

ERODIBILIDADE DO SOLO E EROSIVIDADE DA CHUVA NA SERRA DO TEPEQUÉM - RORAIMA

Diego A. ALMEIDA¹
Wolney C. PARENTE JÚNIOR¹
Luiza Câmara BESERRA NETA²
Universidade Federal de Roraima

Marcondes Lima COSTA³
Universidade Federal do Pará

Resumo

No Estado de Roraima a ocupação territorial acontece desordenadamente. Ravinas e “voçorocas” (caverna formadas devido as fortes chuvas) estabelecidas na Serra de Tepequém refletem esta realidade. O objetivo deste trabalho foi caracterizar a suscetibilidade à erosão dos solos de 8 “voçorocas” e quantificar a erosividade da chuva na Serra de Tepequém. A suscetibilidade a erosão foi estimada através da proporção entre areia, silte e argila nas camadas superficiais e subsuperficiais do solo. A erosividade da chuva foi calculada pela aplicação de duas equações [$EI_{30} = 36.849 (p^2/P)^{1.0852}$ and $EI_{30} = 68,730 (p^2/P)^{0.841}$], respectivamente Morais *et al.*, (1991) e Lombardi Neto; Moldenhauer (1992), sobre uma série de 11 anos de dados pluviométricos. Os solos que são ricos em expressões de erosões lineares (voçorocas) foram classificados como NEOSSOLO QUARTZARÊNICO HIDROMÓRFICO. Os resultados demonstraram que eles são arenosos e pouco coesos. Os valores calculados de erosividade anual da chuva foram 16.697,9 MJ mm ano⁻¹ ha⁻¹ h⁻¹ e 11.438,9 mm de MJ mm ano⁻¹ ha⁻¹ h⁻¹, que representam uma erosividade muito forte. Do ponto de vista dos processos erosivos, a Serra de Tepequém representa um sistema ambiental frágil que reforça a importância para assegurar atividade humana limitadas.

Palavras-Chave: Roraima, Tepequém, Erosão, Solo, Erosividade.

Abstract

In the State of Roraima the territorial occupation occurs inordinately. Gully (cave-in caused by heavy rains) established in the Mountain of Tepequém reflect this reality. The objective of this work was to characterize the erosion susceptibility of the soils of 8 gullies and to quantify the rain erosivity in the Mountain of Tepequém. The erosion susceptibility was esteemed through the proportion among sand, silte and clay in the surface and subsurface layers of the soil. The rain erosivity was calculated through the application of two equations [$EI_{30} = 36.849 (p^2/P)^{1.0852}$ and $EI_{30} = 68,730 (p^2/P)^{0.841}$], respectively Morais *et al.*, (1991) and Lombardi Neto; Moldenhauer (1992), over a 11 year-old pluviometric data series. The soils which were reached by linear erosion expressions (gullies) were classified as HIDROMORPHIC QUARTZARENIC NEOSOIL. The results demonstrated that they are sandy and not cohesive. The calculated values of annual rain erosivity were 16.697,9 MJ mm year⁻¹ ha⁻¹ h⁻¹ and 11.438,9 MJ mm year⁻¹ ha⁻¹ h⁻¹, which represent a very strong erosivity. From point of view of the erosive processes, the Mountain of Tepequém represents a fragile environmental system, which reinforce the importance to insure limited human activity.

Keywords: Roraima, Tepequém, erosion, soil, erosivity,

INTRODUÇÃO

O conhecimento integrado da paisagem e dos processos atuantes é importante para interpretar o meio ambiente numa perspectiva que admite inter-relações dos vários atributos do terreno (TRICART, 1977). Partindo deste conceito é bem entendido que a geração de áreas degradadas envolve a redução dos recursos renováveis através da combinação dos processos que agem sobre a terra (ARAÚJO; ALMEIDA; GUERRA, 2005).

Segundo Valentin *et al* (2005) a erosão tem sido considerada uma das maiores causas da degradação do solo no mundo. Sendo condicionada por forças ativas tal qual se destaca as características da chuva, topografia

do terreno, cobertura vegetal e a natureza do solo (BERTONI e LOMBARDINETO, 1999).

Na Amazônia além dos fatores naturais mencionados, a erosão e suas implicações negativas ao meio ambiente são consideradas como resultado de questões sócio-econômicas (FORSBERG, 1989; BARBOSA e FEARNESIDE, 2000). Em Roraima, a partir da constituição de 1988 e criação do Estado, ocorreu um grande incentivo à migração como forma de desenvolvimento regional (BARBOSA, 1993 *apud* BARBOSA e FEARNESIDE, 2000). Tal política resultou em desmatamento e ocupação desordenada das terras do Estado.

