

BOLETÍN DE ESTUDIOS GEOGRÁFICOS N° 100 AÑO 2005

**LA INFLUENCIA DE LA DEFORESTACIÓN DEL CERRADO
BRASILEÑO EN EL CULTIVO DE GRANOS Y LAS CONSECUENCIAS
DE LA PÉRDIDA DEL SUELO EN LA REGIÓN DE LA RESERVA
CACHOEIRA DOURADA. BRASIL CENTRAL – OCCIDENTAL.**

João Batista Pereira Cabral¹
Valter Antonio Becegato²
Olívia Aparecida Rodolfo Figueiredo²
Glicinia Valentina Ortiz Zamora³
Mardocheo Palma Muñoz³

¹Univ. Federal de Goiás, CEP 75800-000, Jataí, Goiás - GO, Brazil

²Univ. do Estado de Santa Catarina, CP, 281, CEP 88520-000, Lages – SC

³Ciencia, Integración y Sociedad A.C. México, D.F.
jbcabral2000@yahoo.com.br¹

INTRODUCCIÓN

El *Cerrado*, un tipo de Sabana en Brasil, es un bioma que ocupa 24% del territorio brasileño y posee la mayor biodiversidad de América del Sur después del Amazonas. Ha sufrido intensa deforestación desde los años 80's, dando lugar al cultivo de soya y maíz. Esta práctica lleva a serias consecuencias negativas como es la reducción de la biodiversidad y el desgaste del suelo debido al proceso de erosión. Las precipitaciones se concentran en los meses de octubre a marzo, rebasando los 300 mm por mes.

La erosión es la razón principal por la que la tierra pierde su capacidad productiva. La extracción de la vegetación nativa lleva a un rompimiento, temporal o definitivo, del equilibrio natural que existe entre el suelo y el entorno. En general, la preparación de la tierra para la agricultura empieza con la extracción de la vegetación nativa y con ello se expone el suelo a la erosión causada por el agua de lluvia (hidro-erosión). En base a las características físicas de las precipitaciones en cada región, el potencial del agua de lluvia que puede causar hidro-erosión se puede evaluar por medio de índices de erosividad. Wischmeier & Smith (1958) determinaron que el producto de la energía cinética total por la intensidad máxima en 30 minutos (EI30) es el parámetro que mejor expresa el potencial del agua de lluvia para causar erosión en términos de fases de impacto de gotas, desgaste de suelo, turbulencia en el flujo y transporte de partículas. La erosividad del agua de lluvia es un factor que representa la capacidad de la misma para causar erosión en el suelo. En esencia la erosividad del agua de lluvia depende de la intensidad con la que cae la lluvia y la energía cinética del impacto de las gotas en la superficie del suelo. De acuerdo con Wischmeier (1959), la energía cinética total de la lluvia y su intensidad máxima durante 30 minutos en $\text{MJ mm}^{-1} \text{h}^{-1}$ son los parámetros que mejor se correlacionan con la pérdida del suelo por hidro-erosión. La suma del promedio mensual de los valores del EI30 para

LA INFLUENCIA DE LA DEFORESTACIÓN DEL CERRADO BRASILEÑO EN EL CULTIVO DE GRANOS Y LAS CONSECUENCIAS DE LA PÉRDIDA DEL SUELO EN LA REGIÓN DE LA RESERVA CACHOEIRA DOURADA. BRASIL CENTRAL – OCCIDENTAL.

determinado periodo de años de precipitaciones es el factor R de la ecuación universal de pérdida de suelo, dada en $\text{MJ mm}^{-1} \text{ h}^{-1}$. De esta manera el índice de erosión se determina para la lluvia que cae en cierta cuenca hidrográfica.

R es un índice numérico que expresa la capacidad de la lluvia para erosionar en un área no protegida (Bertoni & Lombardi Neto, 1999; Alves, 2000). Wischmeier & Smith (1978) demostraron que el índice que mejor se correlaciona con la pérdida de suelo en Estados Unidos de América es el producto de la energía cinética de la lluvia y la intensidad máxima de ésta durante 30 minutos. Bertoni & Lombardi Neto (1999) propusieron la siguiente ecuación para determinar el valor del índice de erosividad promedio a través de la relación entre el promedio mensual y el anual de precipitación:

$$\text{EI30} = 67.355 (r^2 / P)^{0.85} \quad \text{(Ecuación 1)}$$

Donde:

EI30 = índice de erosividad promedio mensual en $\text{MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1}$;

r = promedio del total de precipitación mensual (mm);

P = promedio del total de precipitación anual (mm).

Un estimado del promedio anual de pérdida de suelo se obtiene con la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo. El agua de lluvia es el agente activo del proceso de la hidro-erosión porque es el causante del desgaste de las partículas de la tierra. Alves (2000), Bertoni & Lombardi Neto (1999), Albuquerque et al., (1994) entre otros, estudiaron otros índices de erosividad y consideraron el EI30 como el más adecuado para el escenario intertropical. De acuerdo con Lal (1976) y Streei et al., (2002), el modelo Wischmeier & Smith's (1958) subestima la energía cinética de las gotas en regiones tropicales, debido a la velocidad del viento, la distribución de gotas de diferente tamaño y los índices de grandes precipitaciones. Una mejor correlación entre la pérdida de suelo y el índice de erosividad EI30, según Wischmeier (1958) no es posible porque las características físicas de la lluvia no se conocen. Estudios detallados de estos parámetros son raros en Brasil. Para poder contribuir con información de ese tipo, Wagner & Massambani (1988) determinaron la relación entre la energía cinética y la tasa de precipitación, obtenidas de 533 muestras de la distribución de gotas de lluvia predominantemente convectiva (volumen pequeño, corta duración y gran intensidad) en la región de São Paulo. Los autores concluyeron que la ecuación para calcular la energía cinética, obtenida de acuerdo a los datos observados, no difiere significativamente de la propuesta por Wischmeier & Smith (1978). De acuerdo con Eltz et al., (1992) precipitaciones con la misma capacidad erosiva pueden causar diferentes pérdidas de suelo,

