



## Determinação do fator erodibilidade de diferentes classes de solo do estado do Amazonas (métodos indiretos) e de um Cambissolo Háptico (método direto) na Província Petrolífera de Urucu, Coari - AM.

**Rodrigo Santana Macedo**<sup>(1)</sup>; Wenceslau Geraldes Teixeira<sup>(2)</sup>; Omar Cubas Encinas<sup>(3)</sup>; Adriana Costa Gil de Souza<sup>(4)</sup>; Gilvan Coimbra Martins<sup>(5)</sup>; Luiz Marcelo Brum Rossi<sup>(5)</sup>

(1) Doutorando do PPG em Solos e Nutrição de Plantas, ESALQ, Piracicaba, SP, [macedo.rs@usp.br](mailto:macedo.rs@usp.br); (2) Pesquisador da Embrapa Solos, Rio de Janeiro, RJ [wgt007@gmail.com](mailto:wgt007@gmail.com); (3) Mestrando do PPG em Agronomia no Trópico Úmido, INPA, Manaus, AM, [o\\_cubas@hotmail.com](mailto:o_cubas@hotmail.com); (4) Mestranda do PPG em Agronomia Tropical, UFAM, Manaus, AM [adriana.gil@ufam.edu.br](mailto:adriana.gil@ufam.edu.br); (5) Pesquisadores da Embrapa Amazônia Ocidental, Manaus, AM, [gilvan.martins@cpaa.embrapa.br](mailto:gilvan.martins@cpaa.embrapa.br); [marcelo.rossi@cpaa.embrapa.br](mailto:marcelo.rossi@cpaa.embrapa.br).

**RESUMO** – Entre os parâmetros envolvidos na avaliação da erosão do solo destaca-se o fator K, definido como a suscetibilidade do solo a erosão hídrica ou erodibilidade do solo. Devido a determinação desse fator e das perdas de solo pelo método direto ser onerosa e demorada, atualmente é crescente o interesse dos pesquisadores pelos métodos indiretos. O objetivo do presente estudo foi estimar as perdas de solo e o fator K de diferentes solos do estado do Amazonas por meio de métodos indiretos (MI) e determinar o K e as perdas de solo de um Cambissolo Háptico na Província Petrolífera de Urucu (PPU) por meio de método direto (MD). Para estimativa do K e as perdas de solo pelos MI foram utilizadas amostras da camada superficial de 21 perfis de solos do estado do Amazonas. Foram testados o modelo I - Wischmeier *et al.* (1971); modelo II - Lima *et al.* (1990) e o modelo III – Rolof; Denardin (1994). A determinação direta do fator K e as perdas de solo foram realizadas em parcela padrão instalada no campo em um Cambissolo Háptico sem cobertura na PPU, Coari - AM. Para ambos os métodos utilizou-se a Equação

Universal de Perdas de Solo ( $A = RKLSCP$ ) para o cálculo das perdas de solo. À exceção dos Gleissolos (Manaus e Urucu), em geral o modelo I estimou os menores valores de K, enquanto o modelo II estimou maiores valores em relação ao modelo I. Os Neossolos (425,98 e 436,86 t (ha ano)<sup>-1</sup>) e os Cambissolos de Urucu (251,30 e 405,19 t (ha ano)<sup>-1</sup>) obtiveram as maiores estimativas de perdas de solo, enquanto as menores perdas foram verificadas nos FX, LA, E e TPI. Os valores de K (método direto) variaram de 0,10 t h (MJ mm)<sup>-1</sup> (outubro) a 8,41 t h (MJ mm)<sup>-1</sup> (setembro), sendo esses valores muito acima dos estimados pelos métodos indiretos. As perdas de solo (método direto) variaram de 0,04 t ha<sup>-1</sup> (novembro) a 1,46 t ha<sup>-1</sup> (setembro). Há necessidade de utilização de métodos indiretos que comportem maior número de parâmetros a fim de se obter índices de erodibilidade confiáveis para os solos da região.

**PALAVRAS-CHAVE** – Cambissolo, Urucu, parcela padrão.

**INTRODUÇÃO** – A erosão acentuada do solo consiste em um dos principais problemas ambientais causados pela atividade agrícola. Em regiões tropicais a erosão hídrica tem grande importância, contribuindo para a degradação dos solos, ocasionando a perda de sua camada mais fértil (Bertoni; Lombardi Neto, 1999), transportando partículas através das encostas até os cursos d'água e causando assoreamento dos mesmos.

As pesquisas sobre erosão têm como finalidade medir a influência dos diferentes fatores determinantes desse processo, possibilitando estimar as perdas de solo e solucionar práticas que reduzam estas perdas ao máximo. No entanto, a determinação das perdas de solo por erosão através dos métodos indiretos é onerosa e muito demorada. Estas são as principais causas do crescente interesse dos pesquisadores pelos métodos de predição da erosão (Foster *et al.*, 1985).

Entre os métodos utilizados para prever as perdas que um solo irá sofrer sobre determinadas condições de manejo e para avaliar a eficiência das práticas conservacionistas, destaca-se a Equação Universal de Perda de Solo (EUPS). Entre os parâmetros da EUPS, destaca-se o fator K, definido como a quantidade de solo perdida por unidade de área por unidade de índice de erosividade adotados, em condições padrão (Wischmeier *et al.*, 1971), como o único parâmetro do método intrínseco ao solo.

A erodibilidade é uma propriedade do solo resultante da interação entre suas características físicas, químicas, mineralógicas e biológicas. Reflete a perda diferencial que os solos apresentam quando os demais fatores que influenciam a erosão permanecem constantes, sendo influenciada principalmente por aquelas características que afetam a capacidade de infiltração e permeabilidade do solo e sua capacidade de resistir ao desprendimento e transporte de partículas pela chuva e

enxurrada (Lombardi Neto; Bertoni, 1975).

As equações que permitem estimar o fator K são desenvolvidas geralmente através de regressões múltiplas entre este fator medido diretamente no campo e as propriedades do solo, que quando apresentam boa correlação, podem fornecer o fator erodibilidade do solo (fator K) para uso na EUPS. Assim, apesar dessas equações não refletirem obrigatoriamente relações de causa e efeito, essas podem ser empregadas desde que forneçam valores próximos aos medidos diretamente (Romkens, 1987).

