

**EROSÃO HÍDRICA EM ÁREAS FLORESTAIS  
NO VALE DO RIO DOCE, REGIÃO CENTRO-  
LESTE DO ESTADO DE MINAS GERAIS**

**FLÁVIO PEREIRA DE OLIVEIRA**

**2006**

**FLÁVIO PEREIRA DE OLIVEIRA**

**EROSÃO HÍDRICA EM ÁREAS FLORESTAIS NO VALE DO RIO  
DOCE, REGIÃO CENTRO-LESTE DO ESTADO DE MINAS GERAIS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Agronomia, área de concentração em Solos e Nutrição de Plantas, para a obtenção do título de “Mestre”.

Orientador

Prof. Dr. Marx Leandro Naves Silva

LAVRAS  
MINAS GERAIS - BRASIL  
2006

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da  
Biblioteca Central da UFLA**

Oliveira, Flávio Pereira de

Erosão hídrica em áreas florestais no Vale do Rio Doce, Região Centro-Leste do Estado de Minas Gerais / Flávio Pereira de Oliveira. -- Lavras: UFLA, 2006.  
105 p. : il.

Orientador: Marx Leandro Naves Silva.  
Dissertação (Mestrado) – UFLA.  
Bibliografia.

1. Erosão hídrica. 2. Eucalipto. 3. Erosividade. 4. Perda de solo. 5. Perda de água. 6. Perda de nutriente. 4. Erosão em estradas I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD-631.45

**FLÁVIO PEREIRA DE OLIVEIRA**

**EROSÃO HÍDRICA EM ÁREAS FLORESTAIS NO VALE DO RIO  
DOCE, REGIÃO CENTRO-LESTE DO ESTADO DE MINAS GERAIS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Agronomia, área de concentração em Solos e Nutrição de Plantas, para a obtenção do título de “Mestre”.

APROVADA em 24 de fevereiro de 2006

Prof. Dr. Carlos Rogério Mello	DEG/UFLA
Prof. Dr. Mozart Martins Ferreira	DCS/UFLA
Prof. Ph.D. Nilton Curi	DCS/UFLA
Dr. Ramon Costa Alvarenga	CNPMS/EMBRAPA

Prof. Dr. Marx Leandro Naves Silva  
UFLA  
(Orientador)

LAVRAS  
MINAS GERAIS – BRASIL

*A Deus, pelo Dom da vida*

## **AGRADEÇO**

*À minha família, pela compreensão e incentivos  
dispensados em todos os momentos*

## **OFEREÇO**

*Aos meus Pais, Plínio e Porcina  
Aos meus irmãos e a minha sobrinha Olívia  
A todos os amigos*

## **DEDICO**

## **AGRADECIMENTOS**

A Universidade Federal de Lavras (UFLA), Departamento de Ciência do Solo (DCS), pela oportunidade de realização deste curso.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da Bolsa de estudo.

Ao professor Marx Leandro Naves Silva pela orientação, apoio, amizade, e pela valiosa contribuição profissional prestada durante essa etapa acadêmica.

Aos membros da banca examinadora, Professores Nilton Curi, Mozart Martins Ferreira, Carlos Rogério Mello e o Pesquisador Ramon Costa Alvarenga, pelas valiosas contribuições sugeridas para a melhoria deste trabalho.

À Professora Thelma Safádi, pela orientação e sugestão em parte do trabalho.

Celulose Nipo Brasileira S. A. (CENIBRA S. A.), e ao Pesquisador Fernando Palha Leite e funcionários pela condução e coleta de dados das áreas experimentais.

Aos colegas de mestrado e doutorado, pelo convívio, apoio, amizade e pela agradável troca de experiência.

Aos funcionários do Departamento de Ciência do Solo.

A todos que colaboraram com o desenvolvimento desse trabalho, meu muito obrigado.

## SUMÁRIO

RESUMO GERAL.....	i
GENERAL ABSTRACT.....	ii
1 INTRODUÇÃO GERAL.....	01
CAPÍTULO 1 – Potencial erosivo da chuva no Vale do Rio Doce, região Centro-Leste do estado de Minas Gerais – Primeira aproximação.....	04
1 Resumo.....	05
2 Abstract.....	06
3 Introdução.....	07
4 Material e Métodos.....	11
4.1 Localização da área experimental.....	11
4.2 Determinação do índice de erosividade $EI_{30}$ com dados pluviométricos.....	12
4.3 Preenchimento de falhas de dados pluviométricos mensais.....	13
4.4 Estimativa do índice de erosividade $EI_{30}$ para as regiões de Ferros e Guanhães, MG.....	14
4.5 Tempo de retorno do índice $EI_{30}$ .....	15
5 Resultados e Discussão.....	17
5.1 Distribuição mensal e anual da precipitação pluviométrica e o índice de erosividade $EI_{30}$ .....	17
5.2 Número e lâmina de chuvas.....	21
5.3 Teste de adequabilidade e distribuição de probabilidades.....	24
5.4 Tempo de retorno dos valores mensais e anuais da erosividade.....	31
6 Conclusões.....	35
7 Referências Bibliográficas.....	36

CAPÍTULO 2 – Perdas de solo, água, nutrientes e carbono orgânico em floresta de eucalipto nas regiões de Belo Oriente e Guanhães, MG.....	41
1 Resumo.....	42
2 Abstract.....	43
3 Introdução.....	44
4 Material e Métodos.....	47
4.1 Localização da área experimental.....	47
4.2 Clima.....	47
4.3 Solo.....	48
4.4 Histórico de uso e manejo da área.....	48
4.5 Sistema de manejo.....	50
4.6 Monitoramento das perdas de solo e água.....	51
4.7 Localização geográfica das parcelas experimentais.....	53
4.8 Coleta e análise dos nutrientes e carbono orgânico.....	54
4.9 Estimativa do fator erodibilidade.....	54
5. Resultados e Discussão.....	55
5.1 Perdas de solo e água em diferentes sistemas de manejo.....	55
5.2 Potencial de arraste de sedimento (PAS).....	62
5.3 Atributos dos solos e sua relação com a erosão hídrica.....	63
5.4 Relação entre erosividade EI <sub>30</sub> e perdas de solo.....	64
5.5 Estimativa do fator erodibilidade.....	65
5.6 Concentração de nutrientes na água e nos sedimentos da enxurrada e taxa de enriquecimento do sedimento.....	66
6 Conclusões.....	73
7 Referências bibliográficas.....	74
CAPÍTULO 3 – Erosão hídrica em estradas florestais, no Vale do Rio Doce, região Centro-Leste do estado de Minas Gerais – Primeira aproximação.....	79



1 Resumo.....	80
2 Abstract.....	81
3 Introdução.....	82
4 Material e Métodos.....	85
5 Resultados e Discussão.....	88
5.1 Estimativa de perdas de solo na seção da estrada.....	88
5.2 Estimativa de perdas de solo por deslocamento de massas de solo em encostas e taludes.....	89
6 Considerações Finais.....	97
7 Referências Bibliográficas.....	98
ANEXOS.....	101

## RESUMO GERAL

OLIVEIRA, Flávio Pereira de. **Erosão hídrica em áreas florestais no Vale do Rio Doce, Região Centro-Leste do estado de Minas Gerais**. 2006. 105 p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.\*

No Brasil, as plantações florestais vêm apresentando elevado crescimento, porém, poucos são os estudos a respeito das modificações que este uso pode causar no solo, especialmente do ponto de vista da conservação do solo e da água. Como o solo tem um papel destacado dentro dos ecossistemas, está sujeito às mais diversas formas de degradação. Dessa forma, os objetivos do presente estudo foram: a) determinar a erosividade da chuva e sua distribuição, na região do Vale do Rio Doce, para nove sub-regiões; b) avaliar as perdas de solo, água, nutrientes e carbono orgânico, em diferentes sistemas de manejos de florestas plantadas de eucalipto, na região do Vale do Rio Doce, nos municípios de Belo Oriente e Guanhães, MG e c) estimar as perdas de solo provenientes de erosão laminar e em sulcos em estradas florestais e deslocamentos de massas de solo em encostas e taludes, no Vale do Rio Doce, região Centro-Leste do estado de Minas Gerais. Para determinação do índice de erosividade  $EI_{30}$ , foram utilizados dados pluviométricos referentes ao ano de 2005, obtidos de uma série de estações climatológicas automatizadas. O valor médio anual de erosividade entre sub-regiões obtido foi de  $12.913 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ . As perdas de solo, água, nutrientes e carbono orgânico foram avaliadas por meio de parcelas experimentais instaladas em Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico e Latossolo Vermelho Distrófico típico, sob diferentes sistemas de manejo (floresta nativa, pastagem plantada, eucalipto em nível, eucalipto convencional, eucalipto convencional com queima e solo descoberto). Os resultados indicam que todos os sistemas com eucalipto apresentaram valores muito baixos de perdas de solo em relação ao limite de tolerância referente a cada classe de solo; da mesma forma, as perdas de água foram bem inferiores. As perdas de solo nas estradas florestais foram estimadas por meio de medições no leito das estradas e nas rupturas de encostas e taludes. Neste estudo, tanto as perdas de solo quanto de água foram bem elevadas, indicando, dessa forma, o conhecimento da capacidade resistiva do solo ao escoamento superficial e as características deste escoamento para o correto dimensionamento do sistema de drenagem e do estabelecimento de medidas para o controle da erosão.

---

\* Comitê de Orientação: Prof. Dr. Marx Leandro Naves Silva (Orientador) – DCS/UFLA; Prof. Dr. Nilton Curi – DCS/UFLA

## GENERAL ABSTRACT

OLIVEIRA, Flávio Pereira de. **Hydric erosion in forest areas in the Rio Doce Valley, Central-East Region of the state of Minas Gerais.** 2006. 105 p. Dissertation (Master's degree in Soil Science and Plant Nutrition)–Federal University of Lavras, Lavras, MG. \*

In Brazil, the forest plantations have been presenting elevated growth, however there are few studies regarding the modifications that this use can cause in the soil, especially from the point of view of soil and water conservation. Since the soil has an outstanding role within the ecosystems, it is subject to the most diverse forms of degradation. Being such, the objectives of the present study were: a) to determine the erosivity of the rain and its distribution, in the area of The Rio Doce Valley, to nine sub-areas; b) to evaluate the soil, water, nutrient and organic carbon loss under different systems of planted eucalyptus forest management, in the area of The Rio Doce Valley, in the Belo Oriente and Guanhães counties, MG, and c) to estimate the soil loss due to laminate and furrow erosion in forest highways and displacements of soil mass on hillsides and embankments, in The Rio Doce Valley, Central-East area of the State of Minas Gerais. For determination of the erosivity index  $EI_{30}$ , pluviometric data referring to the year 2005 were used, obtained from a series of automated climatological stations. The average annual erosivity value among sub-areas obtained was  $12,913 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ year}^{-1}$ . The soil, water, nutrient and organic carbon loss was appraised through experimental parcels installed in typic Dystrophic Red-Yellow Latosol (Oxisol) and typic Dystrophic Red Latosol (Oxisol) under different management systems (native forest, planted pasture, level eucalyptus, conventional eucalyptus, conventional eucalyptus with burning and uncovered soil). The results indicate that all the eucalyptus systems presented very low values of soil loss in relation to the tolerance limit regarding each soil class, in the same way the water loss was very inferior. The soil loss in the forest highways were estimated through measurements in the roadbed and in the ruptures of hillsides and embankments. In this study, the soil loss, as well as water loss were very high, therefore indicating knowledge of the resistance capacity of the soil to superficial run-off and the characteristics of this run-off for correct dimensioning of the drainage system and of the establishment of measures for the erosion control.

---

\* Guidance Committee: Prof. Dr. Marx Leandro Naves Silva (Advisor) – DCS/UFLA; Prof. Dr. Nilton Curi – DCS/UFLA

## 1 INTRODUÇÃO GERAL

Atualmente, no Brasil, as plantações florestais vêm apresentando elevado crescimento, porém, poucos são os estudos a respeito das modificações que este uso pode causar no solo, especialmente do ponto de vista da conservação do solo e da água.

Em Minas Gerais, o setor florestal merece destaque, pois, mais da metade das plantações de eucalipto no Brasil (52,6%) está localizada neste estado. Em relação ao pinus, a ocupação de área plantada é de 8,5% (menos expressiva), porém, com boas possibilidades de aproveitamento.

Os plantios florestais concentram-se nas regiões do Rio Doce, Centro-Oeste, Noroeste, Centro/Norte e Jequitinhonha/Mucuri, tendo as três últimas as maiores extensões. Nas outras seis regiões do estado, os plantios são menores e dispersos. Em 129 municípios mineiros (15% do total), foram identificadas concentrações de plantações florestais com fins industriais.

Como o solo tem um papel destacado dentro dos ecossistemas, está sujeito às mais diversas formas de degradação. Assim, dependendo do tipo de manejo florestal adotado, o mesmo poderá influenciar em maior ou menor grau de ruptura do equilíbrio natural do ecossistema. No Estado, as atuais áreas de concentração das plantações florestais apresentam, em graus variados, restrições à agricultura, associadas a deficiências de fertilidade e hídricas, suscetibilidade à erosão e dificuldades de mecanização, entre outras. Nesse contexto, as plantações florestais têm contribuído para alcançar o crescimento agrícola em extensão e qualidade, via alargamento de sua fronteira produtiva, com intensificação ou capitalização das práticas produtivas, processos não excludentes, mas complementares.