dependiendo de la humedad previa a la precipitación y a la variación de su intensidad. Nuestro objetivo fue determinar los valores EI30 y su distribución espacial usando datos correspondientes a un periodo de 30 años (1973 - 2002) pertenecientes a ocho estaciones de precipitación en diferentes localidades del área de desagüe de la reserva Cachoeira Dourada.

1. MATERIALES Y MÉTODOS

1.1 Caracterización del área de estudio

El sistema hidroeléctrico de la reserva Cachoeira Dourada (Go/MG) se localiza en el límite de los estados de Goiás y Minas Gerais, en el bioma del *Cerrado* dentro de las coordenadas 640000-760000 m W y 7910000-7975000 m N (UTM zona 22, datum Corrégo Alegre). Fue construido en 1959 para generar energía eléctrica y como parte del complejo de presas situadas a lo largo del río Paranaíba cuya cuenca de desagüe ocupa un área de 2734 km².

1.2 Métodos

Se obtuvieron de la Agencia Nacional de Aguas (*Agência Nacional de Águas* - ANA), datos referentes a ocho localidades de un periodo de 30 años (1973 al 2002). El método de pesos regionales (Bertoni & Tucci, 2000) se utilizó para reemplazar los datos faltantes en las series mensuales, por lo menos una vez, tres estaciones deben tener una cantidad mínima de datos correspondientes a diez años. Los datos Y faltantes correspondientes a la década de 1993-2002 se calculó para la estación Tupaciguara usando la siguiente ecuación, donde el promedio se tomó de tres valores calculados de precipitaciones en los puntos X1, X2 y X3 durante el mes en cuestión:

$$Y_c = 1/3(X_1/X_{m1} + X_2/X_{m2} + X_3/X_{m3})Y_m$$

(Ecuación 2)

Donde:

Y_c = precipitación estimada en la estación Y;

X₁, X₂ y X₃ = precipitaciones correspondientes a los meses (o año) para el cual los datos no se tienen y se midieron en tres estaciones cercanas;

Y_m = promedio de precipitación en la estación Y;

X_{m1}, X_{m2} y X_{m3} = promedio de precipitación en las estaciones vecinas.

En este método, la relación entre las precipitaciones medidas en cada estación y los promedios respectivos, ayuda a predecir la precipitación en la estación que no cuenta con la información. Se asume que en la estación Y, la información faltante es proporcional a la precipitación medida en las estaciones vecinas X₁, X₂ y X₃ durante el mismo periodo. Se debe tomar en cuenta, sin embargo, que las estaciones

LA INFLUENCIA DE LA DEFORESTACIÓN DEL CERRADO BRASILEÑO EN EL CULTIVO DE GRANOS Y LAS CONSECUENCIAS DE LA PÉRDIDA DEL SUELO EN LA REGIÓN DE LA RESERVA CACHOEIRA DOURADA. BRASIL CENTRAL – OCCIDENTAL.

escogidas deben localizarse en una región con clima similar al de la estación con datos no registrados. Los índices de erosividad (EI30) se calculan de acuerdo a la ecuación 1.

Con ayuda del módulo "grid" del programa *Surfer v.8.0*, se aplicó el método kriging a los bancos de datos georeferenciados para generar mapas de contorno de erosividad (de acuerdo con Landim 2000 y Landim et al., 2002).

2. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

2.1 Análisis de los datos del periodo de treinta años: 1973-2002

Los datos de la Tabla 2 corresponden a ocho estaciones de precipitación para el periodo de diez años de 1973 al 2002. El promedio anual de precipitación fue de 1441 mm; el índice promedio mensual más alto y más bajo ocurrió en enero (273.3 mm) y en julio (7.5 mm) respectivamente. Existe una distribución irregular de precipitaciones, con concentración de valores mayores a 100 mm entre los meses de octubre y marzo, en este intervalo las lluvias de verano predominaron y se dio lugar al 85.27% del total de las precipitaciones. Por otro lado, entre abril y septiembre se registró el 14.73% del total de precipitaciones, correspondiente a un periodo prolongado de sequía, el cual caracteriza a la región central-occidental brasileña. Para todas las localidades grandes coeficientes de variación fueron obtenidos, el valor más alto y el más bajo corresponden a las estaciones de Brilhante (90%) y Ponte Meia (79.78%) respectivamente. Estos índices elevados se explican debido al amplio rango de precipitaciones, desde 5.5 mm a 330 mm. El promedio aritmético está influenciado por estos valores tan extremos, tal como Silva et al., (2003) también observó. La figura 1 muestra que ocurrió una variación en el índice EI30, de 7100 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ en el inicio del mayor afluente Córrego Piedade (estación Fazenda Cachoeira Pouso Alegre) a 8500 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ en la región de Córrego Alambari (estación Brilhante). El índice EI30 máximo es cercano al valor de 8.319 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ obtenido por Dedecek (1978) para el Planalto Central *Cerrado* (Brasília – DF). Por el otro lado, ese valor es mucho más bajo que los 11635 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ obtenidos por Rufino et al. (1993) para la ciudad de Cascavel. El factor de erosividad EI30 del promedio anual de treinta años fue de 7410.4 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ (Tabla 3), correspondiente al 94% del total EI30 y cayendo en el intervalo de 5000-12000 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ para las condiciones brasileñas (Cogo, 1988). Parte del periodo con los índices EI30 más elevados coincide con la preparación de la tierra y la siembra para cultivos anuales. Para conseguir un decremento en la pérdida de suelo, serían preferibles prácticas de conservación, tal como el cultivo directo, por ser la medida más recomendada.