O mais conhecido método indireto para a estimativa do fator K é o nomograma proposto por Wischmeier *et al.* (1971). Entretanto, durante a elaboração deste método foram incluídos predominantemente solos de textura média do Meio-Oeste dos EUA. Dessa forma, tem sido frequentemente observada a inadequação desse modelo as condições brasileiras (Denardin, 1990; Lima, 1991; Silva *et al.*, 1994).

Diante do exposto, o objetivo do presente estudo foi estimar as perdas de solo e o fator K de diferentes solos do estado do Amazonas por meio de métodos indiretos e determinar o fator K e as perdas de solo de um Cambissolo Háplico na Província Petrolífera de Urucu (PPU) por meio de método direto.

## **MATERIAL E MÉTODOS** –

### *Método Indireto (MI)*

Foram utilizadas amostras da camada superficial de 21 solos procedentes do estado do Amazonas (Tabela 1).

A análise granulométrica foi realizada pelo método da pipeta (DAY, 1965), empregando-se a dispersão da amostra em suspensão com água, com e sem NaOH 0,1N. A fração areia (2 a 0,053 mm) foi subdividida em cinco classes: areia muito grossa (1 a 0,5 mm), areia média (0,5 a 0,25 mm), areia fina (0,25 a 0,155 mm) e areia muito fina (0,105 a 0,053 mm).

As classes de estrutura e permeabilidade foram codificadas de acordo com Wischmeier *et al.* (1971), baseando-se na descrição geral do perfil dos solos e na descrição morfológica do horizonte A. Assim, a estrutura foi codificada em: (i) muito pequena granular = 1; (ii) pequena granular = 2; (iii) média a grande granular = 3 e (iv) blocos, laminar ou maciça = 4. A permeabilidade foi codificada em: (i) rápida = 1; (ii) moderada a rápida = 2; (iii) moderada = 3; (iv) lenta a moderada e (v) lenta = 5. Os teores de matéria orgânica foram determinados segundo método proposto pela EMBRAPA (1997).

Foram testados três métodos indiretos de estimativa do fator K. As equações tiveram seus coeficientes corrigidos para que recebessem os valores das variáveis e fornecessem o valor K em unidades S.I. Portanto, em todas as equações o fator tem como unidade t h (MJ mm)<sup>-1</sup>. As variáveis têm o mesmo significado em todas as equações, por isso não se indica o seu significado se já tiveram sido descritas em equações anteriores. As equações utilizadas foram as seguintes:

1) Modelo I - Wischmeier *et al.* (1971)  
Método desenvolvido para solos de textura média do Meio-Oeste dos EUA.

$$K = 1,451 \times 10^{-10} (120 - MO) M^{1,14} + 0,0043(S-2) + 0,0033 (P-2)$$

Onde: MO é o teor de matéria orgânica (g kg<sup>-1</sup>); M é a soma dos teores de silte (g kg<sup>-1</sup>) e areia muito fina (g kg<sup>-1</sup>) multiplicados por 1000 menos o teor de argila (g kg<sup>-1</sup>), sendo a análise granulométrica realizada com NaOH como dispersante; S e P são os códigos referentes a estrutura e permeabilidade (sem unidade).

2) Modelo II - LIMA *et al.* (1990)  
Adaptação do método anterior para Latossolos brasileiros.  
 $K = 1,451 \times 10^{-10} (120 - MO) Ma^{-1,14} + 0,0043(S-2) + 0,0033 (P-2)$

Onde: Ma tem o mesmo significado de M, porém a dispersão foi realizada com água.

3) Modelo III - Rolof; Denardin (1994)  
Método para solos do estado do Paraná.  
 $K = 0,0049P + 3,31 \times 10^{-5} \times Mm^{0,5}$

Onde: Mm é o teor de silte (g kg<sup>-1</sup>) multiplicado pela soma de silte e areia fina (g kg<sup>-1</sup>), sendo a análise granulométrica realizada com NaOH 1N. Para as estimativas indiretas de perda de solo dos diferentes solos estudados foi utilizada a Equação Universal de Perda de Solo (A= RKLSCP), que relaciona de forma diretamente proporcional todos os fatores que influenciam na erosão, onde: (A) é a perda de solo (t ha<sup>-1</sup>); (R) é a erosividade da chuva – foi utilizado o valor de 14,129 MJ mm (ha h ano)<sup>-1</sup> obtido por Oliveira Jr; Medina (1990) para a região de Manaus - AM; (K) é a erodibilidade obtida pelos diferentes métodos testados; (LS) é o fator topográfico, onde foi considerado o mesmo comprimento de rampa (22 m) e os diferentes graus de declive na área de ocorrência dos solos estudados, obtido por meio da equação de Lombardi Neto; Bertoni (1975); (C) e (P), fator cobertura do solo e práticas conservacionistas, respectivamente, no qual foram adotados os valores extremos de 1, considerando solo descoberto e com mínimo de preparo no sentido do declive, conforme Bertoni; Lombardi Neto (1999).

#### *Método Direto (MD)*

A área de estudo está localizada na Província Petrolífera de Urucu – PPU, município de Coari, estado do Amazonas, localizada entre os paralelos de 04° 45' e 05° 05' S e os meridianos de 65° 00' e 65° 25' W. O clima da região é classificado como tropical chuvoso do tipo Af<sub>i</sub>, constantemente úmido, correspondendo ao clima de floresta tropical segundo a classificação de Köppen. O fator K e as perdas de solo foram determinados em parcela coletora padrão instalada no campo um Cambissolo Háplico sem

cobertura com 4 m de largura por 22 m de comprimento, localizada na Jazida 21 na PPU (Figura 1). A parcela foi contornada com chapas galvanizadas com 0,30 m de altura, sendo que 0,15 m foram enterrados no solo, a fim de se evitar a entrada de água e sedimento de áreas vizinhas. Na parte inferior da parcela foi instalada uma calha coletora, com cano de PVC, para conduzir a enxurrada até os dois tanques coletores de água e sedimento, com capacidade individual de 500 L, sendo que o primeiro tanque apresentava um divisor do tipo Geib, de 15 janelas (Figura 1).