O garimpo também está associado a este processo de degradação ambiental. Melo e Almeida-Filho (1996); Almeida-Filho e

Shimabukuro (2002) através da análise multitemporal com séries de imagens do satélite LANDSAT-5, mapearam a evolução do processo de formação de áreas degradadas pela atividade garimpeira de ouro e diamante na Serra do Tepequém, município de Amajari. Estes autores constataram que nos anos 90 houve um crescente aumento nas áreas degradadas pelo garimpo. Entretanto, Almeida-Filho e Shimabukuro (2002), perceberam que com o abandono dos garimpos a partir de 1994, há uma tendência de diminuição das áreas degradadas, devido à recuperação da vegetação.

Outras atividades, como a visitação turística e a reutilização das cavas do garimpo para a piscicultura, têm sido reportadas como uma nova alternativa econômica para a comunidade da Serra do Tepequém (GHEDIN, 2006). Todavia, se estas ações não ocorrem de forma ordenada, se associarão de forma sinérgica com fatores naturais.

Beserra Neta *et al.*, (2007) estudaram a evolução da paisagem da Serra do Tepequém, e o porquê de sua susceptibilidade a erosão. Para tanto, foram analisadas as características granulométricas, mineralógicas e químicas dos solos, sedimentos e linhas de pedra em perfis de solos estudados nos taludes das voçorocas ao longo das planícies intermontanas localizadas na Serra do Tepequém. Tais estudos se desenvolveram de forma integrada levando em consideração principalmente a formação geológica e geomorfológica, além de aspectos como drenagem, solos e ocupação humana. Desta forma, Beserra Neta *et al.*, (2007) destaca que os fatores naturais da Serra do Tepequém apresentam-se como um forte condicionante ao processo erosivo com a formação de feições erosivas lineares, a exemplo das ravinas e voçorocas.

Existe uma grande quantidade de fatores que atuam de forma ativa ou passiva no processo de erosão hídrica (GUERRA e MENDONÇA, 2004). A chuva se apresenta como um dos fatores climáticos determinantes da erosão, enquanto que o solo, com suas características químicas e físicas, conferem maior ou menor resistência à ação das águas (BERTONI e LOMBARDI NETO, 1999). Sendo assim, conhecer as características do solo e da chuva de uma região, num contexto de relações paisagística é preponderante para o entendimento do processo erosivo.

Este trabalho tem como objetivo contribuir para o melhor entendimento dos fatores atuantes no processo erosivo na Serra do Tepequém. Para tanto, foi realizada a caracterização e estimativa da suscetibilidade a erosão dos solos de oito voçorocas, além da estimativa da erosividade da chuva através de duas equações.