Tabla 1- Distribución de las estaciones de precipitación.

Localidad	Latitud (UTM)	Longitud (UTM)	Altitud (m)	Período (years)
Fazenda Cachoeira Pouso Alegre				1973-2002
Alegre	733914	7931098	793	
Xapetuba	754563	7912650	890	1973-2002
Tupaciguara	743696	7941832	887	1973-2002
Avantiguara	703467	7923302	791	1973-2002
Monte Alegre de minas	724452	7911960	730	1973-2002
Ponte Meia	646788	7971760	468	1973-2002
Brilhante	721433	7954069	800	1973-2002
Corumbazul	726453	7981721	500	1973-2002

Figura 1 - Espacialización de la erosividad (EI30) en el área de influencia del sistema hidroeléctrico de la reserva Cachoeira Dourada de 1973 a 2002.



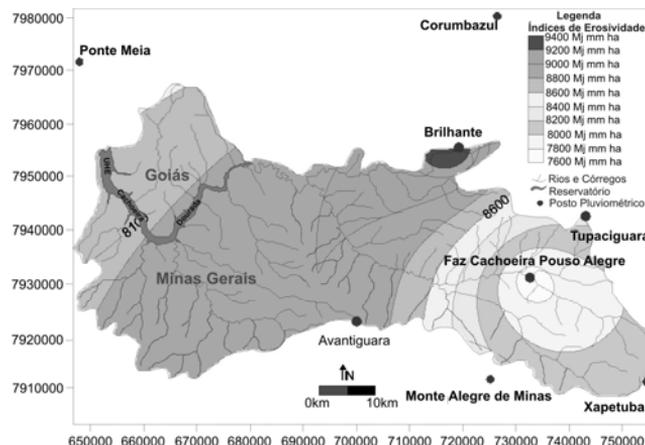
2.1.1 Análisis de los datos para el primer periodo de diez años: 1973-1982

Los datos de la Tabla 4 se refieren a la primera década de la serie de 30 años. El promedio anual de precipitación fue de 1538mm, la mayor parte corresponde a la estación Brilhante con 1693 mm, donde se observó el coeficiente de variación más alto, siendo éste de 88.91%. Los valores más bajos de precipitación, de 1402 mm, ocurrieron en la región de Fazenda Cachoeira Pouso Alegre. Los valores más alto y más bajo de los índices promedio mensuales corresponden a diciembre (296.2 mm) y julio

LA INFLUENCIA DE LA DEFORESTACIÓN DEL CERRADO BRASILEÑO EN EL CULTIVO DE GRANOS Y LAS CONSECUENCIAS DE LA PÉRDIDA DEL SUELO EN LA REGIÓN DE LA RESERVA CACHOEIRA DOURADA. BRASIL CENTRAL – OCCIDENTAL.

(7.6 mm) respectivamente. Valores mayores a 100mm se concentraron entre octubre y marzo. La Figura 2 muestra que el EI30 varió de 7600 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ en el inicio del cauce de Córrego Piedade, cerca a la estación de Fazenda Cachoeira Pouso Alegre y 9200 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ en la región de Córrego Alambari, cerca a la estación de Brilhante. El promedio anual EI30, es la suma en donde entre octubre y marzo se alcanzaron 7858.9 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹, y corresponde al 93.8% del total del EI30. De abril a septiembre, el EI30 resultó en 521.2 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹, representando únicamente el 6.21% del índice de erosividad (Tabla 5). La correlación de este EI30 con los resultados del índice de erosividad de un periodo de 30 años de 521.2 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹, el cual corresponde a los meses de abril a septiembre en el periodo de 1973- 1982, es más alto que el índice de erosividad de 469.9 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ obtenido para los mismos meses del periodo 1973-2002. Lo mismo se observó durante los meses de octubre a marzo en los periodos de 1973-1982 y 1973-2002, que resulta del índice más alto de precipitación para 1973-1982 y no para 1973-2002. Posiblemente la pérdida de suelo no fue tan evidente una vez que se intensificó la ocupación del *Cerrado* en la siguiente década (1983-1992).

Figura 2 – Espacialización de la erosividad (EI30) en el área de influencia del sistema hidroeléctrico de la reserva de Cachoeira Dourada 1973-1982.

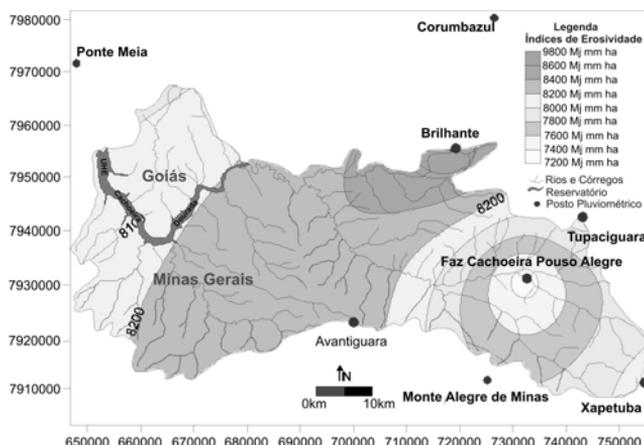


2.1.2 Análisis de los datos del Segundo periodo de diez años: 1983-1992

Durante este periodo se dio una intensa ocupación del *Cerrado*, que fue la causa de la deforestación al preparar la tierra para el cultivo de arroz, soya y maíz. El promedio anual de precipitación fue de 1490 mm