Nesse sentido, a previsão das taxas de erosão e da produção de sedimentos nas bacias hidrográficas é indispensável ao planejamento

conservacionista do solo e da água. Dessa forma, a equação universal de perdas de solo (EUPS) tem o objetivo de prever a erosão (A) que poderá ocorrer em determinada área, de forma que tal erosão fique estabelecida dentro dos limites toleráveis. Ela relaciona todos os fatores que influenciam a erosão do solo, ou seja: erosividade da chuva (R), erodibilidade do solo (K), comprimento e declividade (S), uso, manejo e cobertura do solo (C), além de práticas conservacionistas (P). Dessa forma, o estudo de fatores da EUPS é de importância fundamental para estabelecer o correto uso e manejo do solo e, conseqüentemente, para relacionar as práticas conservacionistas adequadas.

O manejo sustentável, então, significa a aplicação de práticas conservacionistas, visando à organização e à ocupação dos espaços produtivos da paisagem, de maneira a garantir a estabilidade dos principais processos ecológicos e hidrológicos e minimizar significativos impactos ocasionados ao ambiente. No entanto, essa busca de práticas sustentáveis de manejo florestal deve ser considerada um processo de monitoramento contínuo.

Nos sistemas florestais, grande parte dos impactos é decorrente de operações de manejo adotadas em plantios, em sua maioria atribuídos às operações de preparo do solo, colheita mecanizada da madeira e à construção e manutenção de estradas florestais. Dessa forma, as práticas de preparo do solo devem ser conduzidas visando melhorar as condições do solo, ou seja, para cada situação específica devem ser definidas devidamente as práticas a serem adotadas e o número de intervenções necessárias.

Assim, a avaliação das perdas de solo e água dentro do processo de produção florestal assume importância fundamental na escolha e adoção de práticas que visam minimizar a degradação do solo e, conseqüentemente, a manter ou aumentar a sustentabilidade na atividade agrícola.

Os objetivos deste estudo foram: a) determinar a erosividade da chuva e sua distribuição, na região do Vale do Rio Doce, para nove sub-regiões; b)

avaliar as perdas de solo, água, nutrientes e carbono orgânico, em diferentes sistemas de manejos de florestas plantadas de eucalipto, na região do Vale do Rio Doce, nos municípios de Belo Oriente e Guanhães, MG e c) estimar as perdas de solo provenientes de erosão laminar, em sulcos e deslocamentos de massas de solo em encostas e taludes de estradas florestais, em condições de chuva natural, na região do Vale do Rio Doce, para nove sub-regiões.

## **CAPÍTULO 1**

### **POTENCIAL EROSIVO DA CHUVA NO VALE DO RIO DOCE, REGIÃO CENTRO-LESTE DO ESTADO DE MINAS GERAIS – PRIMEIRA APROXIMAÇÃO**

## 1 RESUMO

OLIVEIRA, Flávio Pereira de. **Potencial erosivo da chuva no Vale do Rio Doce, Região Centro-Leste do estado de Minas Gerais – Primeira Aproximação**. 2006. 37 p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.\*

Entre os fatores climáticos que interferem na erosão hídrica, a precipitação, expressa pela erosividade da chuva, é o de maior importância. Portanto, o conhecimento torna-se fundamental na recomendação de práticas de manejo e conservação do solo que visem à redução da erosão hídrica. Nesse contexto, os objetivos deste trabalho foram: a) determinar a erosividade da chuva e sua distribuição, na região do Vale do Rio Doce, para nove sub-regiões; b) estimar o índice  $EI_{30}$  mensal, no período de 1969 a 2005, para os municípios de Ferros e Guanhães, MG e c) determinar o tempo de retorno dos índices mensais e anuais de erosividade. O valor médio de erosividade obtido foi de  $12.913 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ , sendo classificada como muito alta. Entre sub-regiões, os valores de erosividade variaram de 8.243 a  $26.676 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ . O período crítico em relação à erosão hídrica, devido à ocorrência de chuvas erosivas, é de janeiro-março e novembro-dezembro, contribuindo com 88,6% da erosividade anual. De abril a outubro, praticamente inexistente a ocorrência de erosividade crítica. Os valores máximos individuais estimados para os tempos de retorno de 1, 10, 50 e 150 anos foram de 5.508, 15.534, 18.110, 19.632 e 5.542, 17.653, 20.954, 22.931  $\text{MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ , para as regiões de Ferros e Guanhães, respectivamente. A determinação dos valores da erosividade, ao longo do ano, permite identificar os meses nos quais os riscos de perdas de solo são mais elevados, razão por que exerce relevante papel no planejamento de práticas conservacionistas fundamentadas na máxima cobertura do solo, nas épocas críticas de maior capacidade erosiva das chuvas.

---

\* Comitê de Orientação: Prof. Dr. Marx Leandro Naves Silva (Orientador) – DCS/UFLA; Prof. Dr. Nilton Curi – DCS/UFLA



## 2 ABSTRACT

OLIVEIRA, Flávio Pereira de. **Erosive potential of rain in the Rio Doce Valley, Central-East Region of the state of Minas Gerais – First Approximation**. 2006. 37 p. Dissertation (Master's degree in Soil Science and Plant Nutrition)–Federal University of Lavras, Lavras, MG. \*

Among the climatic factors that interfere with hydric erosion, precipitation, expressed by the erosivity rain, is of great importance. Therefore, knowledge becomes fundamental to the recommendation of soil management and conservation practices that seek the reduction of hydric erosion. In that context, the objectives of this work were: a) to determine the erosivity of the rain and its distribution, in the area of The Rio Doce Valley, to nine sub-areas; b) to estimate the monthly  $EI_{30}$  index, in the period from 1969 to 2005, for the Ferros and Guanhães counties, MG and c) to determine the return time of the monthly and yearly erosivity indexes. The average obtained erosivity value was of  $12,913 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ year}^{-1}$ , being classified as very high. Among the sub-areas, the erosivity values varied from 8,243 to  $26,676 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ year}^{-1}$ . The critical period in relation to hydric erosion due to the occurrence of erosive rain is January-March and November-December contributing to 88.6% of the annual erosivity. From April to October, the occurrence of critical erosivity practically doesn't exist. The estimated individual maximum values for the return times of 1, 10, 50 and 150 years were of 5,508, 15,534, 18,110, 19,632 and 5,542, 17,653, 20,954, 22,931  $\text{MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ year}^{-1}$  for the areas of Ferros and Guanhães, respectively. The determination of the erosivity values, through out the year, allows to identify the months in which the risk of soil loss is higher, a reason why the planning of conservationist practices based on the maxim covering of the soil in the critical times of larger erosive capacity of the rains exercises an important role.

---

\* Guidance Committee: Prof. Dr. Marx Leandro Naves Silva (Advisor) – DCS/UFLA; Prof. Dr. Nilton Curi – DCS/UFLA

### 3 INTRODUÇÃO

O índice de erosividade expressa o potencial erosivo das chuvas (Wischmeier & Smith, 1958; Wischmeier, 1959). Contudo, para o planejamento conservacionista, deve-se levar em consideração, além de outros fatores, o índice de erosividade médio mensal de determinada região (Bertol, 1994).

Fundamentalmente, a erosividade, definida como o potencial da chuva em causar a desagregação e o transporte das partículas do solo, depende de suas características físicas básicas, a saber: tamanho, forma e velocidade terminal de queda das gotas. Combinadamente, estas características determinam a energia cinética total da chuva (Moreti et al., 2003).

De acordo com Wischmeier & Smith (1958), para regiões de clima temperado, a melhor variável para avaliar a erosividade é o produto da energia cinética (E) e sua intensidade máxima em 30 minutos ( $I_{30}$ ), expressa como índice  $EI_{30}$ . Para regiões de clima tropical e subtropical, o modelo desenvolvido por Wischmeier & Smith (1958) subestima a energia cinética das chuvas, pois não levam em conta a velocidade dos ventos, a distribuição de gotas de diferentes tamanhos nem as elevadas intensidades das chuvas (Lal, 1976). Mesmo assim, o índice  $EI_{30}$  vem sendo utilizado praticamente em todo o Brasil, principalmente como parâmetro para avaliar a erosividade e na obtenção de linhas isoerosivas (Dedecek et al., 1986; Dedecek, 1988).

Nas condições tropicais do Zimbabwe, Hudson (1971) observou que as chuvas só tornavam erosivas quando sua intensidade superava  $25 \text{ mm h}^{-1}$ , o que levou a propor um índice que é a soma das energias cinéticas das chuvas com intensidade maior do que  $25 \text{ mm h}^{-1}$  ( $KE > 25$ ). Lal (1988) verificou que para chuvas tropicais de alta intensidade, nas condições da Nigéria, as melhores correlações com as perdas de solo se davam com os índices do tipo precipitação

multiplicada pela intensidade máxima de qualquer período consecutivo, em minutos ( $PI_m$ ).

Marques et al. (1998) mencionaram que este índice poderia se correlacionar melhor com as perdas por erosão, em regiões tropicais. Apesar desta consideração, possivelmente, a maior limitação de ambos os índices de erosividade é a não contemplação das condições antecedentes do solo e do efeito erosivo do escoamento superficial sobre ele.

A determinação dos valores da erosividade, ao longo do ano, permite identificar os meses nos quais os riscos de perdas de solo são mais elevados, razão por que exerce relevante papel no planejamento de práticas conservacionistas fundamentadas na máxima cobertura do solo nas épocas críticas de maior capacidade erosiva das chuvas (Bertoni & Lombardi Neto, 1990; Hudson, 1995; Wischmeier & Smith, 1978).

No Brasil, o índice de erosividade  $EI_{30}$  tem sido amplamente determinado para várias regiões. Dedeczek (1978) determinou a capacidade erosiva das chuvas de Brasília, DF, encontrando um valor de  $8.319 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  utilizando dados de precipitação de 22 anos. Em Caruaru, PE, Margolis et al. (1985) obtiveram valor médio anual de  $2.100 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1}$ , enquanto Val et al. (1986) encontraram valores de erosividade para o município de Lavras, MG, na ordem de  $6.837 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ . Para 32 localidades do estado do Paraná, Rufino (1986) obteve valores médios anuais variando de 5.275 a 12.559  $\text{MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1}$ . Carvalho et al. (1989) encontraram erosividade média anual de  $7.747 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1}$ , para Mococa, SP, utilizando dados pluviométricos de 19 anos. Moraes et al. (1991) determinaram os índices  $EI_{30}$  médios anuais para as estações de Barranquinho e Flechas, do município de Cáceres, sudoeste do Mato Grosso, cujos valores foram de 8.493 e 7.830  $\text{MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ , respectivamente. Bertol (1993; 1994) e Bertol et al. (2002) obtiveram valores médios anuais de 5.694, 6.329 e 5.790  $\text{MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ , para Lages, SC,

Campos Novos e Lages, SC, respectivamente, enquanto Silva et al. (1997) encontraram valor médio anual de  $8.355 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ , para Goiânia, GO. Para Sete Lagoas, MG, Marques et al. (1998) obtiveram o valor para o fator R de  $5.835 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ . Em Piraju, SP, Roque et al. (2001) determinaram a erosividade, cujo valor foi igual a  $7.074 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ . Colodro et al. (2002) encontraram valor na ordem de  $7.172 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ , para Todoro Sampaio, SP. Em Fortaleza, CE, Dias & Silva (2003) e Silva & Dias (2003) chegaram a valores de  $6.777$  e  $7.034 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ . Carvalho et al. (2005) obtiveram valores médios anuais de  $5.472$  e de  $5.431 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1}$ , para Seropédica e Nova Friburgo, RJ, respectivamente. Para a região de Aracruz, ES, Martins (2005) determinou o valor médio anual de erosividade, sendo de  $7.893 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ . Aquino (2005) obteve valor de erosividade médio anual de  $5.634 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ , para a região de Lavras, MG.

Nos diversos estudos de determinação da erosividade média anual para diferentes regiões brasileiras, observa-se que a maioria dos valores encontrados se enquadra na faixa de  $5.000$  a  $12.000 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1}$  que, normalmente, ocorre no Brasil (Cogo, 1988). Mas, principalmente, os valores de erosividade médio anual se enquadram melhor na faixa de variação de  $3.116$  a  $20.035 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1}$  encontrada por Silva (2004) por meio de mapa de erosividade da chuva para o Brasil.

O tempo de retorno é outro fator importante, definido como o intervalo médio de tempo, em longo prazo ou o número de anos que separam um evento de dimensão conhecida de outro evento com dimensão igual ou superior, sendo, ao menos uma vez, em qualquer ano, tendo seu valor igualado ou superado, é um importante parâmetro da erosividade (Haan, 1979). Ele pode ser determinado por meio de distribuições de probabilidades, como Gumbel, Gama, Log-Normal 2 e 3 parâmetros e outros. Assim, valores anuais e mensais de determinado

evento aproximam-se de um padrão definido de distribuição de frequência quando o número de observações, em cada ano, torna-se mais amplo possível (Schwab et al., 1966). No caso de terraceamento agrícola (Lombardi Neto et al., 1989; Schwab et al., 1966), tal evento hidrológico é calculado normalmente para um período de retorno de 10 a 15 anos.

