15	1222,90	3855,40	18209,86	1,82	
14/01/2013	1	3623,00	5,99	1376,90	8251,30	11874,65	1,19	11,76
14/01/2013	2	4545,00	3,35	1957,40	6558,59	11103,63	1,11	
14/01/2013	3	6691,00	2,67	1012,90	2704,44	9395,70	0,94	
16/01/2013	1	680,00	3,45	912,40	3147,78	3828,28	0,38	42,72
16/01/2013	2	1435,00	1,94	1145,90	2226,10	3661,56	0,37	
16/01/2013	3	6201,00	2,24	544,60	1218,63	7419,18	0,74	
17/01/2013	1	1053,00	0,99	133,00	131,36	1184,11	0,12	59,66
17/01/2013	2	1786,00	0,70	106,00	74,48	1860,89	0,19	
17/01/2013	3	3736,00	1,77	41,60	73,42	3809,62	0,38	

Data Coleta	Rep.	Sedimentos calha-M ₁ (g)	[Sedimentos] (g/L)	Volume (L)	Sedimentos caixas - M ₂ (g)	Erosão total M ₁ +M ₂ (g)	Erosão (Mg/ha)	Coefficiente de variação (%)
04/02/2013	1	1954,00	0,72	207,40	149,95	2104,18	0,21	43,24
04/02/2013	2	2628,00	0,57	160,50	90,74	2718,89	0,27	
04/02/2013	3	4711,00	0,46	60,00	27,36	4738,44	0,47	
07/02/2013	1	3505,00	2,05	1160,90	2374,43	5879,63	0,59	22,95
07/02/2013	2	2723,00	1,49	1156,40	1723,42	4446,56	0,44	
07/02/2013	3	5605,00	2,62	575,40	1507,55	7112,54	0,71	
10/02/2013	1	1046,00	0,63	336,00	212,58	1258,46	0,13	60,31
10/02/2013	2	882,00	0,40	246,00	98,40	980,68	0,10	
10/02/2013	3	2788,00	0,47	213,50	100,99	2889,06	0,29	
28/02/2013	1	2433,00	0,77	330,00	253,44	2686,93	0,27	45,91
28/02/2013	2	1574,00	0,52	379,00	195,44	1769,35	0,18	
28/02/2013	3	4312,00	0,49	284,90	139,41	4451,45	0,45	
06/03/2013	1	2609,00	0,65	397,90	258,77	2867,69	0,29	44,02
06/03/2013	2	1118,00	0,36	281,40	100,74	1219,05	0,12	
06/03/2013	3	3114,00	0,51	246,00	124,56	3238,12	0,32	
11/03/2013	1	2354,00	0,33	544,60	177,00	2530,52	0,25	22,57
11/03/2013	2	1943,00	0,21	515,90	107,48	2050,67	0,21	
11/03/2013	3	3068,00	0,63	239,40	149,78	3218,11	0,32	
13/03/2013	1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	173,21
13/03/2013	2	3730,00	1,21	1972,00	2384,81	6114,89	0,61	
13/03/2013	3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
21/03/2013	1	2481,00	1,94	1492,00	2899,95	5380,48	0,54	48,27
21/03/2013	2	1846,00	0,34	666,00	224,44	2070,39	0,21	
21/03/2013	3	1456,00	1,48	1100,00	1631,30	3087,73	0,31	
03/04/2013	1	3123,00	1,43	1944,90	2788,99	5912,12	0,59	35,05
03/04/2013	2	2021,00	0,53	1462,00	778,27	2799,27	0,28	
03/04/2013	3	3245,00	1,32	1150,50	1515,59	4760,59	0,48	
10/05/2013	1	4888,00	0,98	1038,20	1016,05	5904,05	0,59	79,35
10/05/2013	2	4090,00	0,44	663,40	293,67	4383,67	0,44	
10/05/2013	3	17928,00	0,61	226,00	137,94	18065,94	1,81	
30/05/2013	1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	173,21