(Tabla 6); el índice más alto del promedio mensual de 272.4 mm ocurrió en diciembre, el cual es más alto que el índice de treinta años de 269 mm. El análisis espacial (Figura 3) muestra que el índice más bajo de erosividad de $7200 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1}$ correspondió a las áreas cercanas a la estación de precipitación Fazenda Cachoeira Alegre, mientras que el índice más alto de erosividad de $8600 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1}$ correspondió a las áreas vecinas de la estación de Brilhante. Durante esta década, los índices más alto y más bajo del promedio mensual ocurrieron en diciembre (272.4 mm) y junio (5.4 mm) respectivamente. La menor concentración de valores por debajo de 100 mm ocurrió entre mayo y septiembre, los coeficientes de variación más alta y más baja correspondieron a Brilhante (89.55%) y Ponte Meia (75%) respectivamente. La comparación entre los datos de los periodos de 1973-1982 y 1983-1992 muestra un decremento en la precipitación de 48 mm y en consecuencia un decremento del índice de erosividad del promedio anual en $600 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1}$. El promedio anual EI30 para este periodo fue de $7394.3 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1}$ (Tabla 7), más altos que los obtenidos por Margolis et al., (1995) para Caruaru – PE ($2100 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1}$) y Rufino (1986) para algunas localidades en Paraná ($5.275 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1}$).

Figura 3 - Espacialización de la erosividad (EI30) en el área de influencia del sistema hidroeléctrico de la reserva Cachoeira Dourada de 1983 a 1992.



2.1.3 Análisis de los datos para el último periodo de diez años: 1993-2002

La Tabla 8 muestra una vez más que los valores mayores a 100 mm se concentraron durante los meses entre octubre y marzo. Un decremento en el índice de precipitación se observó en el área de desagüe de la reserva. El promedio anual de precipitación en el último periodo de diez

LA INFLUENCIA DE LA DEFORESTACIÓN DEL CERRADO BRASILEÑO EN EL CULTIVO DE GRANOS Y LAS CONSECUENCIAS DE LA PÉRDIDA DEL SUELO EN LA REGIÓN DE LA RESERVA CACHOEIRA DOURADA. BRASIL CENTRAL – OCCIDENTAL.

años fue de 1328 mm, los valores más alto y más bajo del promedio mensual ocurrieron en enero (255 mm) y julio (5 mm) respectivamente. La Figura 4 muestra que los valores EI30 variaron de 6500 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ en la región del inicio del cauce de mayor afluencia del Córrego Piedade, cerca de la estación Fazenda Cachoeira Pouso Alegre, a 7900 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ en la región de Córrego Alambari, cerca de la estación de Brilhante.

En base a los índices del promedio anual para el periodo de los últimos diez años, la suma promedio de los valores de EI30 para los meses lluviosos (octubre a marzo) alcanzó 6940.3 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹, que corresponde al 94.15% del índice anual EI30 y es más alto que los valores obtenidos por Bertol (1993; 2002), de 6329.3 y 5790 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ respectivamente para Campos Novos y Lages (SC). Esta suma es menor que los valores obtenidos por Morais et al., (1991), de 7830 y 8.493 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ para dos puntos distintos del municipio de Cáceres (MT), y Silva et al., (1997), de 8355 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ para Goiânia (GO).

En el periodo de sequía, abril-septiembre, la suma promedio de los valores de EI30 fue de 431.3 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹, que corresponde al 5.4% del índice de erosividad; Los índices más alto y más bajo del promedio mensual (Tabla 9) ocurrieron en enero (1848.4 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹) y julio (2 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹) respectivamente. La variación más larga se observó en la estación de Brilhante (89.69%), mientras que la más pequeña en la estación de Ponte Meia (76%).

Figura 4 - Espacialización de la erosividad (EI30) en el área de influencia del sistema hidroeléctrico de la reserva Cachoeira Dourada de 1993 a 2002.



CONCLUSIONES

El índice EI30 correspondiente al periodo de 30 años de 1973 al 2002 fue de 7.880 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹, el cual decreció a lo largo de las tres décadas estudiadas por separado.

En la temporada de lluvias, que abarca de octubre a marzo durante la cual la tierra es cultivada, ocurre el potencial de erosión más alto: 85% a 88 % de precipitación y se concentra del 93% a 95.8% del EI30 anual en este periodo.

Los índices más altos de erosividad siempre ocurrieron cerca de la estación de precipitación de Brilhante, mientras que los índices más bajos ocurrieron cerca de la estación de Fazenda Cachoeira Pouso Alegre.

AGRADECIMIENTOS

A la Ing. Nina Victoria Rangel Ortiz por la transcripción del texto al español.