ASPECTOS GEOLÓGICOS E FISIAGRÁFICOS

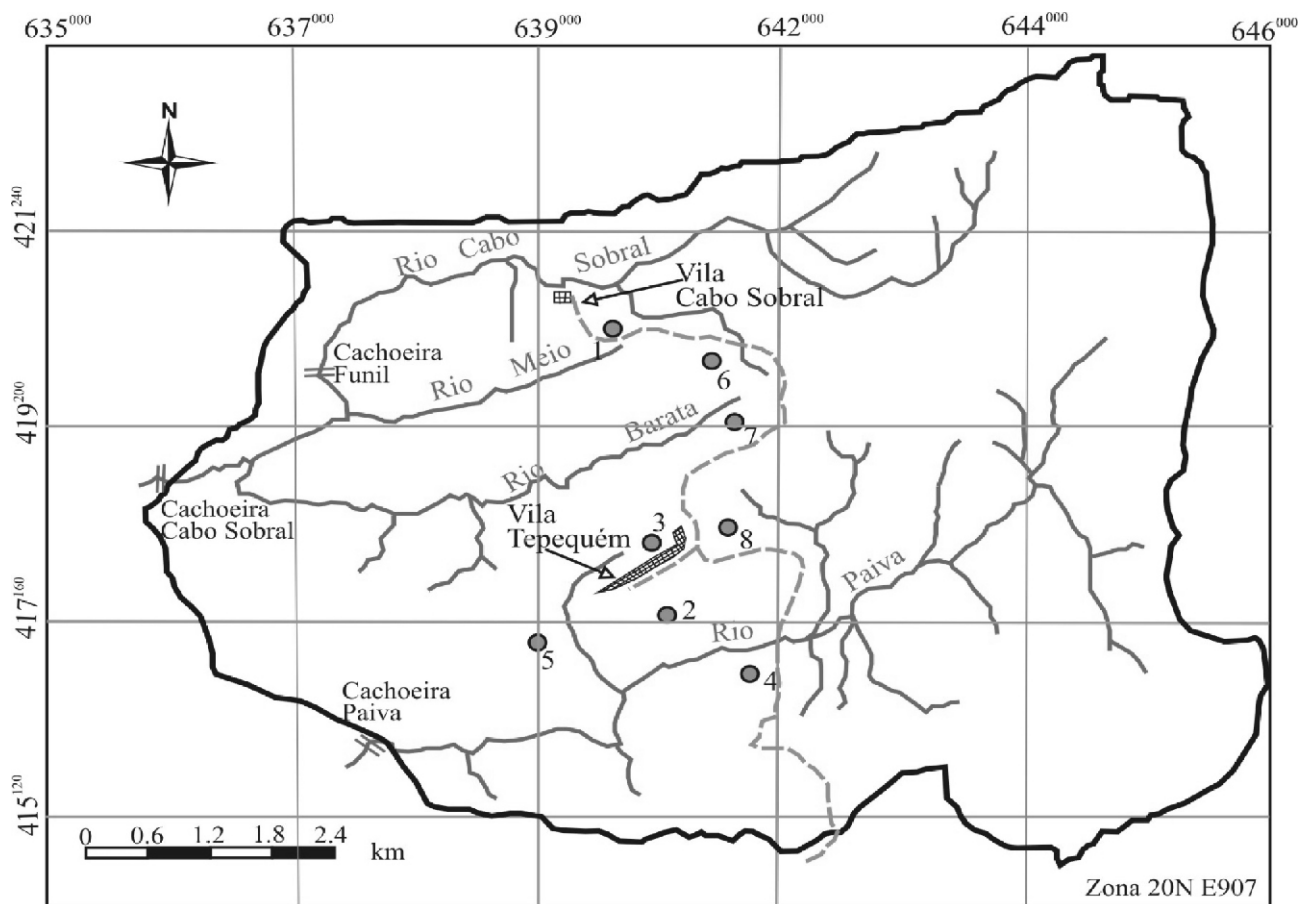
A Serra do Tepequém constitui uma feição sedimentar do Paleoproterozóico representada pela Formação Tepequém (CPRM, 1999), constituídos por conglomerados, arenitos, siltitos depositados discordantemente sobre os vulcanitos do Grupo Surumu (BORGES; D'ANTONA, 1988). A Serra do Tepequém está localizada no Norte do Estado de Roraima, no município de Amajari (Figura 1). A Serra do Tepequém com 1.100 metros de altitude e formato tabular tipo tepui se destaca na paisagem regional. Predomina na região o clima quente e úmido (tipo Am) na classificação de Köppen, com temperaturas médias anuais entre 22 a 24°C e precipitação média anual em torno de 2.200 mm (BRASIL, 1975). O período mais chuvoso se concentra de abril a agosto e o período mais seco de setembro a março (Figura 2). A vegetação predominantemente é do tipo savana e matas de galeria associada aos cursos d'água.

MATERIAIS E MÉTODOS

O presente trabalho envolveu as seguintes atividades:

- Levantamento de dados bibliográficos e cartográficos sobre a Serra do Tepequém;
- Descrição e aquisição de dados fotográficos das voçorocas em trabalho de campo realizado em abril de 2008;
- Os percentuais granulométricos nas frações areia, silte e argila dos solos das oito voçorocas citadas neste trabalho, foram adquiridos de Beserra Neta *et al.*, (2007), os quais serviram de base na estimativa da suscetibilidade a erosão dos solos na Serra do Tepequém.

-Para estimar o fator erodibilidade dos solos das voçorocas, foi levado em consideração a proporção de areia, silte e argila nos horizontes superficiais e subsuperficiais das voçorocas.