Estudando padrões de chuva e variabilidade espacial da erosividade para o Sul de Minas Gerais, Aquino (2005) aplicou cinco distribuições de probabilidades para valores de erosividade, mensais e anuais, determinando o tempo de recorrência da erosividade. De acordo com os resultados, verificou-se que, dentre as distribuições estudadas, a Log-Normal apresentou maior precisão e que as erosividades anuais, para todos os tempos de recorrência, foram consideradas muito altas, segundo classificação de Foster (1981) modificada. Martins (2005), estudando o potencial erosivo da chuva na região dos Tabuleiros Costeiros, obteve valor de erosividade médio anual determinado de  $7.893 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ , classificada, de acordo com Foster (1981), como média a erosividade da chuva dessa região.

Nesse contexto, os objetivos deste trabalho foram: a) determinar a erosividade da chuva e sua distribuição, na região do Vale do Rio Doce, para nove sub-regiões; b) estimar o índice  $EI_{30}$  mensal, no período de 1969 a 2005, para os municípios de Ferros e Guanhães, MG e c) determinar o tempo de retorno dos índices mensais e anuais de erosividade.

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 Localização da área experimental

O estudo foi realizado em áreas experimentais da Celulose Nipo Brasileira S. A. (CENIBRA S. A.), localizadas em nove sub-regiões distintas (Alfié, Cataquinho, Cocais, Coqueiro, Cordeiros, Fábrica, Gaspar, Lagoa Grande e Rubro Negro), no Vale do Rio Doce, região Centro-Leste do estado de Minas Gerais.

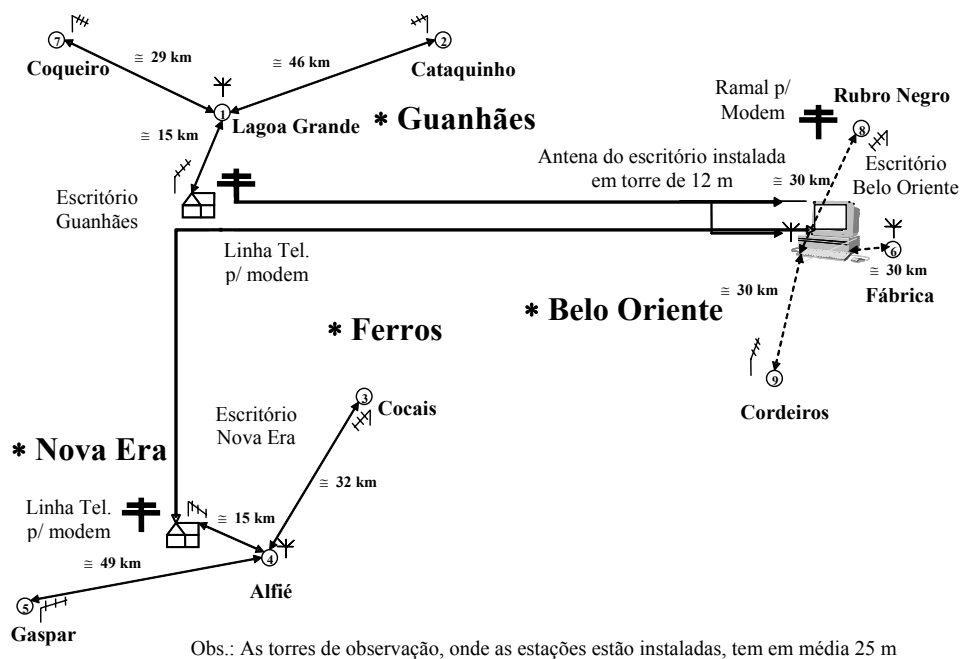


FIGURA 1 Esquema de transmissão automática de dados climatológicos da área experimental (CENIBRA, 2004).

TABELA 1 Localização das áreas experimentais de acordo coordenadas geográficas

Município	Sub-Região	Latitude	Longitude	UTM X	UTM Y	Altitude
Sabinópolis	Lagoa Grande	18°39'58"S	42°55'16"W	719288E	7934814N	1.012 m
Peçanha	Cataquinho	18°42'24"S	42°29'25"W	764728E	7929661N	1.015 m
Antonio Dias	Cocais	19°29'19"S	42°51'54"W	724077E	7843714N	1.273 m
São Dom. Prata	Alfié	19°46'28"S	42°54'24"W	719325E	7812066N	1.143 m
Santa Bárbara	Gaspar	19°59'00"S	43°18'19"W	676735E	7789417N	847 m
Belo Oriente	Fábrica	19°18'50"S	42°23'38"W	773849E	7862372N	240 m
Sto. Ant. do Itambé	Coqueiro	18°33'17"S	43°10'03"W	693390E	7947381N	993 m
Açucena	Rubro Negro	19°02'25"S	42°25'48"W	770556E	7892676N	800 m
Caratinga	Cordeiros	19°33'20"S	42°23'42"W	773325E	7835606N	310 m
Ferros	Fábrica	19°15'01"S	42°00'52"W	813881E	7868755N	470 m

Fonte: CENIBRA (2004) com adaptações.

#### 4.2 Determinação do índice de erosividade $EI_{30}$ com dados pluviométricos

Para o estudo, foram utilizados dados pluviométricos de nove sub-regiões (Alfié, Cataquinho, Cocais, Coqueiro, Cordeiros, Fábrica, Gaspar, Lagoa Grande e Rubro Negro), correspondentes ao ano de 2005. Os dados foram obtidos de estações climatológicas que geraram dados a cada 5 minutos. A partir das precipitações, foram calculadas energias cinéticas totais das chuvas para cada evento. Foram consideradas chuvas individuais aquelas separadas por mais de 6 horas. As chuvas menores que 10 mm, com intensidade máxima menor que  $24 \text{ mm h}^{-1}$ , em 15 minutos ou energia cinética menor que 3,6 MJ, foram consideradas não erosivas (De Maria, 1994). Para o cálculo da energia cinética ( $E_c$ ), utilizou-se a equação proposta por Wischmeier & Smith (1958):

$$E_c = 0,119 + 0,0873 \text{ Log } I$$

em que:

$E_c$  = energia cinética ( $\text{MJ ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$ );

$I$  = intensidade média da chuva ( $\text{mm h}^{-1}$ ).

O índice de erosividade  $EI_{30}$  ( $MJ\ mm\ ha^{-1}\ h^{-1}$ ) de cada chuva individual erosiva foi calculado pela multiplicação da energia cinética pela sua intensidade máxima em 30 minutos ( $mm\ h^{-1}$ ). O  $EI_{30}$  mensal foi calculado pelo somatório dos valores desse índice para todas as chuvas individuais erosivas que ocorreram em cada mês do ano e cuja soma, por sua vez, caracterizou o  $EI_{30}$  anual (Wischmeier & Smith, 1958).

#### 4.3 Preenchimento de falhas de dados pluviométricos mensais

Na ausência de informações pluviométricas alguns autores sugerem trabalhar com métodos que determinam uma média ponderada pelo inverso da distância entre a localidade que se deseja estimar a precipitação e as localidades vizinhas, das quais são conhecidos os valores da variável (Mello et al., 2003).

A interpolação por meio do inverso do quadrado da distância foi feita da seguinte forma:

$$X_p = \frac{\sum_{i=1}^n \left( \frac{1}{d_i^2} \cdot X_i \right)}{\sum_{i=1}^n \left( \frac{1}{d_i^2} \right)}$$

Em que:

$X_p$  = variável interpolada;

$X_i$  = Valor da variável da  $i$ -ésima localidade vizinha;

$d_i$  = distância euclidiana entre o  $i$ -ésimo ponto de vizinhança e o ponto amostrado.



#### 4.4 Estimativa do índice de erosividade $EI_{30}$ para as regiões de Ferros e Guanhães, MG

Foram acumulados os dados diários de precipitação pluviométrica do período compreendido entre 1969 e 2005, para Ferros e Guanhães, MG, extraídos do banco de dados Hidroweb da Agência Nacional de Águas (ANA). A precipitação mensal foi constituída do somatório das precipitações diárias que ocorreram em determinado mês. Dessa forma, puderam ser obtidos os valores mensais da precipitação pluviométrica, para todos os meses de todos os anos da série.

Para se obter uma estimativa aproximada do índice de erosividade mensal, foi determinado o coeficiente da chuva, conforme proposto por Fournier (1956) e modificado por Lombardi Neto (1977):

$$Rc = p^2 P^{-1}$$

em que:

Rc = coeficiente de chuva (mm);

p = precipitação média mensal (mm);

P = precipitação média anual (mm).

Análise de regressão entre os valores do índice de erosividade  $EI_{30}$  mensal (variável dependente y), calculados com os dados pluviométricos obtidos das nove sub-regiões, e os valores do coeficiente de chuva (variável independente x), determinados com dados do ano de 2005, permitiram obter a seguinte equação do tipo potencial, com seu respectivo coeficiente de correlação:

$$EI_{30} = 137,09 (Rc)^{0,7717} \quad R^2 = 0,90$$

Tal equação permitiu obter valores mensais do índice  $EI_{30}$ , para as séries históricas de precipitação pluviométrica das regiões de Ferros e Guanhães, MG.

#### 4.5 Tempo de retorno do índice EI<sub>30</sub>

Para verificar o tempo de retorno dos valores mensais e anuais de erosividade obtidos na série histórica das regiões estudadas, utilizou-se a distribuição Log-normal com 2 parâmetros.

A função densidade de probabilidades (FDP) é dada da seguinte forma:

$$FDP = \frac{1}{x \cdot \sigma_n \cdot \sqrt{2 \cdot \pi}} \cdot e^{-0,5 \left( \frac{\ln(x) - \mu_n}{\sigma_n} \right)^2}$$

Os parâmetros da distribuição são determinados por:

$$\mu_n = \frac{\sum_{I=1}^n (\ln(x))}{n}$$

$\sigma_n$  = desvio padrão dos dados logaritimizadas.

A probabilidade, ou estimativa da frequência, foi obtida com base na equação geral de Ven Te Chow, que, na forma logarítmica, fica:

$$\ln X_{TR} = \mu_n + K_{TR} \cdot \sigma_n$$

Sendo  $K_{TR}$ , a variável reduzida padronizada que, no caso desta distribuição, consiste nos valores de  $z$  da distribuição Normal (Haan, 1979). Os valores de cada erosividade associado à respectiva probabilidade de excedência podem ser obtidos por:

$$X_{TR} = e^{\mu_n + z \cdot \sigma_n}$$

A frequência observada foi determinada por meio da seguinte fórmula:

$$F_{\text{obs}} = \frac{m}{(n + 1)}$$

em que:

$F_{\text{obs}}$  = frequência observada;

$m$  = ordem do valor da amostra ordenada;

$n$  = tamanho da amostra.

O tempo de retorno (TR) pode ser estimado por:

$$TR = \frac{1}{F_{\text{obs}}(X_{\text{TR}} \geq x)} \cong \frac{1}{\text{Prob}(X_{\text{TR}} \geq x)}$$

Em que TR é obtido em anos e  $\text{Prob}(X_{\text{TR}} \geq x)$  é a probabilidade de excedência, ou seja, do valor de X ser igualado ou superado.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Distribuição mensal e anual da precipitação pluviométrica e o índice de erosividade $EI_{30}$

A distribuição dos valores da precipitação pluviométrica e do índice de erosividade,  $EI_{30}$ , observados no ano de 2005, para as nove sub-regiões, podem ser verificados na Tabela 2. De acordo com a distribuição dos valores, verifica-se uma precipitação média anual para as regiões de 1.564,5 mm. Entre sub-regiões, a precipitação anual variou de 1.284,1 a 1.878,9 mm, destacando-se a região de Rubro Negro e Fábrica.

Na Tabela 3, podem ser verificadas as distribuições dos valores mensais da precipitação pluviométrica no período de estudo. Observa-se que os meses mais críticos estão compreendidos no período inicial (janeiro a março) e final (novembro e dezembro), os quais contribuíram, em média, com 82,9% da precipitação anual. Resultados semelhantes foram observados por Val et al. (1986), para Lavras, MG e atualizado por Aquino (2005); Roque et al. (2001) para o município de Piraju, SP; Carvalho et al. (1989), para Mococa, SP; Bertol (1993), para Lages, SC e Martins (2005), para a região da Aracruz, ES.

Em relação aos valores do índice de erosividade anual para as sub-regiões estudadas, verificou-se uma erosividade média de  $12.913 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ . Entre sub-regiões, a erosividade anual variou de 8.243 a  $26.676 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ , destacando-se as regiões de Alfie e Fábrica, respectivamente, considerada muito alta, segundo a classificação de Foster et al. (1981) modificada.

Na Tabela 4, podem ser verificadas as distribuições dos valores mensais do índice de erosividade,  $EI_{30}$ , no período de estudo. Observa-se que meses considerados críticos contribuíram, em média, com 88,6% da erosividade anual.

Os valores do  $EI_{30}$  encontrados para as sub-regiões em estudo estão acima dos encontrados por vários pesquisadores (Bertol, 1993; Bertol, 1994; Carvalho et al., 1989; Carvalho et al., 2005; Dias & Silva, 2003; Lopes & Brito, 1993; Moreti et al., 2003; Silva et al., 1997; Silva & Dias, 2003;). Porém, o valor médio de erosividade se enquadra dentro da faixa de variação de 3.116 a 20.035  $MJ\ mm\ ha^{-1}\ h^{-1}\ ano^{-1}$ , encontrada por Silva (2004) por meio de mapa de erosividade da chuva para o Brasil e superior à faixa estabelecida para o país que é de 5.000 a 12.000  $MJ\ mm\ ha^{-1}\ h^{-1}\ ano^{-1}$ , de acordo com estudos de Cogo (1988).

