

## RELACIÓN ENTRE LA EROSIVIDAD DE LAS LLUVIAS CON LA PÉRDIDA DE AGUA Y SUELO EN ÁREAS DE EXPLOTACIÓN PETROLERA DE LA AMAZONIA CENTRAL BRASILEÑA

Omar Cubas Encinas<sup>(1)</sup>, Wenceslau Geraldes Teixeira<sup>(2)</sup>,  
Marx Leandro Naves Silva<sup>(3)</sup>, Rodrigo Santana Macedo<sup>(4)</sup>,  
Adriana Costa Gil de Souza<sup>(5)</sup>

<sup>(1)</sup>Inpa - Embrapa Amazônia Ocidental, o\_cubas@cnpa.embrapa.br,

<sup>(2)</sup> Embrapa solos, wenceslau@cnpa.embrapa.br,

<sup>(3)</sup> UFLA-DCS, marx@dcs.ufla.br. <sup>(4)</sup> USP-Esalq, macedo.rs@usp.br, <sup>(5)</sup> Ufam - Embrapa  
Amazônia Ocidental, adriana@hotmail.com

### Resumen

El objetivo de este trabajo fue cuantificar la pérdida de agua y suelo relacionadas con la erosividad de las lluvias en diferentes tipos de uso del suelo en áreas de explotación petrolera de la Amazonia central Brasileira. El experimento fue realizado utilizándose parcelas de pérdida de agua y suelo por escorrentía con dimensiones de 4 x 22 m para los tratamientos suelo descubierto y suelo cubierto con litera y 3 x 11 m para suelo sobre bosque primario. La mayor pérdida de agua y suelo se observó en el tratamiento con suelo descubierto, 34.47 mm y 58.03 g L<sup>-1</sup> con erosividades de cada evento de 26.26 y 30.85 MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> respectivamente y la menor pérdida de agua y suelo fue observado en el tratamiento con suelo cubierto por bosque primario, 1 mm y 0.11 g L<sup>-1</sup> con erosividades de 6.38 y 10.42 MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> respectivamente. Se observó que las pérdidas de suelo fue más influenciado por el tipo de uso del suelo de que por las pérdidas de agua. Los tratamientos suelo descubierto y suelo cubierto por floresta presentaron las mayores y menores pérdidas de agua y suelo.

**Palabras clave:** Urucu, Erosión, Energía Cinética.

### Introducción

La erosión hídrica provocada por el escurrimiento superficial (run off) lleva consigo sedimentos ricos en materia orgánica y otras sustancias químicas, degradando los suelos. Varios factores intervienen en la erosión, como las características de las lluvias, la declividad del terreno, la capacidad y/o la resistencia del suelo en absorber agua y la densidad de la cobertura vegetal (Braun, 1961). La lluvia es el factor más importante, el cual depende de sus características físicas, tales como: intensidad, duración, distribución y tamaño de las gotas para causar erosión, el cual es representado por el factor R, que expresa la capacidad erosiva de la lluvia en la ecuación universal de pérdida de suelo (USLE) (Wischmeier & Smith, 1958). El potencial de la lluvia en causar erosión

puede ser calculado por medio del índice de erosión. Wischmeier & Smith (1958) determinaron que el producto de la energía cinética (E) por la intensidad máxima en 30 minutos ( $EI_{30}$ ) es la relación que mejor expresa el potencial de la lluvia en ocasionar erosión. En la Amazonia central Brasileira, fueron realizados estudios sobre índices de erosividad por Macedo *et al.* (2007), pero estudios de pérdida de agua y suelo relacionados con lluvias erosivas en esta región no existen. El objetivo de este trabajo fue cuantificar la pérdida de agua y suelo relacionadas con la erosividad de las lluvias en diferentes tipos de uso del suelo en áreas de explotación petrolera de la Amazonia central Brasileira.

### **Materiales y métodos**

Este trabajo fue realizado en la Provincia petrolera del río Urucu Base de Operaciones Geólogo Pedro de Moura (BOGPM), Municipio de Coari, Estado de Amazonas-Brasil, localizado entre los paralelos de 4° 45' a 5° 05' S y los meridianos de 65° 00' a 65° 25' E. El clima, en la clasificación de Köppen, es de tipo Af, constantemente húmedo, correspondiendo al clima de bosque tropical. Los datos de precipitación fueron registrados en intervalos de cinco minutos en un pluviómetro automático conectado a un datalogger CR23x (Campbell – Utah - EUA). Los datos fueron agrupados en intervalos de erosividad: > 20, < 20 y > 10 y < 10 y > 6 MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> respectivamente. Los datos fueron calculados para obtenerse la intensidad de la lluvia en intervalos de 30 minutos y los totales de cada evento. La energía cinética en MJ ha<sup>-1</sup> mm<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> fue calculada conforme Wischmeier & Smith (1958):

$$E = 0.119 + 0.0873 \log I$$

donde **E**: energía cinética en MJ (ha mm)<sup>-1</sup>; **I**: intensidad de la lluvia en mm h<sup>-1</sup>