30/05/2013	2	16149,00	1,06	2065,70	2198,59	18347,15	1,83	
30/05/2013	3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
05/06/2013	1	0,00	0,00	1972,00	0,00	0,00	0,00	173,21
05/06/2013	2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
05/06/2013	3	15633,00	2,31	258,00	594,78	16228,17	1,62	
19/09/2013	1	10545,00	1,25	309,00	386,66	10931,43	1,09	30,41
19/09/2013	2	14924,00	0,67	305,50	204,38	15127,89	1,51	
19/09/2013	3	20149,00	0,81	207,40	167,99	20317,34	2,03	
01/10/2013	1	1650,00	0,37	87,00	32,60	1682,94	0,17	36,61
01/10/2013	2	2070,00	0,38	56,00	21,39	2091,39	0,21	
01/10/2013	3	3334,00	0,32	54,00	17,19	3351,19	0,34	
03/10/2013	1	7483,00	0,30	1968,00	593,68	8077,12	0,81	54,03
03/10/2013	2	5728,00	0,15	1840,00	268,03	5995,63	0,60	
03/10/2013	3	15608,00	0,44	1709,80	746,61	16354,69	1,64	

Data Coleta	Rep.	Sedimentos calha-M ₁ (g)	[Sedimentos] (g/L)	Volume (L)	Sedimentos caixas - M ₂ (g)	Erosão total M ₁ +M ₂ (g)	Erosão (Mg/ha)	Coefficiente de variação (%)
08/10/2013	1	9855,00	0,97	353,10	341,92	10196,92	1,02	41,20
08/10/2013	2	8595,00	0,68	1310,40	887,14	9482,14	0,95	
08/10/2013	3	18741,00	0,60	475,50	284,51	19025,51	1,90	
18/10/2013	1	5690,00	1,17	264,30	308,79	5998,85	0,60	57,69
18/10/2013	2	4249,00	0,83	778,80	644,59	4893,32	0,49	
18/10/2013	3	13163,00	1,10	325,20	358,05	13521,46	1,35	
08/11/2013	1	6276,00	0,13	246,00	31,98	6307,64	0,63	17,35
08/11/2013	2	6014,00	0,12	463,40	57,62	6071,43	0,61	
08/11/2013	3	8222,00	0,11	201,40	22,42	8244,75	0,82	
18/11/2013	1	1780,00	0,16	60,00	9,44	1789,44	0,18	8,19
18/11/2013	2	1980,00	0,10	63,00	6,17	1986,17	0,20	
18/11/2013	3	2100,00	0,30	25,00	7,61	2107,61	0,21	
30/11/2013	1	2749,00	0,53	246,00	130,95	2879,95	0,29	23,79
30/11/2013	2	1811,00	0,35	220,00	77,51	1888,51	0,19	
30/11/2013	3	2923,00	0,53	189,40	99,56	3022,56	0,30	
12/12/2013	1	825,00	0,15	15,00	2,19	827,19	0,08	40,76
12/12/2013	2	1408,00	0,00	0,00	0,00	1408,00	0,14	
12/12/2013	3	1968,00	0,24	8,00	1,90	1969,90	0,20	
22/12/2013	1	443,00	0,68	54,00	36,50	479,50	0,05	53,79
22/12/2013	2	623,00	0,21	0,00	0,00	623,00	0,06	
22/12/2013	3	1281,00	0,00	0,00	0,00	1281,00	0,13	
03/01/2014	1	545,00	0,09	30,00	2,78	547,78	0,05	31,23
03/01/2014	2	639,00	0,33	0,50	0,17	639,17	0,06	
03/01/2014	3	975,00	2,61	0,10	0,26	975,26	0,10	
15/01/2014	1	1072,00	0,52	38,00	19,57	1091,57	0,11	36,28
15/01/2014	2	1505,00	0,32	20,00	6,37	1511,37	0,15	
15/01/2014	3	2247,00	0,23	17,00	3,94	2250,94	0,23	
23/01/2014	1	1787,00	0,08	152,26	11,66	1798,66	0,18	21,09
23/01/2014	2	2048,00	0,11	96,03	10,15	2058,15	0,21	