TABELA 2 Distribuição dos valores da precipitação pluviométrica e do índice de erosividade,  $EI_{30}$ , observadas, no ano 2005, em nove sub-regiões, na região do Vale do Rio Doce, MG.

Sub-regiões	Precipitação	Erosividade
	$mm\ ano^{-1}$	$MJ\ mm\ ha^{-1}\ h^{-1}\ ano^{-1}$
Alfié	1.411,0	8.243
Cataquinho	1.580,9	1.3018
Cocais	1.545,4	9.191
Coqueiro	1.757,7	12.046
Cordeiros	1.563,3	13.584
Fábrica	1.878,9	26.676
Gaspar	1.681,4	11.042
Lagoa Grande	1.377,6	8.397
Rubro Negro	1.284,1	14.019
Média	1.564,5	12.913

TABELA 3 Distribuição dos valores mensais da precipitação pluviométrica, observado no ano de 2005, em nove sub-regiões, na região do Vale do Rio Doce, MG.

Meses	Sub-regiões								
	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9
	----- mm ano <sup>-1</sup> -----								
Jan.	286,3	364,8	284,2	293,6	316,2	310,4	246,6	363,5	300,7
Fev.	182,9	181,6	157,5	207,0	210,1	522,0	204,7	186,9	16,0
Mar.	290,1	223,3	365,5	402,3	193,0	170,4	316,5	159,8	5,3
Abr.	25,4	75,5	50,3	47,2	51,3	74,4	19,1	37,3	72,6
Mai.	39,1	24,6	25,4	39,4	64,0	68,1	61,0	30,2	56,4
Jun.	32,8	41,9	17,8	8,1	35,8	25,7	32,0	15,5	58,9
Jul.	1,0	27,7	9,7	10,4	2,0	3,3	9,4	6,6	12,7
Ago.	3,8	17,3	3,6	3,6	22,4	8,4	6,4	9,1	17,3
Set.	72,6	35,8	87,1	51,8	65,1	59,7	112,8	26,7	62,7
Out.	50,8	91,4	30,7	68,1	47,0	40,4	57,66	77,7	64,3
Nov.	256,5	257,8	254,0	296,2	271,7	281,9	325,1	250,2	300,2
Dez.	169,7	239,3	259,6	330,0	284,7	314,2	290,1	214,1	317,0
Total	1.411,0	1.581,0	1.545,4	1.757,7	1.563,3	1.878,9	1.681,4	1.377,6	1.284,1

R1: Alfíe; R2: Cataquinho; R3: Cocais; R4: Coqueiro; R5: Cordeiros; R6: Fábrica; R7: Gaspar; R8: Lagoa Grande; R9: Rubro Negro.

TABELA 4 Distribuição dos valores mensais do índice de erosividade,  $EI_{30}$ , observados no ano de 2005, em nove sub-regiões, na região do Vale do Rio Doce, MG.

Meses	Sub-regiões								
	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9
	----- MJ mm ha <sup>-1</sup> h <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup> -----								
Jan.	3.432	3.589	2.636	2.790	3.390	3.041	1.859	4.330	6.594
Fev.	1.887	1.833	1.099	1.172	3.485	16.357	1.853	1.635	27
Mar.	474	2.123	2.573	3.816	507	192	1.867	560	0
Abr.	38	1.745	50	117	94	358	6	81	879
Mai.	117	3	3	351	707	828	385	150	110
Jun.	124	14	6	0	385	67	133	0	145
Jul.	0	0	0	0	0	0	29	0	0
Ago.	6	3	0	0	214	48	8	3	4
Set.	203	128	415	448	339	411	728	47	62
Out.	215	1.027	33	331	242	213	480	427	257
Nov.	1.102	1.462	1.125	1.412	1.132	1.024	2.122	685	833
Dez.	645	1.091	1.251	1.609	3.089	4.137	1.572	479	5.108
Total	8.243	13.018	9.191	12.046	13.584	26.676	11.042	8.397	14.019

R1: Alfíe; R2: Cataquinho; R3: Cocais; R4: Coqueiro; R5: Cordeiros; R6: Fábrica; R7: Gaspar; R8: Lagoa Grande; R9: Rubro Negro.

De modo geral, entre sub-regiões, a distribuição dos valores de precipitação pluviométrica e os respectivos índices de erosividade mensais e anuais não apresentaram diferenças consideradas, o que pode ser atribuído à proximidade das regiões, com as mesmas características climáticas. Porém, quanto à distribuição mensal em cada sub-região estudada, verifica-se uma desuniformidade, com maior volume de precipitação concentrado no período inicial e final do ano.

## **5.2 Número e lâmina de chuvas**

Durante o período em estudo, ocorreram 1.548 chuvas, das quais 528 foram consideradas erosivas (34,1%) e 1.020 não erosivas (65,9%) (Tabela 5). Observa-se que os meses iniciais (janeiro a março) e finais (novembro e dezembro) contribuíram com 36,4% e 26,2% do número total de chuvas, enquanto que nos meses intermediários (julho, agosto e outubro) ocorreram chuvas em menor número, contribuindo com apenas 9,0%. Entre as sub-regiões, Cocais e Cataquinho destacaram-se com 13,5% do número total de chuvas, enquanto que em Fábrica, foi verificado o menor número, com apenas 8,8%.

Em relação ao número de chuvas erosivas, os meses de janeiro, fevereiro e março contribuíram com 49,8%, caracterizados como meses críticos, enquanto que nos meses de julho, agosto e outubro ocorreram apenas 6,0% do total. Comportamento similar pode ser observado para o número de chuvas não erosivas, exceção apenas para o mês de junho, que apresentou maior número, contribuindo com 12,5%.

Quanto à lâmina, as chuvas erosivas corresponderam a 86,0% do total precipitado no período de estudo, enquanto as não erosivas representaram 14,0%. Embora o número de chuvas erosivas seja apenas de 34,1%. Resultados semelhantes foram obtidos por Bertol (1993), Bertol et al. (2002), Eltz (1977), Beutler (2000), Martins (2005) e Schick (1999).

Hudson (1971) cita que, das chuvas de regiões tropicais, 40% do total anual são consideradas erosivas, enquanto que, em regiões de clima temperadas, apenas 5% é considerada, sendo as demais consideradas não erosivas.



TABELA 5 Distribuição dos valores mensais e anuais dos números de chuvas erosivas, não erosivas e total, observados no ano de 2005.

Meses	Sub-regiões								
	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9
----- Chuvas erosivas -----									
Jan.	10	18	12	17	14	13	10	11	9
Fev.	10	12	7	10	12	14	10	11	1
Mar.	9	9	8	8	7	4	6	6	0
Abr.	1	2	2	2	4	3	1	2	3
Mai.	3	1	1	2	2	5	3	2	4
Jun.	4	2	1	0	4	3	5	0	4
Jul.	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Ago.	1	1	0	0	1	1	1	1	1
Set.	4	2	3	2	2	2	3	1	2
Out.	4	3	2	4	2	1	3	2	3
Nov.	10	11	7	6	8	8	10	9	8
Dez.	5	5	11	8	7	6	11	8	13
Total	61	66	54	59	63	60	64	53	48
----- Chuvas não erosivas -----									
Jan.	15	13	16	10	6	8	13	14	14
Fev.	20	3	17	9	13	6	13	8	12
Mar.	11	13	10	13	5	10	8	14	12
Abr.	7	8	8	5	2	2	8	8	2
Mai.	4	19	14	15	6	6	3	11	9
Jun.	14	16	23	14	8	10	10	16	16
Jul.	2	5	7	6	5	2	5	4	7
Ago.	2	11	5	4	2	1	3	6	11
Set.	14	11	8	10	9	8	7	10	11
Out.	2	0	1	1	2	2	7	4	0
Nov.	12	14	20	18	16	16	15	19	16
Dez.	18	14	11	13	9	5	17	13	9
Total	121	127	140	118	83	76	109	127	119
----- Total -----									
Jan.	25	31	28	27	20	21	23	25	23
Fev.	30	15	24	19	25	20	23	19	13
Mar.	20	22	18	21	12	14	14	20	12
Abr.	8	10	10	7	6	5	9	10	5
Mai.	7	20	15	17	8	11	6	13	13
Jun.	18	18	24	14	12	13	15	16	20
Jul.	2	5	7	6	5	2	6	4	7
Ago.	3	12	5	4	3	2	4	7	12
Set.	18	13	11	12	11	10	10	11	13
Out.	6	3	3	5	4	3	10	6	3
Nov.	22	25	27	24	24	24	25	28	24
Dez.	23	19	22	21	16	11	28	21	22
Total	182	193	194	177	146	136	173	180	167

R1: Alfíé; R2: Cataquinho; R3: Cocais; R4: Coqueiro; R5: Cordeiros; R6: Fábrica; R7: Gaspar; R8: Lagoa Grande; R9: Rubro Negro.

TABELA 6 Distribuição dos valores mensais e anuais das lâminas de chuvas erosivas e não erosivas, observadas no ano de 2005.

Meses	Sub-regiões								
	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9
----- Lâmina de chuva erosiva (mm) -----									
Jan.	253,5	351,3	264,4	286,0	311,2	299,5	231,4	329,5	279,9
Fev.	144,3	177,0	132,6	176,3	194,8	509,8	170,4	182,8	8,6
Mar.	273,6	200,4	359,2	391,9	190,5	159,0	306,1	137,2	0,0
Abr.	6,9	54,4	24,1	43,9	49,5	60,4	4,6	28,1	67,8
Mai.	36,6	1,0	5,6	29,5	57,1	62,3	57,7	21,3	41,7
Jun.	24,4	20,6	4,1	0,0	32,0	16,8	28,4	0,0	34,3
Jul.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,3	0,0	0,0
Ago.	3,1	5,1	0,0	0,0	21,1	7,9	2,3	4,5	8,4
Set.	62,5	16,0	73,9	34,8	40,5	32,0	105,4	13,7	12,4
Out.	47,2	91,4	25,9	67,8	40,3	30,7	49,0	64,5	64,3
Nov.	210,3	196,6	178,6	180,1	202,8	205,1	264,2	226,6	210,1
Dez.	120,7	201,2	244,1	269,2	266,3	304,3	276,1	195,6	298,2
Total	1.183,1	1.315,0	1.312,5	1.479,5	1.406,0	1.687,8	1.501,9	1.203,8	1.025,7
----- Lâmina de chuva não erosiva (mm) -----									
Jan.	32,8	13,5	19,8	7,6	5,1	10,9	15,2	34,0	20,8
Fev.	38,6	4,6	24,9	30,7	15,2	12,2	34,3	4,1	7,4
Mar.	16,5	22,9	6,3	10,4	2,5	11,4	10,4	22,6	5,3
Abr.	18,5	21,1	26,2	3,3	1,8	14,0	14,5	9,2	4,8
Mai.	2,5	23,6	19,8	9,9	6,9	5,8	3,3	8,9	14,7
Jun.	8,4	21,3	13,7	8,1	3,8	8,9	3,6	15,5	24,6
Jul.	1,0	27,7	9,7	10,4	2,0	3,3	3,1	6,6	12,7
Ago.	0,7	12,2	3,6	3,6	1,3	0,5	4,1	4,6	8,9
Set.	10,1	19,8	13,2	17,0	24,6	27,7	7,4	13,0	50,3
Out.	3,6	0,0	4,8	0,3	6,7	9,7	8,6	13,2	0,0
Nov.	46,2	61,2	75,4	116,1	68,9	76,8	61,0	23,6	90,2
Dez.	49,0	38,1	15,5	60,7	18,4	9,9	14,0	18,5	18,8
Total	227,9	266,0	232,9	278,1	157,2	191,2	179,5	173,8	258,5

R1: Alfíe; R2: Cataquinho; R3: Cocais; R4: Coqueiro; R5: Cordeiros; R6: Fábrica; R7: Gaspar; R8: Lagoa Grande; R9: Rubro Negro.

### **5.3 Teste de adequabilidade e distribuição de probabilidades**

As frequências observadas das duas séries históricas de erosividade de Ferros e Guanhães, MG, foram ajustadas à distribuição Log-normal 2 parâmetros. Foi aplicado o teste de adequabilidade de Kolmogorov-Smirnov, para verificar se a distribuição seria adequada para este fim. Segundo Walpole & Myers (1978) e Catalunha et al. (2002), este teste é um indicador bastante aplicado ao estudo de precipitação para a verificação da adequação da distribuição.

Na Tabela 7, encontram-se a média e o desvio padrão dos valores de erosividade logaritimizadas, a diferença entre as frequências calculadas e observadas e a adequabilidade da distribuição. Observa-se que, para a região de Ferros, a distribuição não se mostrou adequada apenas para os meses de julho, novembro e dezembro, enquanto que para Guanhães, apenas o mês de dezembro. Em termos de valores anuais, a distribuição se mostrou adequada para ambas às regiões.

De acordo com estudo de Aquino (2005), as séries históricas do período de baixa precipitação, entre os meses de abril e setembro, foram as que produziram maiores dificuldades de ajuste das distribuições. Segundo a mesma autora, isto acontece devido à elevada variabilidade dos dados da série, podendo variar de valores próximos de zero até acima de 100. Além disso, a grande quantidade de zeros dentro da série faz com que as frequências estimadas fiquem distantes das observadas, especialmente para baixos valores de erosividade, contribuindo para sua não adequabilidade.