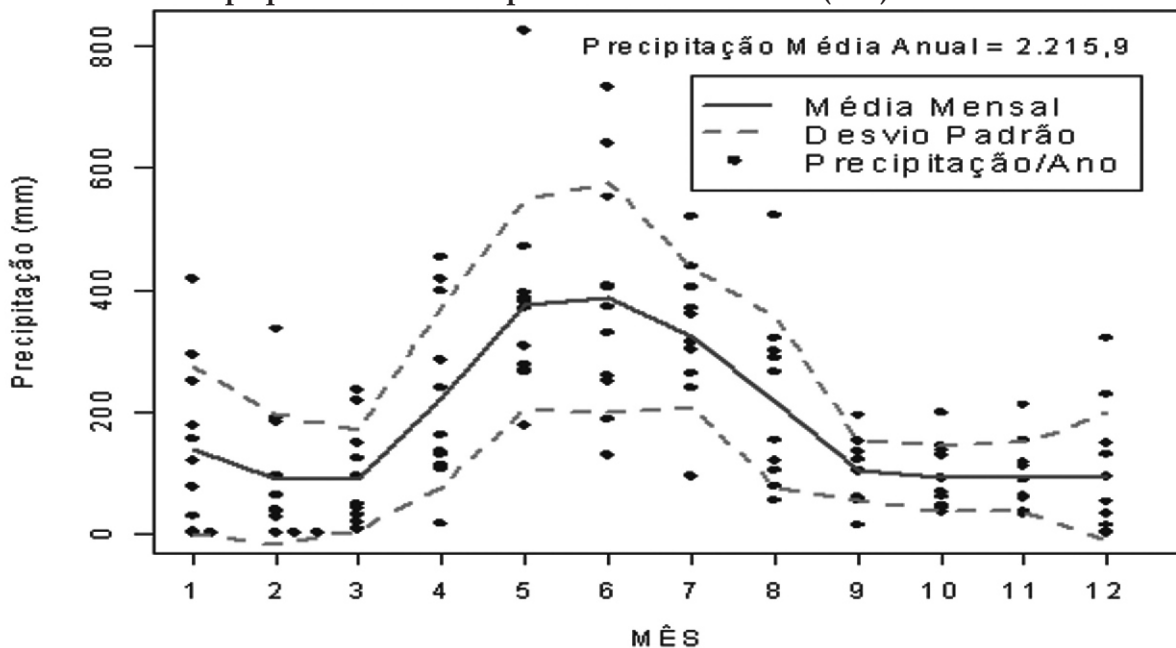


Legenda

- Voçorocas estudadas
- ▤ Rios e igarapés
- ≡ Cachoeiras
- ⬭ Limite da serra do Tepequém
- Vilas
- ▤ Cabo Sobral
- ▤ Tepequém
- ▤ Estrada

Figura 1: Mapa de localização de feições erosivas lineares (voçorocas) na serra do Tepequém-RR (BESERRA NETA, 2007).

Figura 2- Histórico de 11 anos de dados pluviométricos avaliados da Serra do Tepequém. Elaborado a partir dos dados de XXX (ano).



- A estimativa da erosividade mensal da chuva foi calculada indiretamente, através do índice de erosão (EI). Segundo (Wichmeier e Smith, 1958) para se obter este índice seria necessário ter séries históricas de dados pluviográficos. Todavia esse tipo de dados é escasso e alguns estudos desenvolvidos, obtiveram através de regressões lineares equações que possibilitam estimar este índice indiretamente a partir de dados pluviométricos, que são dados mais abundantes e facilmente acessíveis.

Desta maneira, as equações ajustadas utilizadas neste estudo, para se obter a estimativa da erosividade da chuva, foram obtidas por Lombardi Neto e Moldenhauer (1992) e por Morais *et al.* (1991), em São Paulo e no Mato Grosso respectivamente (tabela 1).

EQUAÇÃO	COEFICIENTE DE DETERMINAÇÃO	AUTOR
$EI_{30} = 68,730 (p^2/P)^{0,841}$	$r^2 = 0,983$	Lombardi Neto e Moldenhauer (1992)
$EI_{30} = 36,849 (p^2/P)^{1,0852}$	$r^2 = 0,84$	Morais <i>et al.</i> (1991)

Tabela 1. Equações utilizadas para o cálculo de erosividade da chuva.

Onde,

EI = Média mensal do índice de erosão em MJ mm ano⁻¹ ha⁻¹ h⁻¹;

p = Precipitação média mensal em milímetro;

P = Precipitação média anual em milímetro;

Os dados pluviométricos utilizados para cálculo da erosividade da chuva foram obtidos através do Sistema de Informações Hidrológicas (HIDROWEB) da Agência Nacional de Águas (ANA) no endereço eletrônico <http://hidroweb.ana.gov.br/>. Estes dados são constituídos por uma série histórica de 11 anos, de uma estação pluviométrica localizada na Serra do Tepequém.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Caracterização Pedológica

Os solos que recobrem as áreas abaciadas da Serra do Tepequém (Figura 3 A)

são do tipo neossolos quartzarênicos hidromórficos constituídos por material mineral com pequena expressão dos processos pedogenéticos. Apresentam seqüência de horizontes A - C, são solos profundos, formados por materiais sumamente arenosos, de constituição quartzosa, com areias grossas e finas e teor de argila alcançando o valor máximo de 12.36% na camada C, a exemplo da voçoroca número 8 (Figura 3B).