23/01/2014	3	2680,00	0,10	140,54	13,75	2693,75	0,27	
18/02/2014	1	2534,00	0,11	135,00	15,51	2549,51	0,25	19,20
18/02/2014	2	3323,00	0,05	190,00	9,14	3332,14	0,33	
18/02/2014	3	3598,00	0,69	247,86	170,04	3768,04	0,38	
26/02/2014	1	658,00	0,22	50,00	10,86	668,86	0,07	32,29
26/02/2014	2	1216,00	0,16	110,00	17,61	1233,61	0,12	
26/02/2014	3	1233,00	0,41	140,00	57,64	1290,64	0,13	
02/03/2014	1	4921,00	0,06	261,62	15,45	4936,45	0,49	21,39
02/03/2014	2	5565,00	0,71	261,62	186,61	5751,61	0,58	
02/03/2014	3	7118,00	1,35	261,62	354,18	7472,18	0,75	
06/03/2014	1	365,00	0,18	3,00	0,53	365,53	0,04	31,84
06/03/2014	2	606,00	4,24	0,50	2,12	608,12	0,06	
06/03/2014	3	358,00	5,93	0,40	2,37	360,37	0,04	

Data Coleta	Rep.	Sedimentos calha-M ₁ (g)	[Sedimentos] (g/L)	Volume (L)	Sedimentos caixas - M ₂ (g)	Erosão total M ₁ +M ₂ (g)	Erosão (Mg/ha)	Coefficiente de variação (%)
08/03/2014	1	2090,00	0,48	261,62	124,96	2214,96	0,22	35,33
08/03/2014	2	2854,00	0,60	254,71	153,05	3007,05	0,30	
08/03/2014	3	4070,00	1,47	268,60	393,59	4463,59	0,45	
10/03/2014	1	772,00	0,62	140,54	87,16	859,16	0,09	55,00
10/03/2014	2	1227,00	0,47	129,05	61,15	1288,15	0,13	
10/03/2014	3	2370,00	0,70	188,88	132,70	2502,70	0,25	
14/03/2014	1	1660,00	0,18	234,33	41,18	1701,18	0,17	44,44
14/03/2014	2	2263,00	0,31	227,66	70,72	2333,72	0,23	
14/03/2014	3	3922,00	0,32	261,62	84,42	4006,42	0,40	
27/05/2014	1	3827,00	0,44	28,00	12,36	3839,36	0,38	27,96
27/05/2014	2	6380,00	0,29	27,00	7,92	6387,92	0,64	
27/05/2014	3	6733,00	0,13	4,50	0,59	6733,59	0,67	
05/09/2014	1	6000,00	0,27	20,00	5,45	6005,45	0,60	14,35
05/09/2014	2	8000,00	0,92	20,00	18,35	8018,35	0,80	
05/09/2014	3	7000,00	0,60	20,00	11,90	7011,90	0,70	
30/09/2014	1	6944,00	1,96	170,30	333,02	7277,02	0,73	26,84
30/09/2014	2	5378,00	1,42	101,39	144,27	5522,27	0,55	
30/09/2014	3	4160,00	1,33	60,24	80,29	4240,29	0,42	
28/10/2014	1	1396,00	0,45	29,00	13,18	1409,18	0,14	17,72
28/10/2014	2	1895,00	0,26	7,00	1,83	1896,83	0,19	
28/10/2014	3	1418,00	0,07	3,00	0,21	1418,21	0,14	
03/11/2014	1	1818,00	1,32	214,49	283,00	2101,00	0,21	44,78
03/11/2014	2	2506,00	0,85	182,63	156,08	2662,08	0,27	
03/11/2014	3	834,00	1,17	123,40	144,69	978,69	0,10	
04/11/2014	1	2132,00	1,10	406,75	446,23	2578,23	0,26	64,88
04/11/2014	2	1212,00	1,17	676,40	789,94	2001,94	0,20	
04/11/2014	3	345,00	0,48	254,71	121,74	466,74	0,05	
09/11/2014	1	4470,00	0,82	366,62	298,97	4768,97	0,48	18,04
09/11/2014	2	4376,00	1,08	527,62	571,96	4947,96	0,49	
09/11/2014	3	2637,00	3,10	275,62	854,51	3491,51	0,35	