Os ajustes das distribuições de probabilidades às frequências observadas, mostrando, de maneira geral, o bom ajuste da distribuição Log-normal 2P aos dados de erosividade, estão representados nas Figuras 2 a 5.

TABELA 7 Teste de adequabilidade aplicado à distribuição Log-normal 2 parâmetros a séries históricas mensais e anuais de erosividade para as regiões de Ferros e Guanhães, MG.

Região	Meses	Média*	Desvio padrão*	Máximo**	Kolmogorov-Smirnov**	Adequabilidade***
Ferros	Jan.	7,43	1,24	0,17	0,22	AD
	Fev.	6,39	1,57	0,19	0,22	AD
	Mar.	6,64	1,42	0,10	0,22	AD
	Abr.	5,14	1,85	0,13	0,22	AD
	Mai.	3,85	1,68	0,13	0,22	AD
	Jun.	2,00	2,35	0,22	0,22	AD
	Jul.	1,55	2,03	0,25	0,22	NA
	Ago.	2,08	2,29	0,18	0,22	AD
	Set.	3,91	2,53	0,17	0,22	AD
	Out.	5,98	1,53	0,15	0,22	AD
	Nov.	7,08	2,00	0,24	0,22	NA
	Dez.	7,44	1,96	0,32	0,22	NA
Anual		9,40	0,20	0,07	0,22	AD
Guanhães	Jan.	7,31	1,44	0,15	0,22	AD
	Fev.	6,56	1,13	0,08	0,22	AD
	Mar.	6,71	1,49	0,10	0,22	AD
	Abr.	5,46	1,37	0,13	0,22	AD
	Mai.	3,60	1,88	0,08	0,22	AD
	Jun.	2,03	2,34	0,20	0,22	AD
	Jul.	2,01	2,24	0,16	0,22	AD
	Ago.	1,84	2,50	0,11	0,22	AD
	Set.	3,83	2,42	0,11	0,22	AD
	Out.	6,40	1,29	0,10	0,22	AD
	Nov.	7,42	1,63	0,21	0,22	AD
	Dez.	7,74	1,47	0,24	0,22	NA
Anual		9,50	0,22	0,10	0,22	AD

\* Média e desvio padrão dos valores de erosividade com transformação logarítmica; \*\* Diferença entre a frequência calculada e a frequência observada na distribuição de probabilidade; \*\*\* Adequabilidade – AD: Adequado; NA: Não adequado.

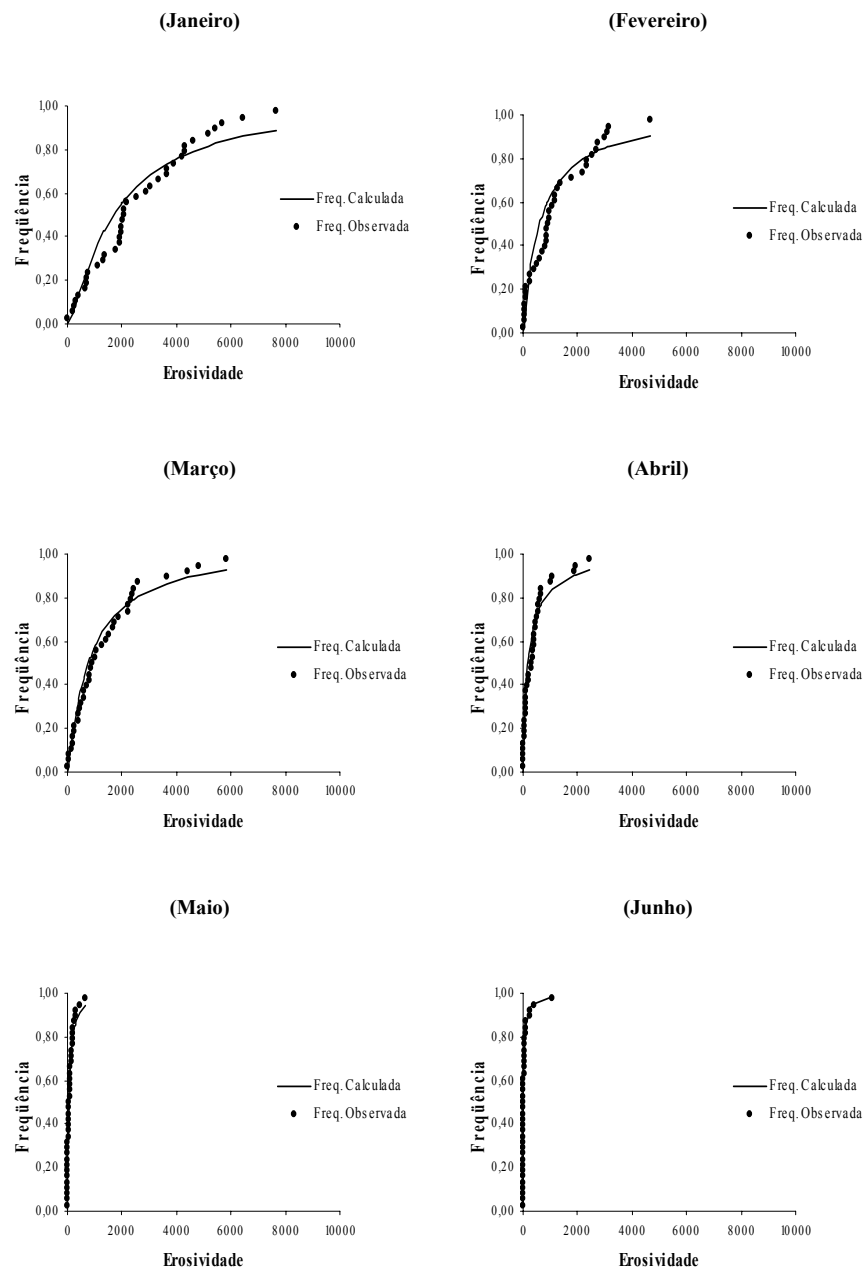
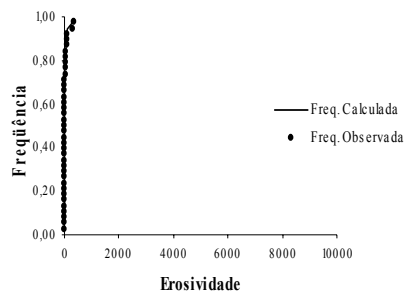
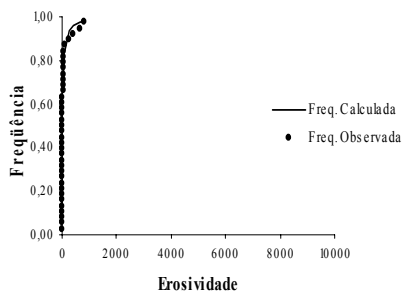


FIGURA 2 Curva de distribuição dos valores mensais do índice EI<sub>30</sub> estimado e das frequências em Ferros, MG, no período de 1969 a 2005.

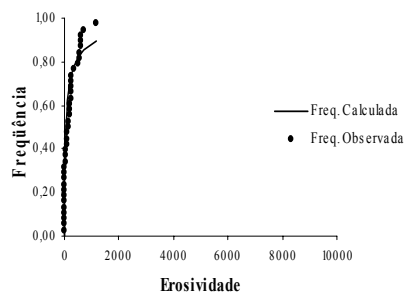
**(Julho)**



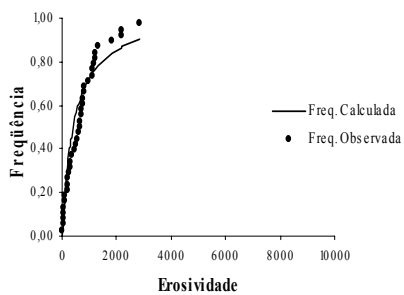
**(Agosto)**



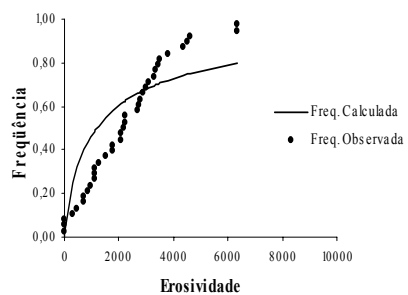
**(Setembro)**



**(Outubro)**



**(Novembro)**



**(Dezembro)**

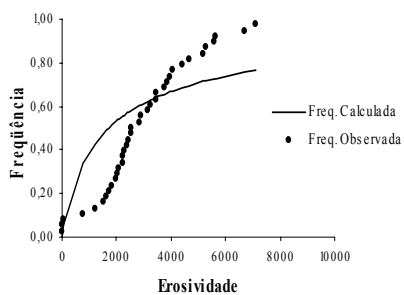


FIGURA 2 Cont...

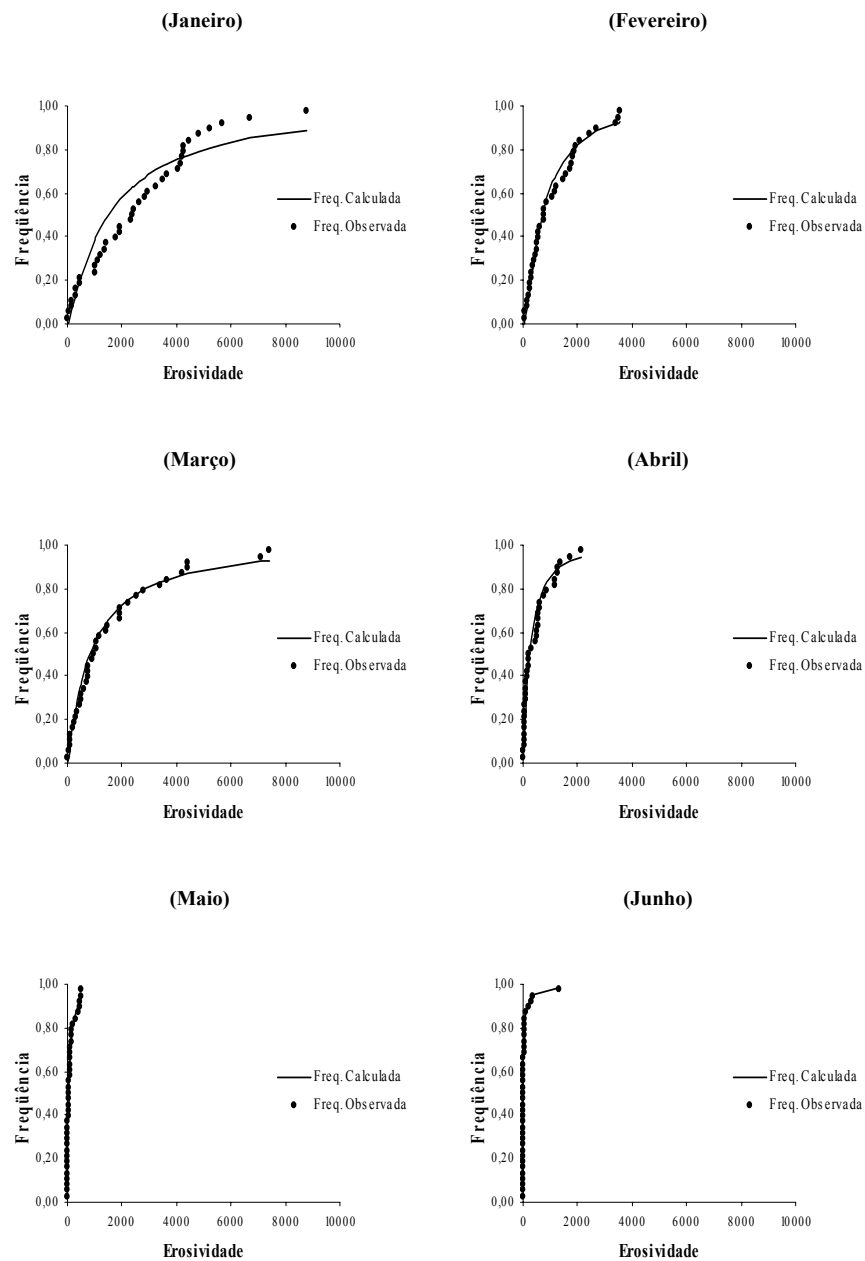


FIGURA 3 Curva de distribuição dos valores mensais do índice EI<sub>30</sub> estimado e das frequências em Guanhões, MG, no período de 1969 a 2005.