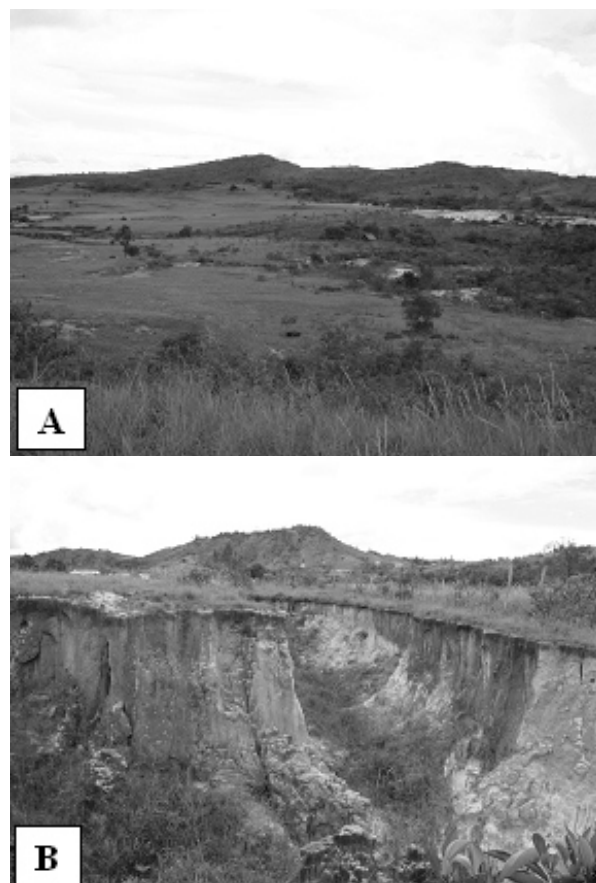


Figura 3 - Áreas abaciadas na paisagem da serra do Tepequém com concentração de feições erosivas lineares (voçorocas) (A), as quais se desenvolvem em solos arenosos do tipo neossolos quartzarênicos hidromórficos a exemplo da voçoroca de número 8 (B). Fotos: Luiza Câmara Beserra Neta.

O horizonte superficial é do tipo A moderado, com cores acinzentadas que indica redução, resultante da condição de hidromorfismo, face à flutuação do lençol freático e alagamento periódico (Figura 4 A e B).

O material de origem está representado por sedimentos arenosos, oriundos da Formação Tepequém (CPRM, 1999), representados predominantemente (da base para o topo) por conglomerados, arenitos finos, siltitos,

argilitos, arenitos grosseiros a conglomeráticos com intercalações de conglomerados (MELO e ALMEIDA FILHO, 1996).

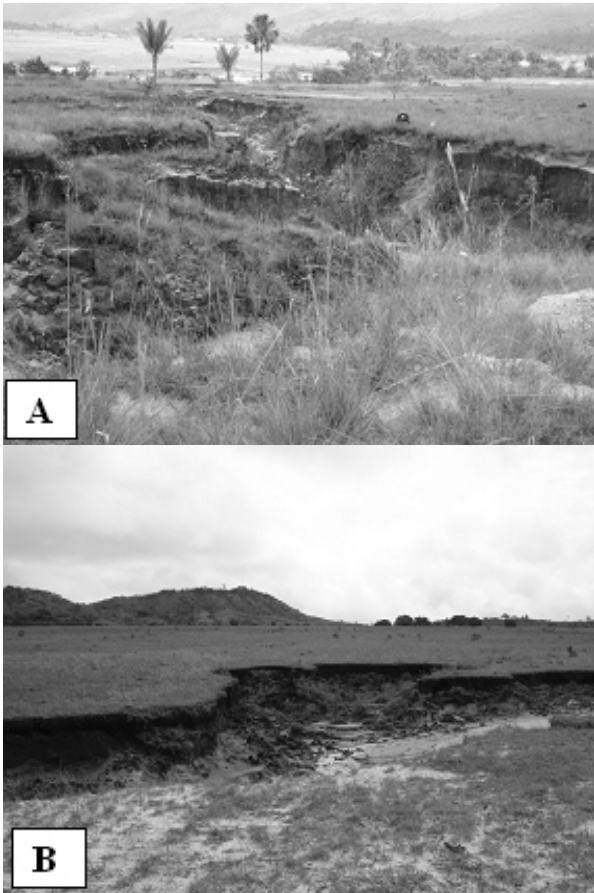


Figura 4 - Feições erosivas lineares (voçorocas) na serra do Tepequém desenvolvidas em solos arenosos com coloração acinzentada, demonstrando condições de hidromorfismo. Fotos: Luiza Câmara Beserra Neta.

PROPRIEDADES GRANULOMÉTRICAS E QUÍMICAS

Devido a constituição essencialmente quartzosa, esses solos são pobres em nutrientes e não possuem reserva nutricional que possa ser liberada gradativamente, apresentam baixa capacidade de troca de cátions (CTC), baixa saturação de bases (V%), são distróficos e ácidos. Os estudos de Beserra Neta et al. (2007) indicam que os perfis de solos das voçorocas estudadas na Serra do Tepequém apresentam em média domínio da fração areia na ordem de 87 a 96%, enquanto as frações silte e argila variam de 2 a 24%. Devido a grande abundância de quartzo nos solos da Serra do Tepequém, ocorrem o domínio de SiO_2 , como demonstra Beserra Neta et al. (2007) quando descreve valores médios na ordem de 94,1%,

enquanto Al_2O_3 , K_2O_3 e Fe_2O_3 estão em média na ordem de 2,2, 0,4 e 0,5% respectivamente. Isto reflete a baixa quantidade de caulinita, muscovita e goethita e/ou hematita presente nestes solos.