Assim, após o enchimento do primeiro tanque, 1/15 de água da enxurrada foi conduzido para o segundo tanque por meio de um segundo cano de PVC, onde as coletas de sedimentos foram realizadas a cada evento de chuva, de acordo com as recomendações de Martins *et al.* (2003).

A determinação das perdas de solo foi realizada de acordo com Encinas *et al.* (2010 – dados não publicados). O fator K foi determinado por meio da EUPS, sendo que por considerar o solo descoberto e com preparo mínimo no sentido do declive, os fatores C e P tornaram-se unitários, resultando na seguinte equação:

$$A = RKLS, \text{ logo } K = A/RLS$$

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO –**

### **Estimativa da erodibilidade e perdas de solo pelos métodos indiretos**

Na tabela 2 são apresentados os parâmetros utilizados para a estimativa da erodibilidade pelos modelos propostos. Os resultados da dispersão em água evidenciam que o material das frações mais finas, permanece em grande parte nas frações silte mais areia fina e areia muito fina, principalmente nos solos antrópicos (TPI), Gleissolos e Neossolos Flúvicos, evidenciando o comportamento

funcional da argila e silte como tais frações.

À exceção dos Gleissolos (GXve 1 – Manaus e GXbd - Urucu), em geral o modelo I estimou os menores valores de erodibilidade (Tabela 3), assim como constatados por Freire; Pessotti (1976) e Ângulo (1983), possivelmente devido durante a elaboração desse modelo ter sido incluídos predominantemente solos de textura média do Meio-Oeste dos EUA, tornando sua aplicação problemática para solos que se afastam dessas condições (Marques, 1996).

A maioria dos trabalhos que resalta a inadequação do modelo I, o faz para Latossolos (Lima, 1991; Silva *et al.*, 1994a), assim como verificado no presente estudo. Roloff; Denardin (1994) relatam que o uso da variável P (permeabilidade) (Tabela 2) causa dúvidas na inferência dos seus códigos, em razão da falta de critérios precisos, ou seja, a definição da classe de permeabilidade adotada pelo modelo I é muito provisória e deve ser inferida com base na experiência do observador. Ainda, atribui-se a inadequação deste modelo aos baixos teores de silte dos solos mais intemperizados (Denardin, 1990).

Assim, havia a possibilidade que esse modelo fosse adequado para solos não tão intemperizados, como os com horizonte Bt; no entanto, tal possibilidade não se verificou nesse trabalho, assim como verificado por Denardin (1990) e Marques (1996). Embora os solos com Bt tenham textura menos argilosa que os Latossolos, geralmente no horizonte superficial seu teor de silte não é elevado, o que fez com que o parâmetro M médio fosse igual a  $59138 \text{ g}^2 \text{ kg}^{-2}$ , portanto bem abaixo do mínimo necessário para uma considerável estimativa do fator K ( $300000 \text{ g}^2 \text{ kg}^{-2}$ ) (Silva *et al.*, 1994b).

Contudo, os resultados obtidos no presente estudo por esse modelo são semelhantes aos encontrados por Silva *et al.*, (1994a) para diferentes classes de

solo da região de Manaus, a saber ( $t\ h\ (MJ\ mm)^{-1}$ ): LA e LA/TPI (0,009); PV (0,014); FX (0,046) e RYve (0,073).

Em contraste, a determinação da erodibilidade pelo modelo II apresentou sensível aumento em relação ao modelo original, ou seja, o modelo I (Tabela 3). Tal fato pode ser explicado devido esse método considerar a dispersão do solo em água, ocasionando um aumento nos valores de Ma, notadamente nos Gleissolos e Cambissolos (Urucu). Marques (1996) verificou aumento nos valores de erodibilidade estimados por esse modelo, comparando com o original (Wischmeier, 19971), no qual creditou ao baixo índice de floclulação dos solos. No tocante aos Latossolos, Silva *et al.* (2000) explicam que a estimativa da erodibilidade fundamenta-se no fato de que, nesses solos, as partículas de argila flocluladas apresentam comportamento semelhante ao do silte e da areia muito fina, afetando o comportamento desses solos em face do processo erosivo. Quando se utilizou água como dispersante, as frações correspondentes ao silte mais areia muito fina aumentaram, possibilitando uma elevação do parâmetro M.

De forma semelhante ao modelo anterior, os valores de erodibilidade estimados pelo modelo II estão de acordo com os encontrados por Silva *et al.*, (1994a), a saber ( $t\ h\ (MJ\ mm)^{-1}$ ): LA (0,014) e LA/TPI (0,020); PV (0,010); FX (0,067) e RYve (0,082).

Em geral, o modelo III apresentou os maiores valores de erodibilidade para as TPI's e para os Latossolos e Espodossolos (Tabela 3). Segundo Marques (1996), os valores de erodibilidade obtidos por esse método apresentaram resultados não adequados para solos intemperizados devido o mesmo ser baseado em propriedades de 77 tipos de solos, sendo que menos da metade são brasileiros, o que torna esse método inadequado para os solos do Brasil. Silva

*et al.* (1994b) aponta o pequeno número de parâmetros envolvidos nesse método como uma de suas limitações.

As estimativas de perdas de solo variaram de 19,49 a 436,86  $t\ (h\ ano)^{-1}$  para os solos estudados (Figura 2). Por meio dos modelos I e II, 50% dos solos apresentaram perdas de solo superiores a 200  $t\ (h\ ano)^{-1}$ , com destaque para os Neossolos (425,98 e 436,86  $t\ (h\ ano)^{-1}$ ) seguido dos Cambissolos de Urucu (251,30 e 405,19  $t\ (h\ ano)^{-1}$ ) (Figura 1). Em contraste, as menores perdas de solo foram observadas no Plintossolo (19,49  $t\ (h\ ano)^{-1}$ ) e no Latossolo (28,86  $t\ (h\ ano)^{-1}$ ) (Figura 1).