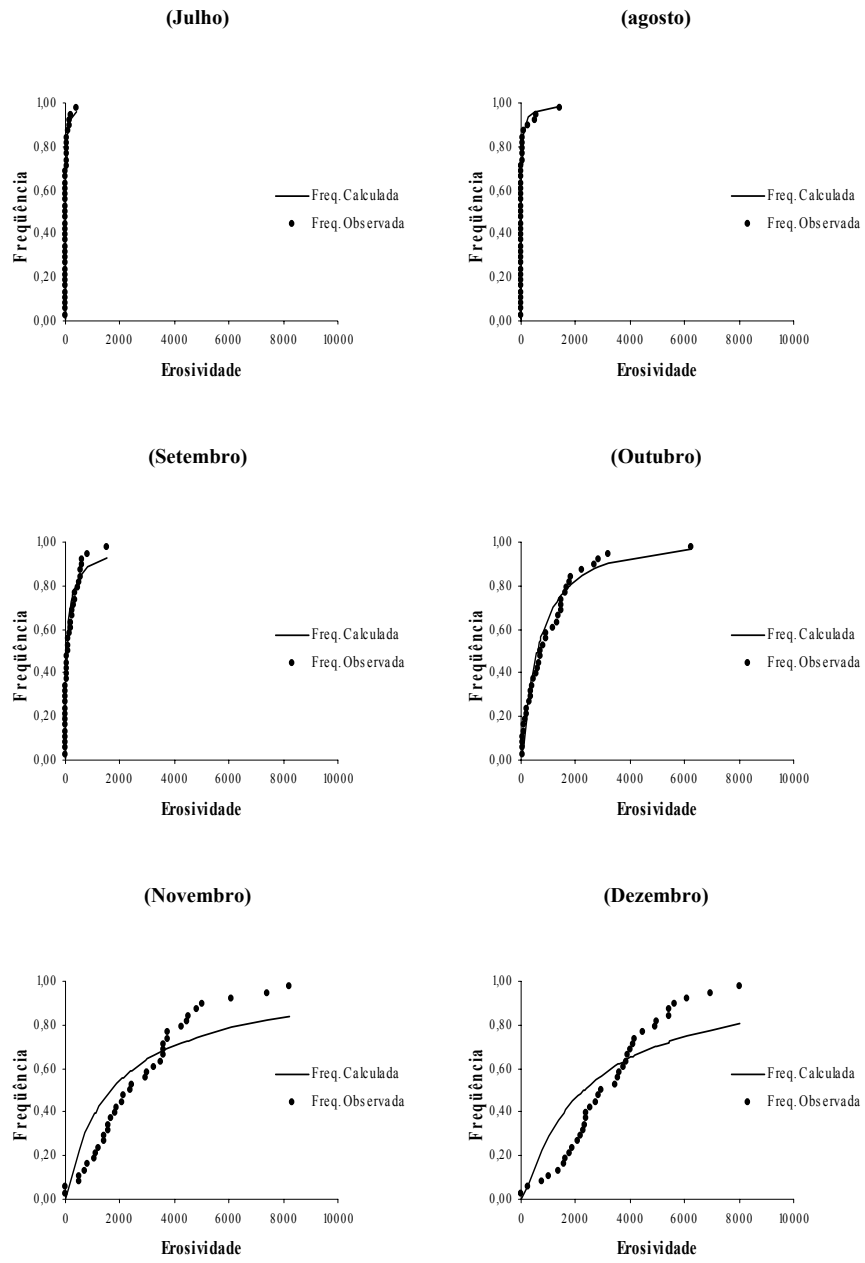


FIGURA 3 Cont...



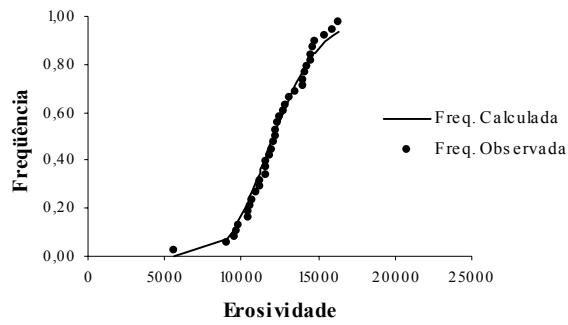


FIGURA 4 Curva de distribuição dos valores médios anuais do índice EI<sub>30</sub> estimado e das frequências em Ferros, MG, no período de 1969 a 2005.

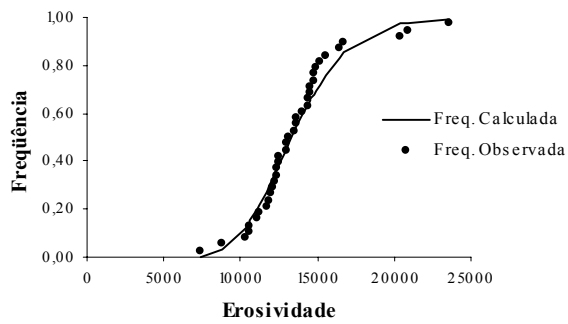


FIGURA 5 Curva de distribuição dos valores médios anuais do índice EI<sub>30</sub> estimado e das frequências em Guanhães, MG, no período de 1969 a 2005.

#### **5.4 Tempo de retorno dos valores mensais e anuais da erosividade**

Os valores do índice  $EI_{30}$ , mensal e anual, estimados e o tempo de retorno para a região de Ferros e Guanhães, MG, são mostrados nas Tabelas 8 e 9, respectivamente.

Observa-se que, para ambas as regiões estudadas, os valores máximos da erosividade mensal estão concentrados no período inicial (janeiro a março) e final (novembro e dezembro) do ano, principalmente para a região de Guanhães. Os valores mínimos estão concentrados no período de abril a outubro. Pode-se verificar também que, para os meses que apresentaram valores máximos, o tempo de retorno para erosividades mensais consideradas críticas, que segundo Rufino (1986) é acima de  $500 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ mês}^{-1}$ , está entre 1,1 a 2 anos, para ambas as regiões. Já para os meses que apresentaram valores mínimos de erosividade, o tempo de retorno variou entre os meses para cada região.

Em relação aos valores anuais de erosividade, verifica-se que, para ambas as regiões, as erosividades estimadas são consideradas altas e, para a maioria, muito alta. De acordo com Foster et al. (1981), erosividades anuais maiores que  $8.000 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  são consideradas muito altas.

Os valores do tempo de retorno, determinados para os menores índices de erosividade anual observados para Ferros ( $5.508 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ ) e Guanhães ( $5.542 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ ) foram de 1 ano. Para os maiores índices  $19.632$  e  $22.931 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ , foram de 150 anos.

Portanto, é esperado ocorrer, nestes locais, um valor do índice anual de erosividade igual ou superior a  $19.632 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ , para Ferros e  $22.931 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ , para Guanhães, pelo menos uma vez a cada 150 anos.

Roque et al. (2001) obtiveram valores dos índices de erosividade anual, esperado para diferentes tempos de retorno, tendo, para 100 anos, sido de  $14.292 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ . Dias & Silva (2003) obtiveram, para um tempo de retorno

de 50 anos, valor de erosividade anual de  $5.950 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ , enquanto Martins (2005) obteve, para uma erosividade de  $11.858 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ , um tempo de retorno de 215,4 anos.

TABELA 8 Tempo de retorno dos valores dos índices mensais e anuais de erosividade EI<sub>30</sub> de Ferros, MG, durante o período de 1969 a 2005.

TR	Mês												Anual
	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	
Anos	----- MJ mm ha <sup>-1</sup> h <sup>-1</sup> período <sup>-1</sup> -----												
1	12	1	3	0	0	0	*	0	0	1	*	*	5.508
1,1	321	73	114	14	5	0	*	0	2	51	*	*	9.277
1,2	508	130	192	29	9	1	*	1	4	90	*	*	9.977
1,5	991	303	414	77	23	3	*	3	17	206	*	*	11.096
2	1.687	596	763	171	47	7	*	8	50	397	*	*	12.075
3	2.872	1.172	1.406	378	97	20	*	21	148	765	*	*	13.142
4	3.914	1.737	2.005	600	148	37	*	38	278	1.121	*	*	13.804
5	4.771	2.233	2.517	806	193	53	*	55	417	1.431	*	*	14.246
10	8.224	4.459	4.702	1.816	405	150	*	149	1.271	2.801	*	*	15.534
30	16.245	10.583	10.271	5.013	1.022	545	*	524	5.112	6.487	*	*	17.309
50	21.594	15.191	14.239	7.664	1.505	935	*	886	9.150	9.217	*	*	18.110
100	30.161	23.221	20.895	12.616	2.370	1.763	*	1.642	18.123	13.919	*	*	19.099
150	35.867	28.935	25.492	16.336	3.000	2.540	*	2.261	25.829	17.236	*	*	19.632

\* Valores que não apresentaram adequabilidade.

TABELA 9. Tempo de retorno dos valores dos índices mensais e anuais de erosividade EI<sub>30</sub> de Guanhães, MG, durante o período de 1969 a 2005.

TR	Mês												Anual
	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	
Anos	----- MJ mm ha <sup>-1</sup> h <sup>-1</sup> período <sup>-1</sup> -----												
1	5	8	2	1	0	0	0	0	0	4	3	*	5.542
1,1	217	156	112	38	3	0	0	0	2	107	188	*	9.924
1,2	370	236	195	63	6	1	1	1	4	172	343	*	10.765
1,5	805	433	434	131	16	3	3	2	16	345	828	*	12.121
2	1.496	703	822	235	37	8	7	6	46	599	1.668	*	13.323
3	2.779	1.141	1.558	423	82	21	20	18	130	1.042	3.360	*	14.644
4	3.983	1.512	2.258	595	132	37	34	34	238	1.436	5.050	*	15.471
5	5.016	1.811	2.864	740	178	54	49	51	351	1.764	6.554	*	16.025
10	9.452	2.971	5.506	1.350	406	152	132	154	1.016	3.107	13.423	*	17.653
30	20.872	5.519	12.465	2.862	1.138	553	453	607	3.837	6.302	32.888	*	19.921
50	29.069	7.150	17.541	3.918	1.752	948	759	1.078	6.689	8.470	47.840	*	20.954
100	42.886	9.690	26.197	5.665	2.908	1.784	1.392	2.116	12.844	11.986	74.277	*	22.236
150	52.467	11.344	32.253	6.858	3.782	2.477	1.905	3.001	18.014	14.349	93.308	*	22.931

\* Valores que não apresentaram adequabilidade.

## 6 CONCLUSÕES

Os meses considerados mais críticos em relação à erosão hídrica, devido à ocorrência de chuvas são de novembro a março, para as sub-regiões estudadas do Vale do Rio Doce.

A erosividade média anual das chuvas foi de  $12.912 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ , sendo classificada como muito alta. Da mesma forma, entre sub-regiões as erosividade foram consideradas muito alta no período de estudo.

Em média 34,1% do número e 86,0% da lâmina de chuva são erosivas.

As erosividade anuais de Ferros e Guanhães para os tempos de retorno foram consideradas altas a muito alta. Em média os valores mensais de erosividade para os meses de novembro a março são considerados críticos.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AQUINO, R. F. **Padrões de chuvas e variabilidade espacial da erosividade para o Sul do Estado de Minas Gerais**. 2005. 90 p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

BERTOL, I. 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. 1453-1458, set. 1994.

BERTOL, I. Índice de erosividade ( $EI_{30}$ ) para Lages (SC) – 1º Aproximação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 28, n. 4, p. 515-521, abr. 1993.

BERTOL, I.; SCHICK, J.; BATISTELA, O.; LEITE, D.; VISENTIN, D.; COGO, N. P. Erosividade das chuvas e sua distribuição entre 1989 e 1998 no município de Lages (SC). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 26, n. 2, p. 455-464, abr./jun. 2002.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. São Paulo: Ícone, 1990. 355 p.

BEUTLER, J. F. **Erosão hídrica num Latossolo Vermelho Aluminoférrico submetido a diferentes sistemas de preparo e cultivo do solo**. 2000. 105 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, SC.

CARVALHO, D. F.; MONTEBELLER, C. A.; FRANCO, E. M.; VALCARCEL, R.; BERTOL, I. Padrões de precipitação e índices de erosividade para as chuvas de Seropédica e Nova Friburgo, RJ. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 9, n. 1, p. 7-14, jan./mar. 2005.

CARVALHO, M. P.; LOMBARDI NETO, F.; VASQUES FILHO, J.; CATANEO, A. Erosividade da chuva de Mococa (SP) analisada pelo índice  $EI_{30}$ . **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 13, n. 2, p. 243-249, maio/ago. 1989.

CATALUNHA, M. J.; SEDIYAMA, G. C.; LEAL, B. G.; SOARES, C. P. B.; RIBEIRO, A. Aplicação de cinco funções densidade de probabilidades a séries de precipitação pluvial no estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 10, n. 1, p. 153-162, jan./jun. 2002.

CENIBRA – CELULOSE NIPO BRASILEIRA S. A. **Sistema de monitoramento climático cenibra**. Ipatinga: CENIBRA, 2004. 10 p.

COGO, N. P. Conceitos e princípios envolvidos no manejo de solo para fins de controle da erosão hídrica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 21., Campinas, 1988. **Anais...** Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1988. p. 251-262.

COLODRO, G.; CARVALHO, M. P.; ROQUE, C. G.; PRADO, R. M. Erosividade da chuva: distribuição e correlação com a precipitação pluviométrica de Teodoro Sampaio (SP). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 26, n. 3, p. 809-818, jul./set. 2002.

DEDECEK, R. A. Capacidade erosiva das chuvas de Brasília – DF. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA SOBRE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 2., 1978, Passo Fundo. **Anais...** Passo Fundo: EMBRAPA-SNLCS, 1978. p. 157-161.

DEDECEK, R. A. Fatores de erosividade da chuva, enxurrada e perdas de solo sob condições de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 23, n. 12, p. 1431-1438, dez. 1988.

DEDECEK, R. A.; RESK, D. V. S.; FREITAS JUNIOR, E. Perdas de solo, água e nutrientes por erosão em Latossolo Vermelho-Escuro dos cerrados em diferentes cultivos sob chuva natural. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 10, n. 3, p. 265-272, set./dez. 1986.

DE MARIA, I. C. Cálculo da erosividade da chuva. In: INSTITUTO AGRONÔMICO DE CAMPINAS. **Manual de programas de processamento de dados de campo e de laboratório para fins de experimentação em conservação do solo**. Campinas: IAC-SCS, 1994.

DIAS, A. S.; SILVA, J. R. C. A erosividade das chuvas em Fortaleza (CE). I – Distribuição, probabilidade de ocorrência e período de retorno – 1º Aproximação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, n. 2, p. 335-345, mar./abr. 2003.