ESTIMATIVA DA SUSCETIBILIDADE A EROÇÃO DOS SOLOS

Nas amostras superficiais e subsuperficiais dos solos analisados nas 8 (oito) voçorocas, obteve-se os seguintes valores de desvio padrão do teor de areia, silte e argila: 8.42%, 7.40% e 1.81% para o horizonte A e de 6.82%, 5.74% e 3.35% para as camadas C, respectivamente. O teor de argila apresentou menor variação em relação à média quando comparado com os teores de areia e silte das voçorocas em questão.

Também se verificou que nas voçorocas 1, 2, 3, 4 e 5 existe uma tendência dos horizontes superficiais serem mais arenoso, enquanto que, as voçorocas 6, 7 e 8 existe uma tendência nos mesmos horizontes de serem mais arenosiltoso (Figura 5).

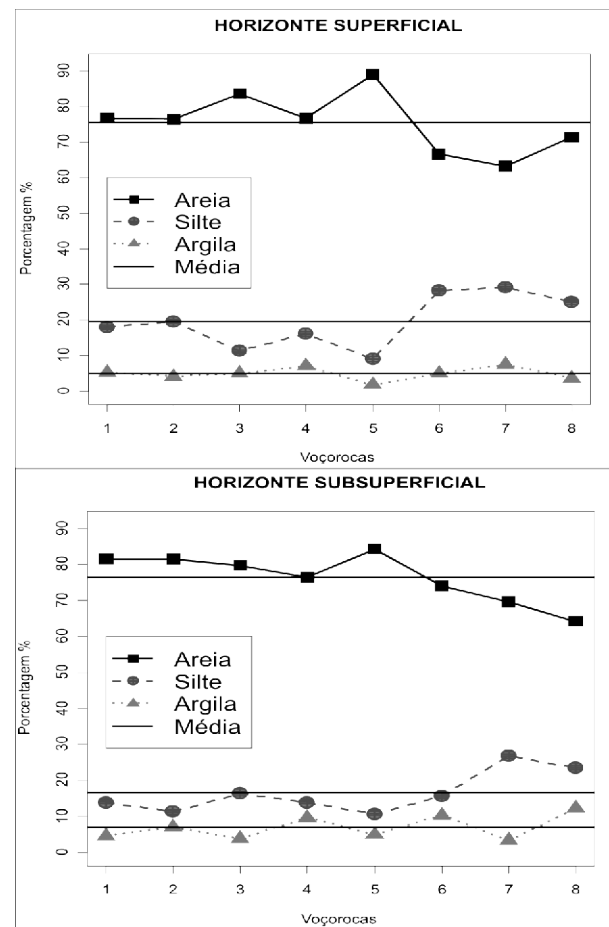


Figura 5- Granulometria do horizonte superficial e subsuperficial do solo de 8 voçorocas da Serra do Tepequém.

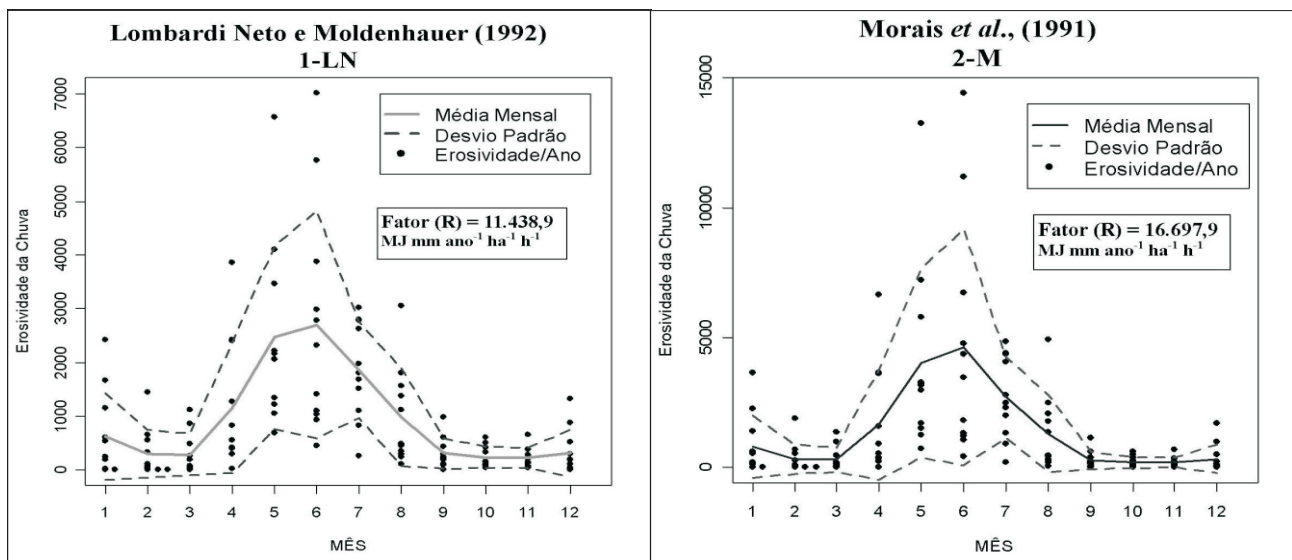


Figura 6- Erosividade da chuva e fator (R) segundo equações de Lombardi Neto e Moldenhauer (1992) e Morais *et al.* (1991), para os onze anos de dados pluviométricos da Serra do Tepequém.