BIBLIOGRAFÍA

- ALBUQUERQUE, A.W.; CHAVES, I.B. & VASQUES FILHO, J. (1994), Características físicas da chuva correlacionadas com as perdas de solo num regolito eutrófico de Caruaru (PE). *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. 18: 279-283.
- ALVES, M. (2000), Estimativa da perda de solo por erosão laminar na bacia do rio São Bartolomeu-DF usando técnicas de geoprocessamento. 33p.
- BERTOL, I. (1993), Avaliação da erosividade da chuva na localidade de Campos Novos (SC) no período de 1981-1990. *Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília*, v.29, n.9, p.1.453-458.
- BERTOL, I.; SCHICK, J.; BATISTELA, O., et al. (2002), Erosividade das chuvas e sua distribuição entre 1989 e 1998 no município de Lages (SC). *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.26, p.455-464.
- BERTONI, J. C. & LAMBARDI NETO, F. (1999), Conservação do solo. São Paulo - SP, Icone, 355p.
- BERTONI, J. C. & TUCCI, C.E.M. (2000), Hidrologia: Ciência e Aplicação. 2ed. Cap. 5. Editora Universitária/UFRGS. ABRH, Porto Alegre.
- COGO, N.P. (1988), 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, p.251-262.
- DEDECEK, R.A. (1978), Capacidade erosiva das chuvas de Brasília-DF, In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA SOBRE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 2., Passo Fundo, Anais. [S.l.]: Embrapa-SNLCS, p.157-161.

LA INFLUENCIA DE LA DEFORESTACIÓN DEL CERRADO BRASILEÑO EN EL CULTIVO DE GRANOS Y LAS CONSECUENCIAS DE LA PÉRDIDA DEL SUELO EN LA REGIÓN DE LA RESERVA CACHOEIRA DOURADA. BRASIL CENTRAL – OCCIDENTAL.

- ELTZ, F.L.F.; REICHERT, J.M. & CASSOL, E.A. (1992), Período de retorno de chuvas em Santa Maria, RS. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 16: 265.
- LANDIM, P.M.B. (2000), Introdução aos métodos de estimação espacial para confecção de mapas. *Geomática*. Texto didático 02. DGA. IGCE. UNESP/Rio Claro 20p.
- LANDIM, P.M.B; MONTEIRO, R. & CORSI, A.C. (2002), Introdução à confecção de mapas pelo software SURFER. *Geomática*. Texto didático 8. DGA.IGCE.UNESP/Rio Claro 20p.
- LAL, R. (1976), Soil erosion on alfisols in western Nigeria. III. Effects of rainfall characteristics. *Geoderma*, Amsterdam, v.16, p.389-401.
- MARGOLIS, E.; SILVA, A.B. & JAQUES, F.O. (1995), Determinação dos fatores da equação universal de perdas de solo para as condições de Caruaru (PE). *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 9, p.65-169.
- MORAIS, L.F.B.; SILVA, V.; NASCHENVEN, T.M. C.; et al., (1991), Índice EI30 e sua relação com o coeficiente de chuva do sudoeste do Mato Grosso. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.15, p339-344.
- RUFINO, R.L. (1986), Avaliação do potencial erosivo da chuva para a o Estado do Paraná: segunda aproximação. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.10, p.279-281.
- RUFINO, R.L.; BISCAIA, R.C.M. & MERTEN, G.H. (1993), Determinação do potencial erosivo da chuva do Estado do Paraná, através de pluviometria: terceira aproximação. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.17, p.439-444.
- SILVA, J. W.; GUIMARÃES, E. C. & TAVARES, M. (2003), Variabilidade temporal da precipitação e anual na estação climatológica de Uberaba-MG. *Ciê. Agrotec*, Lavras. 27; 665-674.
- SILVA, M.N.L.; FREITAS, P.L.; BLANCANEUX, P.; et al. (1997), Relação entre parâmetros da chuva e perdas de solo e determinação da erodibilidade de um Latossolo Vermelho-escuro em Goiânia (GO). *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.21, p.131-137.
- SURFER, version 8.0 Golden Software, 2000. Conjunto de programas. 1CD-Rom e manuais.
- WAGNER, C.S. & MASSAMBANI, O. (1988), Análise da relação intensidade de chuva-energia de Wischmeier & Smith e sua aplicabilidade à região de São Paulo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.12, p. 197-203.
- WISCHMEIER, W.H. & SMITH, D.D. (1958), Rainfall energy and its relationship to soil loss. *Trans. Am. Geophysical Union*, 39:285-291.
- WISCHMEIER, W.H. (1959), A rainfall erosion index for a universal soil loss equation. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 23:246-249.

JOÃO BATISTA PEREIRA CABRAL, VALTER ANTONIO BECEGATO, OLÍVIA APARECIDA, RODOLFO FIGUEIREDO, GLICÍNIA VALENTINA ORTIZ ZAMORA, MARDOCHEO PALMA MUÑOZ

WISCHMEIER, W.H. & SMITH, D.D. (1978), Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning. Washington, United States Department of Agriculture, 58p. (Agriculture Handbook, 537).

Resumen

El índice de erosividad (EI30) y su espacialización fueron determinados para las cuencas de contribución del sistema hidroeléctrico de la reserva Cachoeira Dourada, localizada entre los Estados de Goiás y Minas Gerais, limitada por las coordenadas 640000-760000 m W. y 7910000-7975000 m S. UTM zona 22, Datum Córrego Alegre. Se trataron los datos del promedio mensual y anual de las precipitaciones correspondientes a ocho localidades para un periodo de treinta años. Existe una distribución irregular de precipitación en la región y en consecuencia una espacialización no uniforme de los índices de erosión en el área de influencia de la reserva. Los valores más altos de precipitación coinciden con el periodo de preparación de la tierra para el cultivo y el desarrollo de las plantas de ciclo anual, principalmente soja y maíz.