As maiores perdas de solo do Neossolos (especialmente os Flúvicos), dos Cambissolos e dos Gleissolos, são creditadas aos elevados teores de silte e areia muito fina, que dentre as frações granulométricas são os que mais favorecem a erosão do solo. Segundo Resende (1985), as partículas mais finas do solo são mais facilmente transportadas, enquanto partículas maiores resistem à remoção tendendo a se acumular na superfície. Vale ressaltar que, os Cambissolos estudados por apresentarem pequena espessura de solum, pobreza química acentuada e por estarem localizados em relevo movimentado, constituem-se em sistemas muito instáveis.

Concomitantemente, Santos *et al.* (2002) relatam que a erosão tende a ser maior em solos com maiores teores de silte e areia e menor nos solos argilosos, devido a baixa agregação e maior erodibilidade dessas partículas, sendo facilmente dispersos e transportados, constituindo um dos fatores mais importante da erodibilidade, devido apresentar semelhança de comportamento com a fração areia fina do solo.

O baixo valor estimado de perda de solo do Plintossolo pode ser explicado pela sua posição na paisagem (1% declive). Santos *et al.* (2006) verificaram que entre os fatores naturais, o LS (fator topográfico) é o que melhor explica as

perdas médias de um Plintossolo na bacia hidrográfica no estado do Mato Grosso.

Em relação aos Latossolos, provavelmente as baixas perdas de solo podem estar relacionada a inadequação do modelo nomográfico para essa classe de solo, assim como relatado por Lima *et al.* (1990), o qual discutem que essas estimativas que tomam como base índices de erodibilidade alcançados por meio de resultados de análise granulométrica, obtidos com dispersante químico (NaOH), geralmente superestimam a resistência dos Latossolos à erosão.

As estimativas de perdas de solo das diferentes classes avaliadas seguiram a seguinte tendência (Figura 2): R > CX > GX > PA > TPI > E > LA > FX (modelo I); R > CX > GX > PA > LA > TPI/E > FX (modelo II); PA > R > CX > GX > TPI > E > LA > FX (modelo III). Tais estimativas de perdas de solo corroboram com outras observações realizadas na região do estado do Amazonas, a saber:

a) Arruda (2005) encontrou valores de perdas de solo entre de 0,15 a 5.762,29 t (ha ano)<sup>-1</sup> na PPU, município de Coari. Alguns valores elevados são em decorrência do predomínio da partícula silte, seguida da fração areia fina, em decorrência da camada que se encontra em superfície ser um dos horizontes subsuperficiais do solo original, que alcançou tal posição devido a escavação para extração de material de solo para construção e reformas de estradas e obras civis;

b) Silva *et al.* (1994) encontrou as menores perdas de solo para a classe dos Latossolos. Entretanto, o Plintossolo apresentou as maiores perdas, seguido do Neossolo Quartzarênico e Argissolo, divergindo das perdas estimadas no presente estudo.

#### **Determinação da erodibilidade e perdas de solo em parcela coletora padrão (método direto)**

Os valores de K obtidos por meio da parcela padrão variaram de 0,10 t h (MJ mm)<sup>-1</sup> (outubro) a 8,41 t h (MJ mm)<sup>-1</sup> (setembro) (Figura 2). Esses valores estão acima daqueles encontrados por meio dos métodos indiretos testados, indicando subestimação do fator K por esses modelos. Tal fato corrobora com as observações realizadas por Angulo *et al.* (1983), Lima *et al.* (1990) e Silva *et al.* (1994a), no qual creditam os baixos valores de K encontrados pelos métodos indiretos às diferenças granulométricas existentes entre os solos estudados e os utilizados para a geração do modelo.

Os fatores K mensais encontrados no presente estudo são superiores ao valor médio anual (0,03 Mg h (MJ mm)<sup>-1</sup>) observado em parcelas instaladas em campo por Silva *et al.* (2009) para um Cambissolo Háplico Tb Distrófico típico e ao valor de 0,01 Mg h (MJ mm)<sup>-1</sup> encontrado por Bertol *et al.* (2002) para um Cambissolo Húmico de Lages (SC). Esses elevados valores podem ser explicados devido ao fato dos solos estudados apresentarem elevada presença de silte em consorciação com baixa permeabilidade (Tabela 1), tendo em vista que a camada exposta em superfície corresponde aos horizontes subsuperficiais do solo. Ainda, tal camada apresenta mineralogia predominantemente caulínica (dados não apresentados) e baixos teores de C orgânico que lhe confere uma estrutura em blocos e/ou maciça e consequente baixa infiltração de água no solo.

As perdas de solo mensais variaram de 0,04 t ha<sup>-1</sup> (novembro) a 1,46 t ha<sup>-1</sup> (setembro) (Figura 2). Schick *et al.* (2000) encontrou valor médio anual de perdas de solo de 111,8 Mg ha<sup>-1</sup> para um Cambissolo Húmico de Lages – SC, enquanto Silva *et al.* (2009) encontrou a média anual de 175,0 Mg ha<sup>-1</sup> para um Cambissolo Háplico Tb Distrófico.

Arruda (2005) encontrou valores de perdas de solo entre 0,15 a 5.762,29 t (ha ano)<sup>-1</sup> em diferentes locais na PPU.

Entretanto, por adotar valores estimados de K, C e P, esse autor verificou que a maioria das áreas avaliadas apresentaram valores superestimados de perdas de solo utilizando a EUPS em comparação ao método de perda anual acumulativa e ao método do somatório da perda de solo anual, ou seja, a estimativa da perda de solo pela EUPS (com estimativa indireta do valor K, C e P) não é compatível com as estimativas de campo.

Os meses com maior perda de solo, setembro e dezembro respectivamente, apresentaram os maiores valores de K (Figura 2) e menores valores de erosividade da chuva em um período de 30 minutos consecutivos – EI30 (vide Macedo *et al.*, 2006). De forma semelhante, Silva *et al.* (2009) observaram que foi mais comum as chuvas de baixa erosividade produzirem maiores perdas de solo do que as altas produzirem baixas perdas, indicando que, possivelmente, a umidade antecedente do solo estava alta em alguma época do ano, favorecendo a chuva não erosiva, notadamente no Cambissolo, devido a sua pequena profundidade, causando rápida saturação, favorecendo maior escoamento superficial e maior arraste de partículas.