As características avaliadas demonstram que se trata de solos predominantemente arenosos e pouco coesos, o que confere alta suscetibilidade aos processos erosivos. Segundo Berti e Lombardi Neto (1999), solos arenosos com baixa proporção de argila, quando submetidos a enxurradas são facilmente arrastados. Pereira (2001), diz que o aprofundamento dos sulcos, no processo de erosão hídrica, ocorre até que o escoamento superficial encontre uma camada de solo mais resistente à erosão, quando, então, o sulco passa a sofrer maior alargamento do que aprofundamento.

Na avaliação da suscetibilidade à erosão do solo é oportuno lembrar que a quantidade de solo que pode ser perdido pela erosão, em dadas condições, é influenciada não somente pelo próprio solo, mas sim pela associação deste com os demais fatores naturais atuantes, assim como, pelos diferentes tipos de uso e manejo realizados.

ESTIMATIVA DA EROSIVIDADE DA CHUVA

As equações testadas para estimar a erosividade da chuva na Serra do Tepequém apresentaram valores anuais (Fator R) elevados (Figura 6). As estimativas das equações 1-LN e 2-M foram respectivamente de 11.438,9 MJ mm ano⁻¹ ha⁻¹ h⁻¹ e 16.697,9 MJ mm ano⁻¹ ha⁻¹ h⁻¹. Silva (2001) considera as regiões em que o valor do fator R é superior 9.810 MJ mm ano⁻¹ ha⁻¹ h⁻¹ como sendo de erosividade muito forte.

De acordo com a 1-LN e 2-M as precipitações compreendidas entre os meses de abril à agosto, são responsáveis, em média, respectivamente por 80% e 85,5% da erosão provocada pela chuva no período de um ano na Serra do Tepequém.

No período de abril a agosto precipitam os maiores volumes de chuvas, fato que obviamente explica, em média, a maior erosividade da chuva nestes meses. Entretanto, percebe-se, que nestes meses ocorrem as maiores variações nas quantidades de chuvas precipitadas ao longo da série pluviométrica, observem os desvios padrões demonstrados na figura 6. As grandes variações pluviométricas geraram diferenças nos valores de erosividade da chuva dos meses de abril a agosto obtidas por 1-LN e 2-M. Todavia, isto não ocorre com os meses de setembro a março onde não há grandes variações pluviométricas.

Com a equação 1-LN no mês de maior erosividade (junho), o valor do “EI” atinge em média 2.698,26 MJ mm ano⁻¹ ha⁻¹ h⁻¹, enquanto que, a equação 2-M estima para o mesmo mês em média o valor de 4.614,94 MJ mm ano⁻¹ ha⁻¹ h⁻¹, veja a figura 7.

CONCLUSÃO

Os solos presentes na Serra do Tepequém são em sua maior parte constituídos por areia. Esta característica associada aos fatores físico-ambientais locais, como a formação sedimentar, as vertentes de alta

declividade nas bordas da Serra, e uma vegetação rasteira “savana” que expõe o solo ao regime pluviométrico elevado e concentrado em poucos meses do ano. Desta maneira estes fatores atuam de forma sinérgica para tornar os solos frágeis e altamente suscetíveis aos processos erosivos.

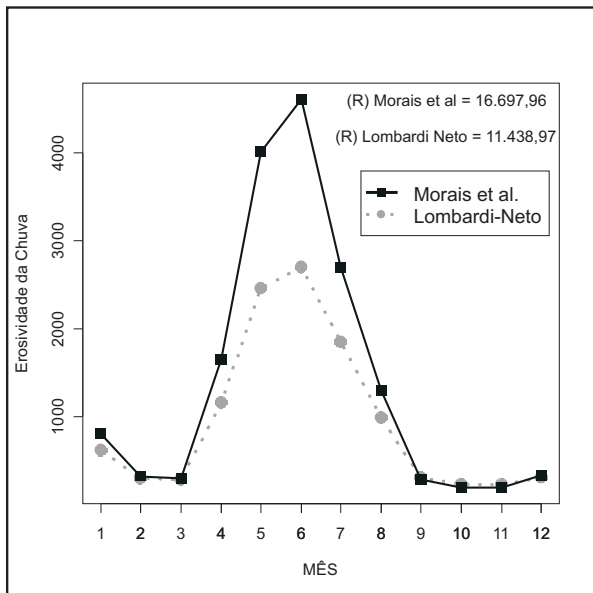


Figura 7- Erosividade da chuva e fator (R) segundo equação de Morais (1991), para os onze anos de dados pluviométricos analisados da Serra do Tepequém.