27/11/2014	1	2000,00	0,10	261,62	24,95	2024,95	0,20	50,68
27/11/2014	2	2184,00	0,07	182,63	11,93	2195,93	0,22	
27/11/2014	3	664,00	0,11	170,30	19,20	683,20	0,07	
09/12/2014	1	1273,00	1,48	444,37	655,97	1928,97	0,19	47,43
09/12/2014	2	1176,00	0,74	774,51	575,86	1751,86	0,18	
09/12/2014	3	418,00	0,89	274,90	243,30	661,30	0,07	
15/12/2014	1	1675,00	2,18	710,93	1547,53	3222,53	0,32	66,52
15/12/2014	2	519,00	1,10	926,93	1020,37	1539,37	0,15	
15/12/2014	3	392,00	0,88	478,03	420,92	812,92	0,08	
22/12/2014	1	3370,00	1,67	254,71	425,35	3795,35	0,38	57,77
22/12/2014	2	2517,00	1,61	70,17	112,77	2629,77	0,26	
22/12/2014	3	838,00	1,57	80,33	126,02	964,02	0,10	
25/12/2014	1	4650,00	2,03	484,94	986,11	5636,11	0,56	44,10
25/12/2014	2	3296,00	2,29	823,95	1890,10	5186,10	0,52	
25/12/2014	3	958,00	2,79	422,18	1177,31	2135,31	0,21	

Data Coleta	Rep.	Sedimentos calha-M ₁ (g)	[Sedimentos] (g/L)	Volume (L)	Sedimentos caixas - M ₂ (g)	Erosão total M ₁ +M ₂ (g)	Erosão (Mg/ha)	Coefficiente de variação (%)
04/01/2015	1	8669,00	3,81	261,62	996,71	9665,71	0,97	55,59
04/01/2015	2	7429,00	2,23	683,31	1522,44	8951,44	0,90	
04/01/2015	3	1915,00	2,41	261,62	629,85	2544,85	0,25	
14/01/2015	1	5660,00	1,13	275,71	312,79	5972,79	0,60	71,98
14/01/2015	2	4292,00	0,73	289,71	212,52	4504,52	0,45	
14/01/2015	3	609,00	0,55	254,71	140,48	749,48	0,07	
28/01/2015	1	6887,88	1,58	1320,54	2090,18	8978,06	0,90	34,30
28/01/2015	2	5900,66	1,34	1320,54	1764,83	7665,49	0,77	
28/01/2015	3	2716,23	1,81	889,88	1611,40	4327,63	0,43	
03/02/2015	1	5428,00	0,87	324,71	280,87	5708,87	0,57	60,16
03/02/2015	2	2904,00	1,13	324,71	366,08	3270,08	0,33	
03/02/2015	3	1293,00	0,81	275,71	224,64	1517,64	0,15	
10/02/2015	1	6319,38	0,87	1369,13	1184,99	7504,36	0,75	67,57
10/02/2015	2	3599,78	1,17	338,62	396,52	3996,30	0,40	
10/02/2015	3	855,39	0,98	788,16	772,10	1627,48	0,16	
12/02/2015	1	6853,00	0,16	1111,64	176,53	7029,53	0,70	57,28
12/02/2015	2	3893,00	0,21	294,79	62,06	3955,06	0,40	
12/02/2015	3	2009,00	0,22	354,19	77,86	2086,86	0,21	
19/02/2015	1	16770,25	1,43	2092,98	2988,33	19758,58	1,98	61,15
19/02/2015	2	8459,05	1,25	401,62	500,51	8959,56	0,90	
19/02/2015	3	5205,80	1,66	649,20	1077,03	6282,82	0,63	
05/03/2015	1	1651,53	2,46	22,00	54,16	1705,69	0,17	29,77
05/03/2015	2	1848,40	0,53	3,00	1,59	1849,99	0,18	
05/03/2015	3	1001,85	0,46	5,00	2,31	1004,16	0,10	
11/03/2015	1	19439,74	1,54	2148,77	3318,65	22758,39	2,28	60,54
11/03/2015	2	8570,88	1,83	373,60	683,26	9254,13	0,93	
11/03/2015	3	7300,28	3,13	289,60	906,93	8207,21	0,82	