**CONCLUSÕES** – O modelo I estimou os menores valores de erodibilidade do solo, enquanto o modelo II estimou maiores valores em relação ao modelo I. Os Neossolos (425,98 e 436,86 t (ha ano)<sup>-1</sup>) e os Cambissolos de Urucu (251,30 e 405,19 t (ha ano)<sup>-1</sup>) obtiveram as maiores estimativas de perdas de solo, enquanto as menores perdas foram verificadas nos FX, LA, E e TPI. Os valores de K (método direto) variaram de 0,10 t h (MJ mm)<sup>-1</sup> (outubro) a 8,41 t h (MJ mm)<sup>-1</sup> (setembro), sendo esses valores muito acima dos estimados pelos métodos indiretos. As perdas de solo (método direto) variaram de 0,04 t ha<sup>-1</sup> (novembro) a 1,46 t ha<sup>-1</sup> (setembro).

Há necessidade de utilização de métodos indiretos que comportem maior número de parâmetros a fim de se obter índices de erodibilidade confiáveis para os solos da região.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Angulo, R.J.R. *Relação entre a erodibilidade e algumas propriedades de solos brasileiros*. 128p. (Dissertação de Mestrado). Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 1983.

Arruda, W.C. *Estimativa dos processos erosivos na Base de Operações Geólogo Pedro de Moura, Urucu - Coari - AM*. 83p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais e Ambientais), Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Amazonas, 2005. 83p.

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). *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 26:656-471, 2002.

Bertoni, J.; Lombardi Neto, F. *Conservação do solo*. 4.ed. São Paulo: Ícone, 1999.

Day, P.R. Particle fractionation and particle-size analysis. In: Black, C. A. *Methods of soil analysis*. Madison, American Society of Agronomy, v. 1, p. 545-566. 1965.

Denardin, J.E. *Erodibilidade do solo estimada por meio de parâmetros físicos e químicos*. 106p. (Tese de D. S). Piracicaba: ESALq. 1990.

Embrapa. Ministério da Agricultura. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solo. *Manual de métodos de análise de solo*. Rio de Janeiro: Embrapa, 1997.

- Foster, G.R.; Moldenhauer, W.C.; Wischmeier, W.C. Transferability of US technology for prediction and control of erosion in the tropics. In: Symposium on Soil Erosion and Conservation in the Tropics, 1. Fort Collins, 1979.
- Soil erosion and conservation in the tropics. *Resumos ...* Madison ASA, 1985. p. 135-149.
- Freire, O.; Pessoti, J.E.S. Erodibilidade dos solos de Piracicaba. *Revista Agropecuária Piracicaba*. v. 51, n.314, p.195-202. 1976.
- Lima, J.M.; Curi, N.; Resende, M.; Santana, D.P. Dispersão do material de solo em água para avaliação indireta da erodibilidade em Latossolos. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.14, n.1, p.85-90. 1990.
- Lima, P.M.P. Índices de erodibilidade diretos e indiretos para dois Latossolos no município de Lavras – MG. *Ciência e Prática*. Lavras, v. 15, n. 2, p. 186-193, 1991.
- Lombardi Neto, F.; Bertoni, J. Erodibilidade de solos paulistas. Campinas: Instituto Agrônomo, 1975. (*Boletim Técnico*, 27).
- Macedo, R.S.; Teixeira, W.G. Avaliação da intensidade das chuvas na bacia do rio Urucu – município de Coari - AM. In: XVI Reunião Brasileira de Manejo e Conservação da Água e do Carbono, Aracaju, 2006. *Resumos*. SBCS, 2006.
- Marques, J.J.G.S.M. *Estimativas e comparações dos fatores erosividade das chuvas e erodibilidades de solos com horizonte B textural no Brasil*. 119p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas), Universidade Federal de Lavras - MG. 1996.
- Martins, S.G.; Silva, M.L.N.; Curi, N.; Ferreira, M.M.; Fonseca, S.; Marques, J.J.G.S.M. Perdas de solo e água em sistemas florestais na região de Aracruz (ES). *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, 27(3): 395-403. 2003.
- Oliveira Jr., R.C. de; Medina, B.F. A erosividade das chuvas em Manaus (AM). *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. Campinas, v.14, p. 235-239. 1990.
- Resende, M. Aplicações de conhecimentos pedológicos à conservação de solos. *Informe Agropecuário*, v. 11, n. 128, p. 27-37. 1985.
- Rolof, G; Denardin, J.E. Estimativa simplificada da erodibilidade do solo. In: Reunião Brasileira de Manejo e Conservação do Solo e da Água, 10, Florianópolis, 1994.
- SBCS, 1994. *Resumos* Florianópolis: p. 150-151.
- Romkens, M.J.J. The soil erodibility factor: a perspective. In: Harlin, J.M.; Berardi, G.M. (eds.). *Agricultural soil loss: processes, policies and prospects*. Boulder: Westview. p. 125-149. 1987.
- Santos, A.C. *et al.* Relação entre o relevo e as classes texturais do solo na microbacia hidrográfica de Vaca Brava, PB. *Revista Brasileira de Cartografia*, n. 54, 2002.
- Santos, V.S.; Oliveira, O.J.; Moreira, M.A.A.; Lorandi, R. Análise e espacialização das perdas médias de solo por erosão hídrica laminar na bacia hidrográfica do Tenente Amaral em Jaciara, Mato Grosso, Brasil. In: Simpósio de Geotecnologia no Pantanal, 1, Campo Grande, 2006. *Resumos*. Campo Grande: Embrapa Informática Agropecuária/INPE, 2006. p. 247-256.



Schick, J.; Bertol, I.; Babinot Núnior, A.A.; Batistela, O. Erosão hídrica em Cambissolo Húmico alumínico submetido a diferentes sistemas de preparo e cultivo do solo: II. Perdas de nutrientes e carbono orgânico. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 24:437-447, 2000.