ELTZ, F. L. **Perdas por erosão sob precipitação natural em diferentes manejos de solo e coberturas vegetais**. 1977. 97 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS.



FOSTER, G. R.; McCOOL, D. K.; RENARD, K. G.; MOLDENHAUER, W. C. Conversion of the universal soil loss equation to SI metric units. **Journal of Soil and Water Conservation**, Ankeny, v. 36, n. 6, p. 355-359, Nov./Dec.1981.

HAAN, C. T. **Statistical methods in hydrology**. 2. ed. Ames: The Iowa State University Press, 1979. 377 p.

HUDSON, N. **Soil conservation**. Ames: Iowa State University Press, 1995. 391 p.

HUDSON, N. **Soil conservation**. 2. ed. Ithaca, Cornell University Press, 1971. 320 p.

LAL, R. Erodibility and erosivity. In: LAL, R. **Soil erosion research methods**. Ankeny: SWCS, p. 141-160, 1988.

LAL, R. Soil erosion on Alfisols in Western Nigeria: III. Effects of rainfall characteristics. **Geoderma**, Amsterdam, v. 16, n. 5, p. 389-401, 1976.

LOMBARDI NETO, R. **Rainfall erosivity – its distribution and relationship with soil loss at Campinas, Brasil**. 1977. 53 p. Dissertação (Mestrado) - Purdue University, West Lafayette.

LOMBARDI NETO, F. Dimensionamento de terraço. In: SIMPOSIO SOBRE TERRACEAMENTO AGRÍCOLA, 1988, Campinas. **Anais...** Campinas: Fundação Cargill, 1989. p. 26-59.

LOPES, P. R. C.; BRITO, L. T. L. Erosividade da chuva no médio São Francisco. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 17, n. 1, p. 129-133, jan./abr. 1993.

MARGOLIS, E.; SILVA, A. B.; JAQUES, F. O. Determinação dos fatores da Equação Universal de Perdas de Solo para as condições de Caruaru (PE). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 9, n. 2, p. 165-169, mai./ago. 1985.

MARTINS, S. G. **Erosão hídrica em povoamento de eucalipto sobre solos coesos nos Tabuleiros Costeiros, ES**. 2005. 106 p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

MARQUES, J. J. G. S. M.; ALVARENGA, R. C.; CURI, N. Erosividade das chuvas de Sete Lagoas, MG. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 33, n. 5, p. 285-288, maio 1998.

MELLO, C. R.; LIMA, J. M.; SILVA, A. M.; MELLO, J. M.; OLIVEIRA, M. S. Krigagem e inverso do quadrado da distância para interpolação dos parâmetros da equação de chuvas intensas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, n. 5, p. 925-933, set./out. 2003.

MORETI, D.; CARVALHO, M. P.; MANNIGEL, A. R.; MEDEIROS, L. R. Importantes características de chuva para a conservação do solo e da água no município de São Miguel (SP). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, n. 4, p. 713-725, jul./ago. 2003.

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 EI<sub>30</sub> e sua relação com o coeficiente de chuva do sudoeste do Mato Grosso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 15, n. 3, p. 339-344, set./dez. 1991.

ROQUE, C. G.; CARVALHO, M. P.; PRADO, R. M. Fator erosividade da chuva de Piraju (SP): distribuição, probabilidade de ocorrência, período de retorno e correlação com o coeficiente da chuva. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, n. 1, p. 147-156, jan./mar. 2001.

RUFINO, R. L. Avaliação do potencial erosivo da chuva para o Estado do Paraná: Segunda Aproximação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 10, n. 3, p. 279-281, set./dez. 1986.

SCHICK, J. **Erosão hídrica em Cambissolo Húmico álico submetido a diferentes sistemas de preparo e cultivo do solo**. 1999. 114 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, SC.

SCHWAB, G. O.; FREVERT, R. K.; DMINSTER, T. W.; BARNES, K. K. **Soil and Water Conservation Engineering**. 2. ed. New York: John Wiley, 1966. 683 p. (The Fergunson Foundation Agricultural Engineering Series).

SILVA, A. M. Rainfall erosivity map for Brazil. **Catena**, Amsterdam, v. 57, n. 3, p. 251-259, Aug. 2004.

SILVA, J. R. C.; DIAS, A. S. A erosividade das chuvas em Fortaleza (CE). II – Correlação com o coeficiente de chuva e atualização do fator R no período de 1962 a 2000. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, n. 2, p. 347-354, abr./jun. 2003.

SILVA, M. L. N.; FREITAS, P. L.; BLANCANEAUX, P.; CURI, N. Índices de erosividade das chuvas da região de Goiânia (GO). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 32, n. 10, p. 977-985, out. 1997.

VAL, L. A.; BAHIA, V. G.; FREIRE, J. C.; DIAS JÚNIOR, M. S. Erosividade das chuvas em Lavras – MG. **Ciência e Prática**, Lavras, v. 10, n. 2, p. 199-209, jul./dez. 1986.

WALPOLE, R. E.; MYERS, R. H. **Probability and Statistics for Engineers and Scientists**. 2. ed. New York: Macmillan Publishing, 1978. 580 p.

WISCHMEIER, W. H. A rainfall erosion index for a Universal Soil Equation. **Proceedings Soil Science Society of America**, Madison, v. 23, p. 246-249, 1959.

WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. D. **Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning**. Washington, DC: USDA, 1978, 1978. 58 p. (Agriculture Hand-Book, 537).

WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. D. Rainfall energy and its relationships to soil loss. **Transactions of the American Geophysical Union**, Washington, v. 39, n. 2, p. 285-291, 1958.

## **CAPÍTULO 2**

### **PERDAS DE SOLO, ÁGUA, NUTRIENTES E CARBONO ORGÂNICO EM FLORESTA DE EUCALIPTO NAS REGIÕES DE BELO ORIENTE E GUANHÃES, MG**

## 1 RESUMO

OLIVEIRA, Flávio Pereira de. **Perdas de solo, água, nutrientes e carbono orgânico em floresta de eucalipto nas regiões de Belo Oriente e Guanhães, MG.** 2006. 38 p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.\*

O solo é o recurso natural mais intensamente utilizado na produção agrícola e nos sistemas florestais. Portanto, seu manejo é fundamental, considerando o intenso impacto de operações de manejo adotadas em plantios. Dessa forma, o conhecimento e a quantificação dos fatores que influenciam a erosão hídrica são fundamentais para o planejamento de uso e manejo do solo em bases conservacionistas. Neste contexto, o presente trabalho objetivou avaliar as perdas de solo, água, nutrientes e carbono orgânico, em diferentes sistemas de florestas plantadas de eucalipto, em relação a sistemas de referência (floresta nativa), (pastagem plantada) e referencial de máxima perda de solo (solo descoberto), nos municípios de Belo Oriente e Guanhães, situados no Vale do Rio Doce, região Centro-Leste do estado de Minas Gerais. Os experimentos foram instalados em Latossolo Vermelho-Amarelo (LVA) e Latossolo Vermelho (LV), sob três sistemas de manejo de eucalipto (eucalipto plantado em nível - EN, eucalipto convencional - EC e eucalipto no sentido do declive com queima de restos culturais - ECQ), floresta nativa (FN), solo descoberto e pastagem plantada (PP). As avaliações de perdas de solo e água foram realizadas em parcelas-padrão instaladas no campo. Os resultados indicam que todos os sistemas com eucalipto apresentaram valores muito baixos de perdas de solo em relação ao limite de tolerância referente a cada classe de solo, da mesma forma as perdas de água foram bem inferiores. Dos sistemas florestais, o EN foi o que mais se aproximou da FN, tanto para perdas de solo como de água, indicando, assim, a sustentabilidade deste sistema. Analisando-se as concentrações de cada nutriente no sedimento, observou-se que as de P, K<sup>+</sup> e Mg<sup>+2</sup> foram mais elevadas em todos os sistemas para os dois solos estudados, exceção do Ca<sup>+2</sup>, que apresentou níveis elevados apenas no LV. Em relação aos valores de carbono orgânico no sedimento, observaram-se maiores teores no LV, especificamente nos sistemas de manejo FN e ECQ, enquanto no LVA os resultados demonstraram pouca variação em relação à caracterização inicial do solo. De forma geral, pode-se interpretar que tanto as perdas de nutriente quanto carbono orgânico não estão comprometendo a sustentabilidade do sistema.

---

\* Comitê de orientação: Prof. Dr. Marx Leandro Naves Silva (Orientador) – DCS/UFLA; Prof. Dr. Nilton Curi – DCS/UFLA

## 2 ABSTRACT

OLIVEIRA, Flávio Pereira de. **Soil, water, nutrient and organic carbon losses in eucalyptus forests in the Belo Oriente and Guanhães regions, MG.** 2006. 38 p. Dissertation (Master's degree in Soil Science and Plant Nutrition)–Federal University of Lavras, Lavras, MG. \*

The soil is most intensely used natural resource in agricultural production and in forest systems. Therefore, its management is fundamental, considering the intense impact of management operations adopted in planting. Therefore, the knowledge and the quantification of factors that influence the hydric erosion are fundamental for soil use planning and management from a conservationist base. In this context, the present work aimed to evaluate the soil, water, nutrient and organic carbon loss, in different systems of planted eucalyptus forest in relation to reference systems (native forest), (planted pasture) and referencial of maxim soil loss (uncovered soil), in the Belo Oriente and Guanhães counties, located in The Rio Doce Valley, Central-East region of the state of Minas Gerais. The experiments were installed in Red-Yellow Latosol (LVA) and Red Latosol (LV), under three systems of eucalyptus management (eucalyptus planted in level - EN, conventional eucalyptus - EC and eucalyptus sloped with burning of cultural remains - ECQ), native forest (FN), uncovered soil and planted pasture (PP). The evaluation of soil and water loss were made in standard-parcels installed in the field. The results indicate that all the eucalyptus systems presented very low soil loss values in relation to the tolerance limit regarding each soil class, in the same way the water loss was much lower. Of the forest systems it was EN which more approached FN for soil well as water loss, thus indicating the sustentability of this system. Analyzing the concentrations of each nutrient in the sediment, it was observed that P, K<sup>+</sup> and Mg<sup>+2</sup> were higher in all the systems for the two studied soils, except Ca<sup>+2</sup>, which presented high levels only in LV. In relation to the organic carbon values in the sediment, larger levels are observed in LV, specifically in the FN management systems and ECQ, while in LVA the results demonstrated little variation in relation to the initial characterization of the soil. In a general way, it can be interpreted that the nutrient as well as organic carbon loss is not compromising the sustentability of the system.

---

\* Guidance Committee: Prof. Dr. Marx Leandro Naves Silva (Advisor) – DCS/UFLA; Prof. Dr. Nilton Curi – DCS/UFLA

### 3 INTRODUÇÃO

O solo é o recurso natural mais intensamente utilizado na produção agrícola, podendo, por isso, ter sua capacidade produtiva comprometida pela erosão, em decorrência de seu uso e manejo inadequados. Assim, o conhecimento das relações entre os fatores que causam as perdas de solo e os que permitem reduzi-las é de fundamental importância para o planejamento conservacionista (Roque et al., 2001).

Nos sistemas florestais, o manejo do solo é fundamental, considerando o impacto de operações de manejo adotadas em plantios, em sua maioria atribuídos às operações de preparo do solo e colheita mecanizada de madeira (Gonçalves & Stape, 2002). Em áreas de relevo movimentado, estes problemas se intensificam, uma vez que o manejo é dificultado (Brito et al., 2005).

A consequência mais importante do intenso preparo do solo, normalmente, é a degradação das propriedades físicas da superfície e da subsuperfície, entre as quais a estrutura, a densidade e a porosidade, alterando o comportamento em relação à infiltração da água, ao escoamento superficial e à susceptibilidade a erosão hídrica (Bertol, 1994). De modo geral, o aumento do número de operações, principalmente com equipamentos de preparo secundário do solo, diminui a rugosidade e a porosidade total da camada preparada e aumenta a desagregação e a quantidade de solo disponível ao transporte. Isso facilita a formação de sulcos, elevando as perdas de solo (Bertol et al., 1987; Cogo et al., 1984).

O preparo do solo também pode incluir a queima de resíduos vegetais, como uma prática de limpeza da área. Dentre as várias consequências desta prática, a redução ou a eliminação da cobertura vegetal destacam-se, no contexto

de erosão hídrica, por favorecem o escoamento superficial da água da chuva, agravando o processo erosivo (Santos et al., 1992).

A declividade do terreno é outro fator que influencia fortemente as perdas de solo e água por erosão hídrica, pois, à medida que ela aumenta, aumentam o volume e a velocidade da enxurrada e diminui a infiltração de água no solo. Com isso, aumenta a capacidade de transporte de partículas do solo pela enxurrada, assim como a própria capacidade desta de desagregar solo, por ação de cisalhamento, principalmente quando concentrada nos sulcos direcionados no sentido da pendente do terreno (Cogo et al., 2003). Da mesma forma, o aporte de sedimentos oriundos de áreas que sofrem processo erosivo é aspecto de grande relevância, em função de promover o assoreamento de rios e lagos, comprometer a qualidade da água e alterar a vida aquática, principalmente pela eutrofização das águas (Martins et al., 2003).