19/03/2015	1	7007,10	3,80	2148,77	8158,79	15165,90	1,52	31,55
19/03/2015	2	7913,35	1,97	408,60	804,70	8718,05	0,87	
19/03/2015	3	16687,97	0,22	589,21	130,24	16818,21	1,68	
23/03/2015	1	19160,22	0,68	2148,77	1455,20	20615,42	2,06	47,72
23/03/2015	2	7259,84	2,13	1293,18	2752,92	10012,76	1,00	
23/03/2015	3	9132,28	0,12	1132,38	139,19	9271,47	0,93	
29/04/2015	1	27250,00	1,97	1602,36	3154,06	30404,06	3,04	42,07
29/04/2015	2	13720,00	1,19	964,41	1150,84	14870,84	1,49	
29/04/2015	3	14920,00	1,14	1102,31	1251,79	16171,79	1,62	
12/05/2015	1	14636,92	0,79	401,62	318,41	14955,33	1,50	54,13
12/05/2015	2	6143,42	0,39	221,05	85,26	6228,68	0,62	
12/05/2015	3	6297,91	0,49	261,62	129,42	6427,32	0,64	
10/06/2015	1	16000,00	0,93	1397,45	1292,80	17292,80	1,73	26,14
10/06/2015	2	12680,00	0,21	432,79	90,37	12770,37	1,28	
10/06/2015	3	10300,00	0,14	408,42	55,82	10355,82	1,04	

Data Coleta	Rep.	Sedimentos calha-M ₁ (g)	[Sedimentos] (g/L)	Volume (L)	Sedimentos caixas - M ₂ (g)	Erosão total M ₁ +M ₂ (g)	Erosão (Mg/ha)	Coefficiente de variação (%)
10/07/2015	1	911,00	0,28	4,00	1,12	912,12	0,09	13,40
10/07/2015	2	768,00	1,92	1,40	2,68	770,68	0,08	
10/07/2015	3	703,00	0,02	11,00	0,23	703,23	0,07	
11/09/2015	1	24749,00	1,99	2037,68	4046,04	28795,04	2,88	36,57
11/09/2015	2	12983,00	1,49	2037,68	3035,49	16018,49	1,60	
11/09/2015	3	14391,00	1,00	1533,10	1533,84	15924,84	1,59	
27/09/2015	1	6719,00	0,15	12,00	1,84	6720,84	0,67	28,55
27/09/2015	2	4137,00	0,29	1,00	0,29	4137,29	0,41	
27/09/2015	3	4311,00	0,13	8,00	1,06	4312,06	0,43	
23/10/2015	1	4790,00	0,05	65,17	2,97	4792,97	0,48	12,53
23/10/2015	2	3783,00	0,03	129,05	4,19	3787,19	0,38	
23/10/2015	3	4018,00	0,02	182,63	3,77	4021,77	0,40	
04/11/2015	1	3241,00	0,57	17,00	9,69	3250,69	0,33	21,79
04/11/2015	2	2603,00	0,06	96,03	6,23	2609,23	0,26	
04/11/2015	3	3994,00	0,23	221,05	51,16	4045,16	0,40	
21/11/2015	1	7004,00	0,04	380,72	14,00	7018,00	0,70	19,19
21/11/2015	2	5901,00	0,06	2206,71	121,51	6022,51	0,60	
21/11/2015	3	8772,00	0,03	208,00	7,02	8779,02	0,88	
25/11/2015	1	18510,00	0,28	1161,51	320,44	18830,44	1,88	16,92
25/11/2015	2	13276,00	0,06	2134,88	137,96	13413,96	1,34	
25/11/2015	3	16723,00	0,06	9595,73	596,74	17319,74	1,73	
28/12/2015	1	20750,00	0,74	261,62	192,29	20942,29	2,09	16,34
28/12/2015	2	15000,00	0,25	331,62	83,54	15083,54	1,51	
28/12/2015	3	19000,00	0,50	366,62	181,66	19181,66	1,92	
31/12/2015	1	16705,00	1,61	268,62	433,33	17138,33	1,71	40,34
31/12/2015	2	26750,00	0,62	275,62	172,07	26922,07	2,69	
31/12/2015	3	38500,00	3,23	331,62	1071,31	39571,31	3,96	