Palabras clave: deforestación, (EI30) factor de erosión por lluvia, pérdida del suelo

Abstract

The erosivity index (EI30) and its spatialization were determined for the contribution basins of the Cachoeira Dourada hydroelectric system reservoir, located between the states of Goiás and Minas Gerais and limited by coordinates 640000-760000 m W and 7910000-7975000 m S. UTM zone 22, Datum Córrego Alegre. Average monthly and annual rainfall data corresponding to eight localities and to a 30-year period were treated. There is an irregular rainfall distribution in the region and consequently a non-uniform spatialization of the erosivity indexes within the influence area of the reservoir. The highest rainfall values coincide with the period of soil preparation and development of annual-cycle plants, mainly soybean and corn.

Key words: deforestation, (EI30) rain erosivity factor, soil loss.

Tabla 2 - Estadística descriptiva del promedio mensual de precipitación (mm) de 1973 al 2002 para 12 micro cuencas del sistema hidroeléctrico de la reserva Cachoeira Dourada.

Estaciones	promedio	SD	VC	P	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Fazenda Cachoeira Pouso Alegre	109.11	87.41	80.11	1309	240.0	174.2	178.5	73.0	42.3	15.8	6.9	17.1	47.9	100.4	178.0	235.2
Xapetuba	121.69	97.47	80.10	1460	254.7	205.9	198.2	90.6	53.1	20.4	8.6	19.1	43.0	101.7	190.8	274.2
Tupaciguara	119.26	100.25	84.06	1431	261.0	185.9	183.5	70.1	37.3	17.2	8.3	17.4	46.0	112.7	212.8	278.9
Avantiguara	126.46	105.95	83.78	1518	320.8	198.1	185.3	89.7	38.6	17.6	6.4	18.7	51.5	128.4	195.1	267.3
Monte Alegre de minas	126.11	102.23	81.06	1513	290.2	195.1	192.6	89.4	41.0	17.7	10.4	17.7	52.7	126.7	207.7	272.1
Ponte Meia	120.30	95.97	79.78	1444	256.7	188.6	201.5	101.0	38.0	14.5	5.5	17.3	51.4	117.1	192.7	259.3
Brilhante	128.64	115.84	90.05	1544	330.2	201.2	189.4	67.0	36.3	15.1	7.2	16.3	59.6	106.4	198.5	316.5
Corumbazul	109.22	90.56	82.92	1311	232.6	163.5	188.6	74.8	34.7	12.4	7.0	16.3	39.9	103.5	189.0	248.3
Monthly average		1441			273.3	189.1	189.7	82.0	40.2	16.3	7.5	17.5	49.0	112.1	195.6	269.0

VC = Coeficiente de variación (%); **SD** = desviación estándar; **P** = promedio anual de precipitación (mm).

Tabla 3 – Índice del promedio mensual de erosividad de 1973 a 2002 para 12 micro cuencas del sistema hidroeléctrico de la reserva Cachoeira Dourada.

Estaciones	EI1	EI2	EI3	EI4	EI5	EI6	EI7	EI8	EI9	EI10	EI11	EI12	R	EI30 húmedo	EI30 seca
Faz Cachoeira															
Pouso Alegre	1679.8	974.2	1015.5	222.1	87.8	16.5	4.0	18.8	108.5	381.8	1010.6	1623.0	7142.73	6685.0	457.8
Xapetuba	1693.7	1179.8	1105.8	292.2	117.8	23.2	5.3	20.7	82.3	355.7	1036.5	1920.0	7833.13	7291.5	541.6
Tupaciguara	1796.1	1008.8	986.8	192.2	65.8	17.6	5.1	18.0	93.9	430.8	1269.4	2010.5	7895.20	7502.6	392.6
Avantiguara	2426.7	1069.3	954.5	278.1	66.3	17.4	3.1	19.3	108.3	511.6	1042.0	1779.5	8276.26	7783.7	492.6
Monte Alegre de minas	2051.3	1044.4	1021.8	277.1	73.6	17.7	7.2	17.7	112.9	501.4	1161.7	1838.5	8125.09	7619.0	506.1
Ponte Meia	1733.3	1026.3	1148.4	355.0	67.4	13.1	2.5	17.7	112.6	456.4	1064.5	1763.2	7760.32	7192.1	568.2
Brilhante	2512.0	1082.1	976.4	166.9	58.9	13.3	3.8	15.1	136.8	366.3	1057.5	2337.4	8726.33	8331.7	394.6
Corumbazul	1591.3	874.0	1114.1	231.3	62.7	10.9	4.1	17.3	79.5	401.7	1118.2	1778.2	7283.31	6877.5	405.8
Average	1935.5	1032.4	1040.4	251.9	75.0	16.2	4.4	18.1	104.3	425.7	1095.0	1881.3	7880.3	7410.4	469.9

JOÃO BATISTA PEREIRA CABRAL, VALTER ANTONIO BECEGATO, OLÍVIA APARECIDA, RODOLFO FIGUEIREDO, GLICÍNIA VALENTINA ORTIZ ZAMORA, MARDOCHEO PALMA MUÑOZ

Tabla 4 - Estadística descriptiva del promedio mensual de precipitación (mm) de 1973 a 1982 para 12 micro cuencas del sistema hidroeléctrico de la reserva Cachoeira Dourada.