As equações utilizadas para estimar a erosividade da chuva na Serra do Tepequém demonstraram que o impacto das gotas no solo exposto apresenta um poder muito forte em causar erosão. Independentemente das diferenças apresentadas entre as equações testadas os meses com maiores valores de erosividade da chuva ocorrem entre abril e agosto. Neste período também ocorrem as maiores variações nas quantidades de chuvas precipitadas.

Assim, a Serra do Tepequém configura-se como um sistema ambiental frágil, quando a observamos do ponto de vista dos processos erosivos. Portanto, as atividades desenvolvidas nela, deverão sempre levar em consideração as peculiaridades locais, caso contrário, os processos de degradação ambiental serão acelerados.

NOTAS

¹ Mestrando em Recursos Naturais (PRONAT) Universidade Federal de Roraima (UFRR).

² Docente do Instituto de Geociências da

Universidade Federal de Roraima(UFRR); doutora em Geologia pela Universidade Federal do Pará (UFPA).

³ Docente do Departamento de Geoquímica da Universidade Federal do Pará (UFPA).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA-FILHO, R.; SHIMABUKURO, Y. E. Digital processing of a Landsat-TM time series for mapping and monitoring degraded areas caused by independent gold miners, Roraima State, Brazilian Amazon. *Remote Sensing of Environment* . v. 79. p. 42- 50. 2002.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. *HidroWeb: Sistema de Informações Hidrológicas*. Acesso: 10 de abril de 2008. Endereço eletrônico: <http://hidroweb.ana.gov.br/>.

ARAÚJO, G. H. S.; ALMEIDA, J. R.; GUERRA, A. J. T. *Gestão ambiental de áreas degradadas*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. 2005. 320p.

BARBOSA, R. I.; FEARNSTIDE, P. M. Erosão do solo na Amazônia: Estudo de caso na região do Apiaú, Roraima, Brasil. *Acta Amazônica* 30(4): 601-613. 2000.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. *Conservação do solo*. São Paulo: Ícone. 4º Ed. 1999. 355p.

BESERRA NETA, L. C.; COSTA, M. L.; BORGES, M. S. A planície intermontana Tepequém, Roraima, e sua vulnerabilidade erosiva. In: ROSA-COSTA, L. T.; KLEIN, E. L.; VIGLIO, E. P. (Org.) *Contribuições à Geologia da Amazônia*. Belém: SGB - Núcleo Norte, 2007. v.5, p. 89-100.

FORSBERG, B.; GODOY, J. M.; VICTORIA, R. Development and erosion in the Brazilian Amazon: A geochronological case study. *Geojournal*, 19(4): 399, 402-405. 1989.

GUERRA, A. J. T.; MENDONÇA, J. K. S. Erosão dos Solos e a Questão Ambiental. In: VITTE, A. C.; GUERRA, A. J. T (Org.). *Reflexões sobre a Geografia Física no Brasil*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. 2004. 280p.

LOMBARDI NETO, F.; MOLDENHAUER, W. C. Erosividade da chuva: sua distribuição e

relação com perdas de solo em Campinas, SP. *Bragantia*, v.51, p.189-196. 1992.

MELO, E. C.; ALMEIDA FILHO, R. Mapeamento de Áreas Degradadas Pela Atividade de Garimpos na Região da Serra Tepequém (RR), Através de Imagens Landsat-TM. *VIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, Salvador, Brasil, 14-19 abril 1996, INPE, p. 639-645.

MORAIS, L.F.B.; SILVA, V.; NASCHENVENG, T.M.C.; HARDOIN, P.C.; ALMEIDA, J.E.L.; WEBER, O.L.S.; BOEL, E.; DURIGON, V. Índice EI30 de chuva e sua relação com o coeficiente de chuva do sudoeste de Mato Grosso. *Rev. Bras. Ciênc. Solo* 15, 339-344. 1991.

PEREIRA, S. B. *Desprendimento e arraste de solo em decorrência do escoamento superficial*. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Viçosa. 81 p. 2000.

TRICART, J. *Ecodinâmica*. Rio de Janeiro: IBGESUPREN, 1977. 91p.

VALENTIN, C.; POESEN, J.; YONG LI. Gully erosion: Impacts, factors and control. *Catena*. 2005. v. 63, 132-153.

SILVA, A. M. Rainfall erosivity map for Brazil. *Catena*. v.57, p.251-259. 2004.

WISCHMEIER, W. H., SMITH, D. D. Rainfall energy and its relationship to soil loss. *Transaction, American Geophysical Union*, v. 39, p. 285-280, 1958.