Los cálculos de pérdida de suelo y agua fueron realizados en dos parcelas colectoras de erosión, con 4 x 22 m instaladas en la Yacida 21 de la BOGPM, siendo una con suelo descubierto y una con suelo cubierto por 5 cm de litera de bosque primario. Una tercera parcela de 3 x 11 m fué instalada en un área de dicho bosque. El agua de lluvia que cayó dentro de las parcelas y que no infiltró, fue conducida por una canaleta colectora hasta una primera caja de agua de 500 L, donde fueron realizadas las lecturas del volumen de agua utilizando una regla calibrada (Figura 1A, 1B).

Cuando el volumen de agua excedió el volumen de la primera caja, 1/15 de ese exceso fue colectado para la segunda caja de agua de 500L, donde se realizaron las lecturas de volumen de agua y se colectaron muestras de los sedimentos. Las colectas fueron realizadas a cada evento de lluvia considerada erosiva, siguiendo la metodología de Cogo (1978). Los datos fueron sometidos a análisis de variancia y las medias comparadas por teste de Tukey.



Figura 1A. Parcela descubierta y cubierta con litera, 1B. Parcela en bosque primario con cajas de agua.

### Resultados y discusión

La mayor pérdida de agua y suelo se observó en el tratamiento con suelo descubierta, 34.47 mm y 58.03 g L<sup>-1</sup> con erosividades de cada evento de 26.26 y 30.85 MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> respectivamente y la menor pérdida de agua y suelo fue observada en el tratamiento con suelo cubierto por bosque primario, 1 mm y 0.11 g L<sup>-1</sup> con erosividades de 6.38 y 10.42 MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> respectivamente (Cuadro 1). Existe un aumento significativo del promedio de las pérdidas de suelo entre los sistemas de uso de la tierra con protección del suelo (suelo sobre bosque (0.46 g L<sup>-1</sup>) y cubierto con litera (0.47 g L<sup>-1</sup>) en relación al suelo descubierta (26.06 g L<sup>-1</sup>) (Figura 2). No hubo diferencia significativa entre el suelo cubierto por el bosque y por la litera mostrando la eficiencia de la cobertura del suelo en la reducción del proceso erosivo. Entretanto, las pérdidas de agua fueron semejantes entre los tratamientos suelo descubierta (16.40 mm) y suelo cubierto por litera (14.35 mm), pero significativamente menores en las áreas con suelos de bosque primario (1.27 mm) (Figura 3). Esto probablemente está relacionado con la capacidad reducida de infiltración y transmisión de agua en los horizontes sub-superficiales que fueron expuestos al retirarse los horizontes superficiales de las yacidas. (Teixeira *et al.*, 2004 a e b). Este proceso estaría agravado por los elevados valores de limo en estas camadas (Arruda, 2005), y la baja resistencia de los agregados que quedan expuestos en la superficie (Martins *et al.*, 2004).

### Conclusiones

Mayores y menores pérdidas de agua y suelo fueron observadas en el tratamiento con suelo descubierta y suelo sobre bosque primario respectivamente.

### Referencias

- ARRUDA, W.C. 2005. Estimativa dos processos erosivos na Base de Operações Geólogo Pedro de Moura Urucu – Coari – Am. UFAM, 80p (Dissertação de Mestrado).  
 BRAUN, W.A. 1961. Contribuição ao estudo da erosão no Brasil e seu controle. R. Bras. Geografia, 4:591-642.  
 COGO, N.P. 1978a. Uma contribuição à metodologia de estudo das perdas por erosão em condições de chuva natural: I – Sugestões gerais, medição do volume, amostragem e

quantificação do solo e água da enxurrada (1ª Aproximação). In: Encontro Nacional de Conservação do Solo, 2., Anais. Passo Fundo, Embrapa. p.75-97.

MARTINS, G.C. & TEIXEIRA, W.G. 2004. Estabilidade de agregados como indicador da recuperação da estrutura do solo em clareiras na província petrolífera de Urucu. In: I Workshop Técnico Científico da Rede CT Petro Amazônia, Manaus. v. CD ROM.