Estaciones	promedio	SD	VC	P	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
Fazenda Cacheira Pouso Alegre	116.8	96.05	82.23	1402	259.2	154.6	189.7	76.4	45.5	21.3	5.0	14.1	46.0	112.7	217.4	259.7	
Xapetuba	130.55	99.56	76.26	1567	259.1	240.1	195.3	135.4	78.9	29.5	11.1	14.4	33.5	101.7	188.6	279.0	
Tupaciguara	124.54	106.47	85.49	1495	281.6	172.0	156.2	80.0	37.8	20.2	9.9	9.8	44.2	142.6	248.6	291.9	
Avantiguara	136.36	118.12	86.62	1636	352.3	195.6	161.1	86.5	49.9	19.5	7.0	11.2	47.8	164.2	238.6	302.6	
Monte Alegre de Minas	132.27	104.95	79.34	1587	302.7	176.8	186.6	114.7	50.9	27.0	10.4	13.5	43.9	156.1	213.4	291.2	
Ponte Meia	125.98	109.00	86.52	1512	305.3	168.1	180.0	88.2	32.8	17.6	4.3	11.0	49.1	149.4	201.6	304.3	
Brilhante	141.11	125.46	88.91	1693	363.4	188.0	176.9	79.0	45.2	21.4	9.6	15.4	63.9	132.9	254.0	343.6	
Corumbazul	117.56	100.03	85.09	1411	230.7	160.8	171.2	78.1	35.0	15.1	3.3	16.4	41.5	134.0	227.7	296.9	
Monthly average					1537,8	294.3	182.0	177.1	92.3	47.0	21.5	7.6	13.2	46.2	136.7	223.7	296.2

VC = Coeficiente de variación (%); **SD** = desviación estándar; **P** = promedio anual de precipitación (mm).

Tabla 5 - Índice del promedio mensual de erosividad de 1973 a 1982 para 12 micro cuencas del sistema hidroeléctrico de la reserva Cachoeira Dourada.

Estaciones	EI1	EI2	EI3	EI4	EI5	EI6	EI7	EI8	EI9	EI10	EI11	EI12	R	EI30 húmedo	EI30 seca
Faz Cachoeira Pouso Alegre	1806.8	750.6	1062.8	226.5	93.8	25.8	2.2	12.8	95.6	438.5	1339.9	1812.8	7668.17	7211.5	456.7
Xapetuba	1642.7	1443.2	1015.9	545.0	217.6	40.9	7.8	12.1	50.7	335.0	957.4	1862.9	8131.08	7257.0	874.1
Tupaciguara	1969.5	851.9	723.2	231.9	64.8	22.3	6.6	6.5	84.6	619.4	1593.4	2093.5	8267.57	7850.8	416.8
Avantiguara	2668.9	981.6	705.7	245.2	96.2	19.5	3.4	7.6	89.5	729.0	1376.0	2060.9	8983.56	8522.2	461.4
Monte Alegre de minas	2116.2	848.3	929.8	406.5	102.2	34.8	6.9	10.7	79.4	686.5	1168.1	1981.3	8370.59	7730.1	640.5
Ponte Meia	2238.0	811.5	911.6	271.1	50.4	17.5	1.6	7.9	100.2	664.1	1105.2	2225.6	8404.60	7955.9	448.7
Brilhante	2732.8	891.3	803.7	204.1	79.0	22.2	5.7	12.7	142.3	494.2	1486.5	2484.5	9358.91	8892.9	466.0
Corumbazul	1474.1	798.1	887.8	233.8	59.7	14.3	1.1	16.5	79.8	585.4	1441.7	2263.5	7855.75	7450.5	405.2
Average	2081.1	922.0	880.1	295.5	95.5	24.7	4.4	10.8	90.3	569.0	1308.5	2098.1	8380.0	7858.9	521.2

Tabla 6 - Estadística descriptiva del promedio mensual de precipitación (mm) de 1983 a 1992 para 12 micro cuencas del sistema hidroeléctrico de la reserva Cachoeira Dourada.

Estaciones	promedio	SD	VC	P	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Fazenda Cachoeira Pouso Alegre	112.49	88.57	78.47	1350	234.8	198.6	188.9	90.2	32.3	6.4	22.7	19.7	41.3	116.0	160.7	238.3
Xapetuba	128.03	100.61	78.58	1536	259.9	179.5	230.3	91.2	39.3	7.2	49.7	25.1	43.8	114.9	200.9	294.5
Tupaciguara	126.85	101.62	80.11	1522	256.1	187.3	225.4	85.1	32.9	6.8	52.4	24.5	42.1	107.0	206.8	295.8
Avantiguara	132.08	104.89	79.41	1585	328.8	194.0	216.4	121.4	22.7	7.6	51.0	23.5	51.0	140.6	162.0	265.9
Monte Alegre de minas	126.07	95.82	76.00	1513	270.8	203.2	192.2	99.3	32.3	5.6	46.8	23.9	50.9	124.4	209.1	254.3
Ponte Meia	125.53	94.15	75.00	1506	244.8	197.1	232.9	127.1	31.5	3.9	52.1	24.4	39.9	115.5	182.3	254.8
Brilhante	130.58	116.94	89.55	1567	349.1	216.4	191.4	70.9	25.8	3.0	47.4	20.7	50.2	115.6	161.0	315.5
Corumbazul	111.85	92.75	82.92	1342	218.3	175.0	211.9	82.9	26.8	3.2	20.6	26.8	37.6	90.3	188.7	260.1
Monthly average	1490,1				270.3	193.9	211.2	96.0	30.5	5.4	42.8	23.6	44.6	115.5	183.9	272.4

VC = Coeficiente de variación (%); **SD** = desviación estándar; **P** = promedio anual de precipitación (mm).

Tabla 7 - Índice del promedio mensual de erosividad de 1983 a 1992 para 12 micro cuencas del sistema hidroeléctrico de la reserva Cachoeira Dourada.