Silva, A.M.; Silva, M.L.N.S.; Curi, N.; Avanzi, J.C.; Ferreira, M.M. Erosividade da chuva e erodibilidade de Cambissolo e Latossolo na região de Lavras, Sul de Minas Gerais. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 33:1811-1820, 2009.

Silva, M.L.N.; Lima, H.N.; Curi, N. Índices de erodibilidade de solos da região de Manaus – AM. Determinação indireta, comparação e predição de perdas. *Revista da Universidade do Amazonas*. Série Ciências Agrárias, v.3, n.2. 1994a.

Silva, M.L.N.; CURI, N.; Oliveira, M.S.; Ferreira, M.M.; Lombardi neto, F. Comparação de métodos diretos e

indiretos para a determinação da erodibilidade em Latossolo sobre Cerrado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. Brasília, V. 29, n. 11, p. 1751-1761, 1994b.

Silva, M.L.N.; Curi, N.; Lima, J.M.; Ferreira, M.M. Avaliação de métodos indiretos de determinação da erodibilidade de Latossolos brasileiros. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.35, n.6, p.1207-1220. 2000

Wischmeier, W.H.; Johnson, C.B.; Cross, B.V. A soil erodibility nomogram for farmland and construction sites. *Journal of Soil and Water Conservation*. Ankeny, v. 26, n. 5, p. 189-193. 1971.

Wischmeier, W.H.; Smith, D.D. Predicting rainfall erosion losses: A guide to conservation planning. Washington, DC, USDA, 1978. 58p. (*Agriculture Handbook*, 537).

**Tabela 1.** Classificação, símbolo e local de coleta dos solos utilizados para estimativa indireta das perdas de solo e do fator erodibilidade (K).

| <b>Classe de solo</b>                           | <b>Símbolo</b> | <b>Local de coleta</b>                |
|---|----------------|---------------------------------------|
| Latossolo Amarelo Distrófico típico             | LAd 1          | Embrapa/CPAA, Manaus                  |
| Latossolo Amarelo Distrófico típico             | LAd 2          | Fazenda Jayoro, Presidente Figueiredo |
| Latossolo Amarelo Distrófico antrópico          | LAd (TPI)      | Lago do Limão, Iranduba               |
| Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico antrópico | PVAd           | Rio Preto da Eva                      |
| Argissolo Amarelo Distrófico antrópico          | PAd (TPI)      | Balbina, Presidente Figueiredo        |
| Espodossolo Ferrihumilúvico Órtico arênico      | ESKo           | Rio Preto da Eva                      |
| Espodossolo Humilúvico Órtico típico            | EKo 1          | Manaus                                |
| Espodossolo Humilúvico Órtico arênico           | EKo 2          | Manaus                                |
| Plintossolo Háptico Distrófico típico           | FXd            | Embrapa/CERU, Rio Preto da Eva        |
| Neossolo Quartzarênico Órtico espódico          | RQo            | Manaus                                |
| Gleissolo Háptico Ta Eutrófico                  | GXve 1         | Manaus                                |
| Gleissolo Háptico Tb Distrófico                 | GXbd           | Urucu, Coari                          |
| Gleissolo Háptico Ta Eutrófico                  | GXve 2         | Manacapuru                            |
| Argissolo Amarelo Distrófico latossólico        | PAd 1          | Manaus                                |
| Argissolo Amarelo Distrófico típico             | PAd 2          | Embrapa/Caldeirão, Iranduba           |
| Argissolo Amarelo Distrófico latossólico        | PAd 3          | Manaus                                |
| Neossolo Flúvico Ta Eutrófico                   | RYve 1         | Manacapuru                            |
| Neossolo Flúvico Ta Eutrófico                   | RYve 2         | Coari                                 |
| Cambissolo Háptico Distrófico típico            | CXvd 1         | Urucu, Coari                          |
| Cambissolo Háptico Ta Distrófico                | CXvd 2         | Urucu, Coari                          |
| Cambissolo Háptico Alumínico argissólico        | CXa            | Urucu, Coari                          |

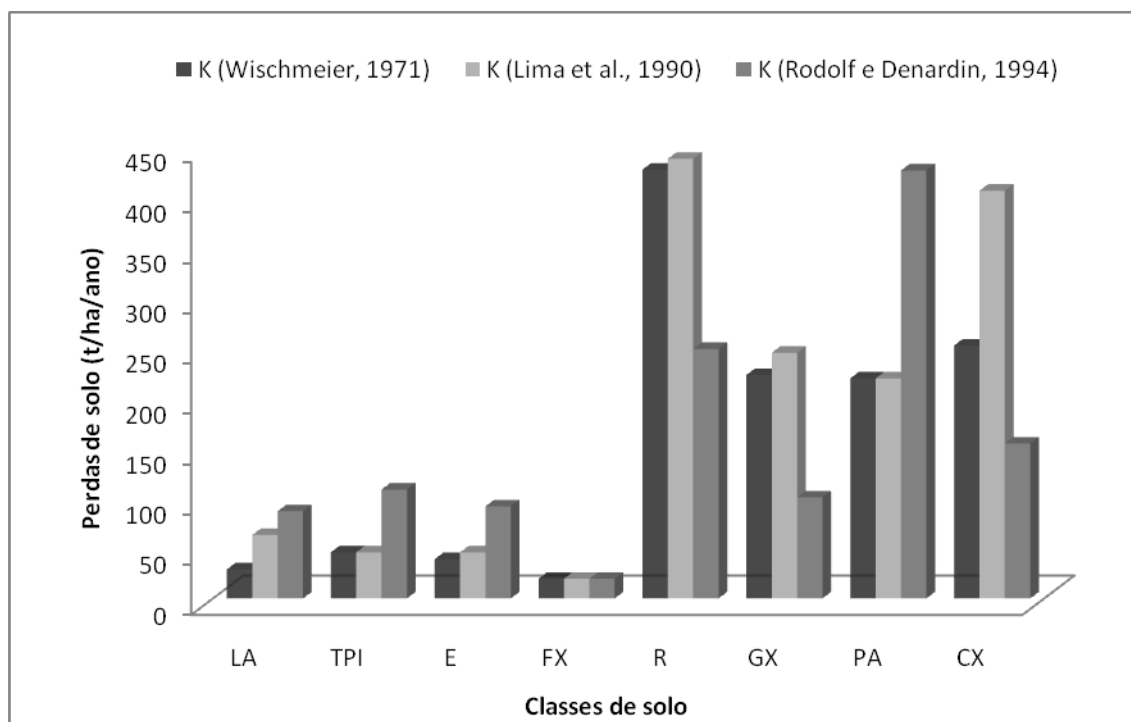
**Tabela 2.** Teor de matéria orgânica (MO), parâmetros granulométricos (dispersão em NaOH e H<sub>2</sub>O), parâmetros utilizados (M, Ma e Mm) e códigos S (estrutura) e P (permeabilidade) utilizados para estimar a erodibilidade de diferentes classes de solo do estado do Amazonas.