MACEDO, R. S. ; TEIXEIRA, W. G. ; MARTINS, G.C. ; RODRIGUES, M. R. L. 2007. Índice de erosividade da chuva em Coari-AM. In: XXXI Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 2007, Gramado - RS. XXXI Congresso Brasileiro de Ciência do Solo.

TEIXEIRA, W.G., MARTINS, G.C., IWATA, S.A., SOUZA, G.K.A., REIS, A.R., MARQUES, J.J.G.M., FALCÃO, N. 2004a. Indicadores físicos da qualidade do solo no monitoramento da recuperação de clareiras da província petrolífera de Urucu, Amazonas. In: I Workshop Técnico Científico da Rede CT Petro Amazônia, Manaus. v. CD ROM.

TEIXEIRA, W.G., MARQUES, A. de O., IWATA, S.A., MARTINS, G.C., REIS, A.R., RODRIGUES, M. do R. e BARROS, M.E. 2004b. Monitoramento da dinâmica da água numa clareira pela técnica da Reflectometria no Domínio do Tempo (TDR) na Província Petrolífera de Urucu. In: I Workshop Técnico Científico da Rede CT Petro Amazônia, Manaus. v. CD ROM.

WISCHMEIER, W.H.; SMITH, D.D. 1958. Rainfall energy and its relationships to soil loss. 39, n.2, p.285 -291.

**Cuadro 1. Valores de pérdida de agua y suelo por erosión hídrica para bosques naturales, suelo cubierto con litera y suelo descubierto en la provincia petrolera de Urucu, estado de Amazonas-Brasil.**

E <sub>10</sub>	Pérdidas de agua			Pérdidas de suelo			Precipitación Pluvial mm	Erosividad MJ mm ha <sup>-1</sup> h <sup>-1</sup>
	Descubierto	Litera	Bosque	Descubierto	Litera	Bosque		
	mm			g L <sup>-1</sup>				
	26.28	17.99	2.06	25.39	0.07	0.64	37.2	31.42
> 20	25.6	19.98	2.64	58.03	0.49	0.51	35.8	30.85
	34.47	19.24	2.06	49.72	0.5	0.46	38.2	26.26
x ± dp	28.78 ± 4.93	18.94 ±	2.25 ± 0.33	44.38 ± 16.98	0.35 ± 0.24	0.54 ± 0.1	37.07 ± 1.2	29.51 ± 2.63
< 20 y	16.4	16.4	1.94	20.46	1.35	1.76	24.4	14.124
> 10	15.89	12.14	1.09	33.18	0.42	0.31	18	12.5
	12.14	6.85	1	12.27	2.31	1.01	17.2	11.63
x ± dp	14.81 ± 2.33	11.8 ±	1.34 ± 0.52	21.97 ± 10.53	1.38 ± 0.95	1.03 ± 0.73	19.87 ± 3.9	12.75 ± 1.27
< 10	16.4	10.94	1.27	9.84	0.17	0.11	18.2	10.42
	17.59	14.35	1.18	37.30	1.32	0.41	18.2	9.41
	9.92	7.36	1	26.06	0.31	0.3	11	6.38
x ± dp	14.84 ± 4.13	10.89 ±	1.15 ± 0.14	24.40 ± 13.81	0.6 ± 0.63	0.27 ± 0.15	16.13 ± 4.4	8.54 ± 2.1

\* Promedio ± Desvío Padrón

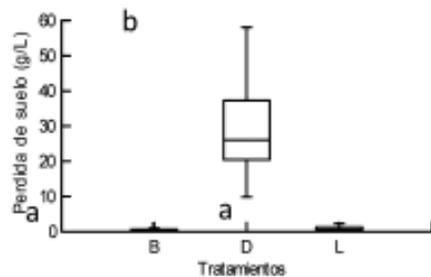


Figura 2. Diferencia de pérdida de suelo entre los tratamientos bosque primario (B), suelo descubierto (D) y suelo cubierto con litera (L).

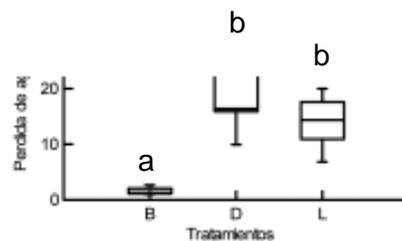


Figura 3. Diferencia de pérdida de agua entre los tratamientos bosque primario (B), suelo descubierto (D) y suelo cubierto con litera (L).