Estaciones	EI1	EI2	EI3	EI4	EI5	EI6	EI7	EI8	EI9	EI10	EI11	EI12	R	EI30 húmedo	EI30 seca
Faz. Cachoeira Pouso Alegre	1577.1	1186.4	1089.9	309.9	54.1	3.4	29.7	23.4	82.0	475.2	827.6	1617.0	7275.65	6773.2	502.5
Xapetuba	1678.8	894.7	1367.3	283.1	67.8	3.7	100.9	31.5	81.3	419.2	1083.6	2076.1	8087.97	7519.6	568.3
Tupaciguara	1650.7	969.5	1328.2	253.5	50.4	3.5	111.2	30.5	76.6	374.5	1147.2	2108.6	8104.31	7578.6	525.7
Avantiguara	2439.4	994.2	1197.8	448.2	26.0	4.0	102.6	27.4	102.5	575.1	732.3	1699.4	8348.88	7638.2	710.7
Monte Alegre de minas	1824.3	1119.0	1018.8	331.5	49.2	2.5	92.3	29.5	106.3	486.4	1175.0	1638.8	7873.55	7262.3	611.2
Ponte Meia	1541.8	1066.8	1416.4	506.3	47.3	1.3	111.1	30.7	70.5	429.9	934.2	1650.9	7807.27	7040.0	767.3
Brilhante	2726.8	1209.2	981.6	181.3	32.5	0.8	91.5	22.3	100.9	416.3	731.1	2295.4	8789.75	8360.5	429.3
Corumbazul	1399.6	961.0	1330.6	269.9	39.5	1.1	25.3	39.7	70.4	312.1	1093.4	1885.3	7427.87	6982.0	445.8
Average	1854.8	1050.1	1216.3	323.0	45.8	2.5	83.1	29.4	86.3	436.2	965.5	1871.4	7964.4	7394.3	570.1

Tabla 8 - Estadística descriptiva del promedio mensual de precipitación (mm) de 1993 a 2002 para 12 micro cuencas del sistema hidroeléctrico de la reserva Cachoeira Dourada.

Estaciones	promedio	SD	VC	P	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Fazenda Cachoeira Pouso Alegre	99.10	78.84	79.59	1189	225.9	169.4	157.0	52.5	49.1	19.7	5.1	17.6	56.4	72.7	156.1	207.6
Xapetuba	109.78	92.45	84.21	1317	245.2	198.2	168.9	45.3	41.1	24.6	4.0	17.9	51.7	88.3	183.0	249.1
Tupaciguara	109.78	92.45	84.21	1317	245.2	198.2	168.9	45.3	41.1	24.6	4.0	17.9	51.7	88.3	183.0	249.1
Avantiguara	114.68	95.53	83.30	1376	281.8	204.7	178.5	61.2	43.1	25.8	5.1	21.3	55.8	80.6	184.8	233.5
Monte Alegre de minas	122.72	105.30	85.81	1473	297.0	205.3	199.0	54.2	39.8	20.4	6.8	15.8	63.3	99.6	200.6	270.8
Ponte Meia	113.02	85.94	76.04	1356	220.0	200.5	191.5	87.7	49.5	21.9	3.7	16.5	65.3	86.4	194.4	218.8
Brilhante	117.50	105.39	89.69	1410	278.1	199.1	200.1	51.2	38.1	21.1	3.0	13.0	64.7	70.6	180.5	290.5
Corumbazul	99.13	82.47	83.19	1190	249.0	154.9	182.9	63.2	42.5	18.8	7.6	5.6	40.4	86.1	150.6	187.9
Monthly average	1328.5				255	191	181	58	43	22	5	16	56	84	179	238

VC = Coeficiente de variación (%); SD = desviación estándar; P = promedio anual de precipitación (mm).

Tabla 9 - Índice del promedio mensual de erosividad de 1993 a 2002 para 12 micro cuencas del sistema hidroeléctrico de la reserva Cachoeira Dourada.

Estaciones	EI1	EI2	EI3	EI4	EI5	EI6	EI7	EI8	EI9	EI10	EI11	EI12	R	EI30 húmedo	EI30 seca
Faz Cachoeira Pouso Alegre	1644.9	1008.1	886.2	137.6	122.9	26.0	2.6	21.5	155.6	239.2	877.0	1424.8	6546.37	6080.1	466.3
Xapetuba	1733.1	1207.2	919.2	98.1	83.1	34.8	1.6	20.2	122.9	305.6	1054.0	1780.7	7360.48	6999.7	360.8
Tupaciguara	1733.1	1207.2	919.2	98.1	83.1	34.8	1.6	20.2	122.9	305.6	1054.0	1780.7	7360.48	6999.7	360.8
Avantiguara	2116.0	1228.4	973.0	157.9	86.9	36.4	2.3	26.3	134.7	251.7	1032.1	1536.6	7582.39	7137.8	444.6
Monte Alegre de Minas	2183.3	1165.7	1105.4	121.2	71.7	23.0	3.6	14.9	157.9	340.6	1120.3	1866.0	8173.50	7781.2	392.3
Ponte Meia	1406.0	1200.8	1110.7	294.3	111.5	27.9	1.3	17.3	178.5	287.0	1139.5	1392.7	7167.40	6536.6	630.8
Brilhante	2026.6	1148.3	1157.7	114.0	68.9	25.2	0.9	11.0	169.9	196.9	972.0	2182.7	8074.18	7684.3	389.9
Corumbazul	1940.8	865.5	1148.1	188.6	96.0	24.0	5.1	3.0	88.3	319.2	825.2	1202.0	6705.82	6300.8	405.0
Average	1848	1129	1027	151	91	29	2	17	141	281	1009	1646	7371.3	6940.0	431.3