| Solo                           | MO  | An. Gran. (NaOH) |                  |                |                | An. Gran. (H <sub>2</sub> O) |                                 |     | M <sup>5</sup> | Ma <sup>6</sup> | Mm <sup>7</sup> | E <sup>8</sup> | P <sup>9</sup> |
|--------------------------------|-----|------------------|------------------|----------------|----------------|------------------------------|---------------------------------|-----|----------------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|
|                                |     | AF <sup>1</sup>  | AMF <sup>2</sup> | S <sup>3</sup> | A <sup>4</sup> | AMF                          | S                               | A   |                |                 |                 |                |                |
| ----- g kg <sup>-1</sup> ----- |     |                  |                  |                |                |                              | g <sup>2</sup> kg <sup>-2</sup> |     |                |                 |                 |                |                |
| LATOSSOLOS                     |     |                  |                  |                |                |                              |                                 |     |                |                 |                 |                |                |
| LAd 1                          | 12  | 41               | 11               | 132            | 724            | 25                           | 290                             | 443 | 39468          | 175561          | 22858           | 2              | 5              |
| LAd 2                          | 65  | 19               | 3                | 280            | 651            | 55                           | 222                             | 151 | 98810          | 234721          | 83915           | 2              | 5              |
| TERRA PRETA DE ÍNDIO           |     |                  |                  |                |                |                              |                                 |     |                |                 |                 |                |                |
| LAd (TPI)                      | 110 | 85               | 25               | 314            | 456            | 36                           | 335                             | 254 | 183873         | 276879          | 125070          | 3              | 3              |
| PVAd                           | 31  | 196              | 11               | 40             | 63             | 8                            | 23                              | 21  | 48707          | 30178           | 9572            | 2              | 3              |
| PAd (TPI)                      | 65  | 197              | 44               | 166            | 252            | 52                           | 201                             | 130 | 157263         | 220506          | 60367           | 3              | 3              |
| ESPODOSSOLOS                   |     |                  |                  |                |                |                              |                                 |     |                |                 |                 |                |                |
| ESKo                           | 50  | 353              | 62               | 70             | 66             | 59                           | 48                              | 17  | 123444         | 105095          | 29554           | 2              | 3              |
| EKo 1                          | 63  | 226              | 30               | 65             | 75             | 29                           | 31                              | 22  | 87736          | 59180           | 18898           | 2              | 3              |
| EKo 2                          | 37  | 265              | 47               | 83             | 57             | 59                           | 59                              | 12  | 122689         | 116426          | 29061           | 1              | 3              |
| PLINTOSSOLO                    |     |                  |                  |                |                |                              |                                 |     |                |                 |                 |                |                |
| FXd                            | 48  | 527              | 151              | 80             | 222            | 121                          | 126                             | 91  | 179645         | 224468          | 48910           | 4              | 3              |
| NEOSSOLOS                      |     |                  |                  |                |                |                              |                                 |     |                |                 |                 |                |                |
| Rqo                            | 37  | 127              | 8                | 68             | 66             | 12                           | 61                              | 27  | 70683          | 32167           | 13121           | 3              | 3              |
| RYve 1                         | 16  | 316              | 316              | 265            | 88             | 156                          | 304                             | 49  | 529822         | 436391          | 154138          | 2              | 3              |
| RYve 2                         | 17  | 15               | 235              | 569            | 175            | 215                          | 637                             | 96  | 664237         | 769683          | 332884          | 2              | 3              |
| GLEISSOLOS                     |     |                  |                  |                |                |                              |                                 |     |                |                 |                 |                |                |
| GXve 1                         | 6   | 29               | 173              | 587            | 180            | 152                          | 614                             | 96  | 631810         | 627993          | 362284          | 2              | 3              |
| GXbd                           | 21  | 43               | 208              | 650            | 94             | 147                          | 671                             | 40  | 777863         | 785131          | 451341          | 2              | 1              |
| GXve 2                         | 34  | 418              | 270              | 205            | 84             | 148                          | 615                             | 70  | 434892         | 709590          | 127486          | 2              | 2              |
| ARGISSOLOS                     |     |                  |                  |                |                |                              |                                 |     |                |                 |                 |                |                |
| PAd 1                          | 29  | 143              | 13               | 19             | 115            | 26                           | 34                              | 44  | 28361          | 57097           | 3163            | 3              | 3              |
| PAd 2                          | 33  | 238              | 48               | 78             | 88             | 71                           | 130                             | 71  | 99426          | 186729          | 24517           | 2              | 2              |
| PAd 3                          | 55  | 158              | 19               | 38             | 207            | 20                           | 55                              | 42  | 49626          | 71322           | 7526            | 2              | 3              |
| CAMBISSOLOS                    |     |                  |                  |                |                |                              |                                 |     |                |                 |                 |                |                |
| CXvd 1                         | 27  | 112              | 189              | 320            | 338            | 157                          | 599                             | 65  | 337384         | 706840          | 138349          | 2              | 3              |
| CXvd 2                         | 32  | 73               | 234              | 471            | 296            | 218                          | 621                             | 33  | 611812         | 811419          | 290431          | 2              | 1              |
| Cxa                            | 6   | 418              | 117              | 205            | 95             | 170                          | 491                             | 84  | 432990         | 598314          | 283803          | 2              | 2              |

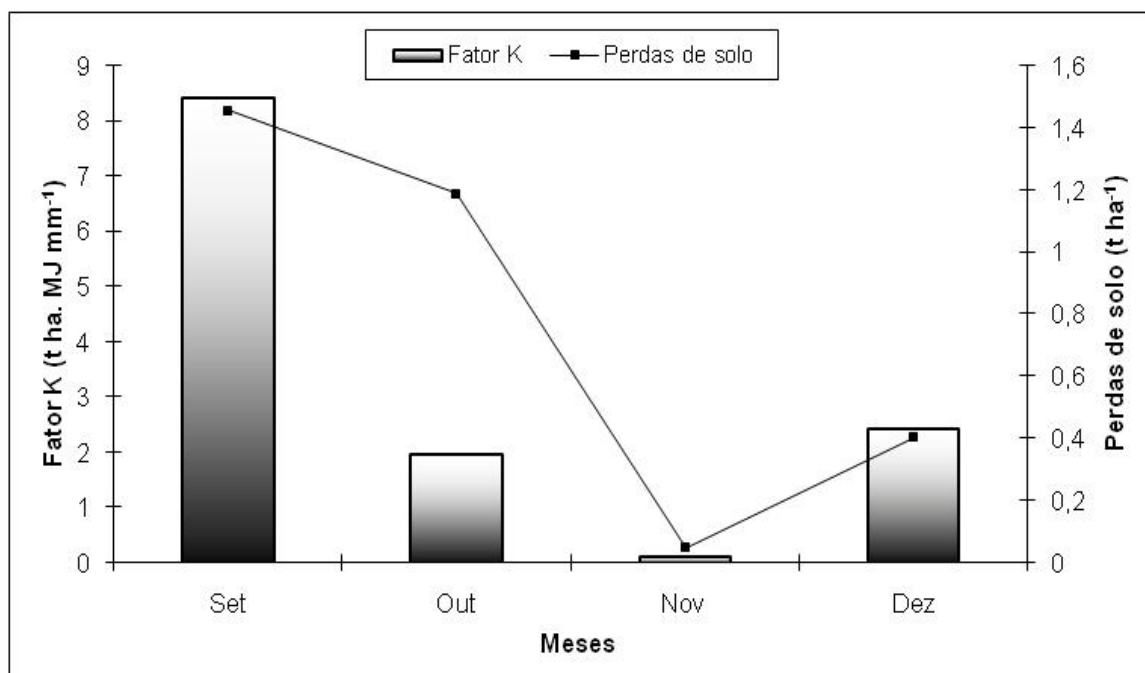
<sup>1</sup>AF = areia fina; <sup>2</sup>AMF = areia muito fina; <sup>3</sup>S = silte; <sup>4</sup>A = argila; <sup>5</sup>M = (AMF + Silte)(1000 - Argila) - em NaOH; <sup>6</sup>Ma = (AMF + Silte)(1000 - Argila) - em H<sub>2</sub>O; <sup>7</sup>Mm = (Silte (Silte + Areia fina)) - em NaOH; <sup>8</sup>E = estrutura; <sup>9</sup>P = permeabilidade.

**Tabela 3.** Estimativa da erodibilidade do solo de diferentes classes de solo do estado do Amazonas por meio de diferentes métodos indiretos.

| Solo                                  | Métodos indiretos |                           |                         |
|---------------------------------------|-------------------|---------------------------|-------------------------|
|                                       | WISCHMEIER (1971) | LIMA <i>et al.</i> (1990) | ROLOFF; DENARDIN (1994) |
| ----- t h (MJ mm) <sup>-1</sup> ----- |                   |                           |                         |
| LATOSSOLOS                            |                   |                           |                         |
| LAd 1                                 | 0,01              | 0,02                      | 0,03                    |
| LAd 2                                 | 0,01              | 0,02                      | 0,03                    |
| TERRA PRETA DE ÍNDIO                  |                   |                           |                         |
| LAd                                   | 0,01              | 0,01                      | 0,03                    |
| PVAd                                  | 0,01              | 0,01                      | 0,02                    |
| PAAd                                  | 0,01              | 0,01                      | 0,02                    |
| ESPODOSSOLOS                          |                   |                           |                         |
| ESKo                                  | 0,01              | 0,01                      | 0,02                    |
| EKo 1                                 | 0,01              | 0,01                      | 0,02                    |
| EKo 2                                 | 0,01              | 0,01                      | 0,02                    |
| PLINTOSSOLOS                          |                   |                           |                         |
| FXd                                   | 0,02              | 0,03                      | 0,02                    |
| NEOSSOLOS                             |                   |                           |                         |
| RQo                                   | 0,01              | 0,01                      | 0,02                    |
| RYve 1                                | 0,05              | 0,04                      | 0,03                    |
| RYve 2                                | 0,07              | 0,08                      | 0,03                    |
| GLEISSOLOS                            |                   |                           |                         |
| GXve 1                                | 0,07              | 0,07                      | 0,03                    |
| GXbd                                  | 0,07              | 0,07                      | 0,03                    |
| GXve 2                                | 0,03              | 0,06                      | 0,02                    |
| ARGISSOLOS                            |                   |                           |                         |
| PAAd 1                                | 0,01              | 0,01                      | 0,02                    |
| PAAd 2                                | 0,01              | 0,01                      | 0,01                    |
| PAAd 3                                | 0,01              | 0,01                      | 0,02                    |
| CAMBISSOLOS                           |                   |                           |                         |
| CXvd 1                                | 0,03              | 0,07                      | 0,03                    |
| CXvd 2                                | 0,05              | 0,07                      | 0,02                    |
| CXa                                   | 0,04              | 0,06                      | 0,03                    |



**Figura 1.** Estimativa da perda anual de diferentes classes de solo do estado do Amazonas com base na EUPS utilizando fator K estimado por meio de três modelos indiretos



**Figura 2.** Determinação da erodibilidade e perdas de solo em parcela coletora padrão (método direto) em Cambissolo Háplico sem cobertura na Província Petrolífera de Urucu, Coari - AM.