Em sistemas florestais, vários autores têm obtido valores de perdas de solo e água. Lima (1996) determinou perdas de solo e água durante quatro anos em Areia Quartzosa cultivada com *Eucalyptus grandis*. De acordo com o autor, as perdas para o primeiro ano foram de 1,0 a 6,5 Mg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> e, para o quarto ano, de 0,01 a 0,14 Mg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>. Martins et al. (2003) observaram que as perdas de solo e água nas áreas com eucalipto variaram de 0,21 a 3,20 Mg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> e foram muito aquém dos limites de tolerância de perdas de solo calculados para os solos da região, que são de 10, 13 e 11 Mg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, para Argissolo Amarelo textura média/argilosa, Plintossolo háplico e Argissolo Amarelo moderadamente rochoso, respectivamente. Brito et al. (2005), analisando diferentes sistemas de manejo, verificaram perdas de solo que variaram de 0,011 a 1,770 Mg ha<sup>-1</sup> período<sup>-1</sup>. Considerando somente os sistemas com eucalipto, as perdas de solo variaram entre 0,53 e 1,03% da tolerância admissível.

Outro aspecto de grande relevância são as perdas de nutrientes pela erosão hídrica, considerado um dos principais fatores determinantes do



empobrecimento dos solos e da redução da produtividade da maioria das culturas, com conseqüentes aumentos em seu custo de produção e na contaminação ambiental (Schick et al., 2000).

Em sistemas conservacionistas, como, por exemplo, o cultivo mínimo da cultura do eucalipto, a cobertura superficial proporcionada ao solo é bem mais eficiente do que nos cultivos convencionais. Dessa forma, as perdas de solo e água neste tipo de manejo são reduzidas, influenciando diretamente a diminuição das perdas de nutrientes por erosão hídrica (Gonçalves et al., 2002).

De acordo com Franco et al. (2002) e Gonçalves (2002), o controle de erosão hídrica oferecida por espécies arbóreas é obtido devido aos efeitos de redução no impacto da gota de chuva no solo, ao aumento de infiltração de água, à manutenção do teor de matéria orgânica e ao efeito agregador nas partículas do solo. Além disso, a vegetação e os resíduos vegetais funcionam como obstáculos ao caminhamento de excedentes hídricos, reduzindo a velocidade da enxurrada e aumentando a infiltração de água no solo. Todos estes fatores concorrem para reduzir o escoamento superficial de água e, conseqüentemente, as perdas de solo, água e nutrientes (Martins, 2005).

Dessa forma, o presente trabalho objetivou avaliar: a) perdas de solo, água, nutrientes e carbono orgânico, em diferentes sistemas de florestas plantadas de eucalipto em relação a sistemas de referência (floresta nativa), (pastagem plantada) e referencial de máxima perda de solo (solo descoberto), nos municípios de Belo Oriente e Guanhães, situados no Vale do Rio Doce, região Centro-Leste do estado de Minas Gerais e b) relações entre perdas de solo e potencial erosivo da chuva, estabelecendo a primeira aproximação da erodibilidade dos Latossolos Vermelho Amarelo Distrófico típico e Vermelho Distrófico típico.

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 Localização da área experimental

O estudo foi realizado em áreas de plantios comerciais de eucalipto, localizadas nos municípios de Belo Oriente (coordenadas 19°13'12 latitude Sul e 42°29'01 de longitude Oeste) e Guanhães (coordenadas 18°46'30 latitude Sul e 42°55'57 de longitude Oeste), situados no Vale do Rio Doce, região Centro-Leste do estado de Minas Gerais (Figura 1).

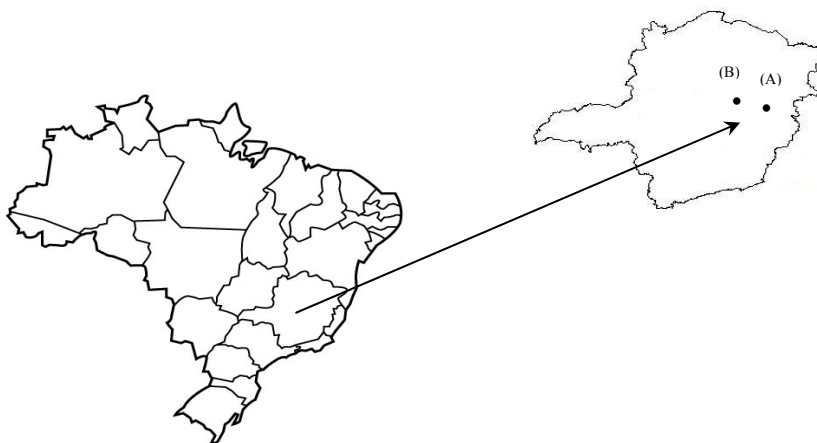


FIGURA 1 Localização das áreas de estudo nos municípios de Belo Oriente (A) e Guanhães (B), MG.

### 4.2 Clima

O clima da região de Belo Oriente é Aw, tropical com inverno seco e estação chuvosa no verão, segundo classificação de Köppen, com temperatura média variando entre 22°C e 27°C, sendo a máxima de 32°C e a mínima de 18°C. A precipitação média anual varia de 701 a 1.500 mm e altitude média de 300 m.

O clima da região de Guanhães é Cwa, inverno seco e verão chuvoso, segundo classificação de Köppen, com temperatura média variando entre 18°C a 22°C. A precipitação pluviométrica média anual é de 1.180,8 mm e altitude média de 850 m.

#### **4.3 Solo**

Na região de Belo Oriente, a formação geológica é o embasamento Granito-Gnaíssico, período Pré-Cambriano e o material de origem são alterações de gnaisses. O solo da área em estudo foi classificado como Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico, textura muito argilosa (LVA) (Cenibra, 2001). A descrição morfológica e os resultados de análise química e física do perfil descrito encontram-se em anexo (Perfil 1A e Tabelas 1A, 2A e 3A).

Na região de Guanhães, a mineralogia do solo apresenta características de caulinitico-oxidico, mesoférrico, substrato gnaisse e granito-gnaisse. O solo da área em estudo foi classificado como Latossolo Vermelho Distrófico típico textura muito argilosa, A proeminente, álico (LVd) (Cenibra, 2001). A descrição morfológica e os resultados de análise química e mineralógica do perfil descrito encontram-se em anexo (Perfil 2A e Tabelas 4A, 5A E 6A).

#### **4.4 Histórico de uso e manejo da área**

Na região de Belo Oriente o primeiro plantio foi realizado no ano de 1978, utilizando sementes de *Eucalyptus grandis*, realizado em covas abertas manualmente e com manutenção da área pós-plantio por meio de capinas manuais. O segundo e o terceiro plantios foram realizados nos anos de 1985 e 1995, respectivamente. No terceiro plantio utilizou-se o clone 167 EGR, bem como prática de adubação (plantio: nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) e em cobertura: cloreto de potássio (KCl)).

O quarto plantio foi realizado em 6 de maio de 2002, adotando-se o cultivo mínimo e utilizando-se o clone híbrido 129 de *Eucalyptus grandis* com espaçamento de 3,0 x 3,3 m, num total de 1.000 plantas por hectare. As covas foram abertas manualmente com enxada, com dimensões de 30 x 30 x 30 cm. Antes do plantio, foi realizada uma capina química, utilizando Glyphosate (1,5 a 2,0 kg ha<sup>-1</sup>) para controle de plantas daninhas e brotações. A adubação básica no plantio utilizou 90 g de adubo NPK, na formulação 06-30-06, 400 g de fosfato reativo e 1 kg de calcário por planta. Em cobertura, utilizaram-se 300 g de KCl por planta (Pires, 2004).

Na região de Guanhães, o primeiro plantio de *Eucalyptus* foi realizado no ano de 1974, estando, atualmente, no quarto ciclo. No plantio do último ciclo (ano de 2002), realizaram-se aberturas das covas manualmente, com dimensões de 30 x 30 x 30 cm, sem preparo do solo e utilizou-se o clone 1213. A previsão de produção está estimada em 40 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>. A adubação básica no plantio utilizou 90 g de adubo NPK, na formulação 06-30-06, 400 g de fosfato reativo, 300 g de KCl e 1,5% de boro por planta (Brito, 2004).

#### 4.5 Sistemas de manejo

TABELA 1 Caracterização dos sistemas de manejo adotados em florestas plantadas e sistemas de referência, nas regiões de Belo Oriente e Guanhães, MG.

Nº	Sistema de manejo	Símbolo	Descrição
1	Floresta nativa	FN	Sistema de equilíbrio
2	Pastagem plantada	PP	Uso do solo na região
3	Eucalipto em nível sem queima de restos culturais	EN	Plantado em nível
4	Eucalipto no sentido do declive sem queima de restos culturais	EC	Plantado na direção do declive
5	Eucalipto no sentido do declive com queima de restos culturais	ECQ	Plantado na direção do declive
6	Solo descoberto	SD	Situação de máxima perda de solo

O espaçamento de plantio adotado em ambas as regiões para os tratamentos com eucalipto é de 3 m entre plantas na linha e 3,33 m entre plantas na entrelinha. A diferença entre os tratamentos com eucalipto plantado no sentido do declive do terreno e em nível está relacionada com o arranjo de plantio em campo, ou seja, nos sistemas em desnível, a linha de plantio acompanha o sentido da declividade do terreno e, no sistema em nível, a linha de plantio é perpendicular ao sentido do declive (Brito, 2004; Pires, 2004).

#### 4.6 Monitoramento das perdas de solo e água

O monitoramento das perdas de solo e água foi realizado por meio de parcelas experimentais instaladas no campo. As parcelas apresentavam dimensões de 4,0 x 24 m (solo descoberto, floresta e pastagem) e 14 x 24 m (eucalipto) (Figura 2).

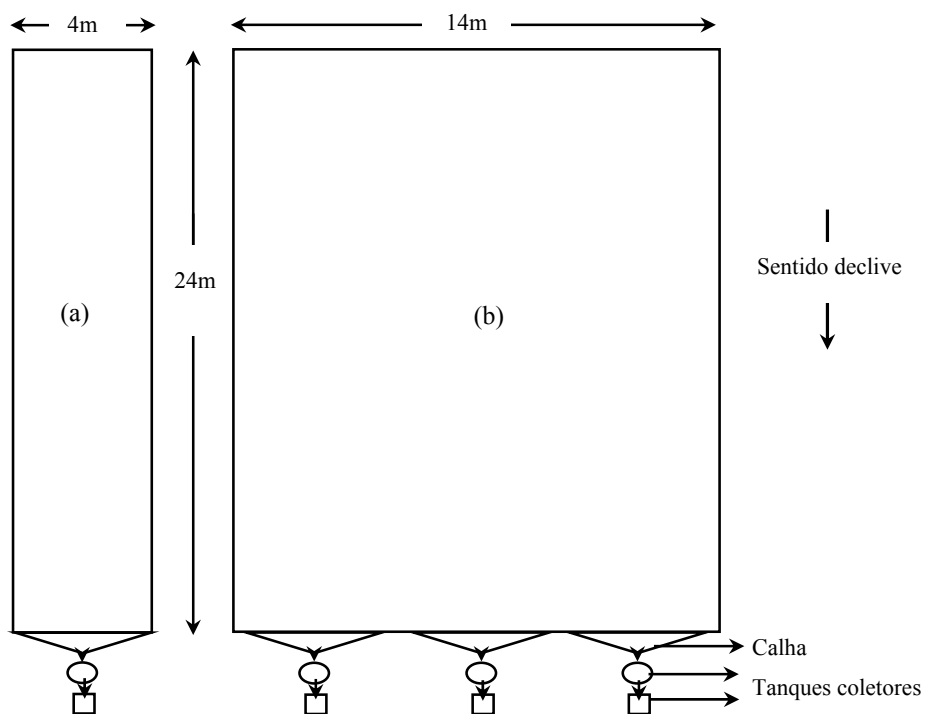


FIGURA 2 Desenho esquemático das parcelas de coleta de água e sedimentos. As parcelas (a) foram instaladas nos sistemas mata nativa, pastagem plantada e solo descoberto, e as parcelas (b) nos sistemas com eucalipto.

As parcelas foram contornadas com chapas galvanizadas com 40 cm de largura, enterradas a uma profundidade de 20 cm. Na parte inferior da parcela foram colocadas calhas coletoras, para conduzirem a enxurrada até os tanques coletores. A estrutura coletora é constituída de um tanque de sedimentação, munido de um divisor do tipo Geib de 15 janelas, e um tanque coletor de água e sedimentos. A partir do sistema divisor tipo Geib, através de uma canaleta, a água e sedimentos correspondentes à vazão de uma janela foram conduzidos para o tanque coletor. Assim, após o enchimento do tanque de sedimentação, 1/15 de água da enxurrada é conduzida ao segundo tanque e o restante (14/15) retorna ao ambiente. Dentro do tanque de sedimentação foi colocado um recipiente calibrado e codificado para a coleta de sedimentos.

A amostragem e a quantificação das perdas de solo e água foram realizadas para cada evento de chuva considerada erosiva, segundo metodologia descrita em Cogo (1978a, b).

O potencial de arraste de sedimentos (PAS) corresponde às perdas de solo, em  $\text{Mg ha}^{-1}$ , pelas perdas de água em mm e seu índice é obtido a partir da divisão de ambos.

#### 4.7 Localização geográfica das parcelas experimentais

TABELA 2 Localização das parcelas experimentais de perdas de solo e água com diferentes sistemas de manejo e a estação pluviométrica em Belo Oriente e Guanhães, MG.

Nº	Sistemas	Coordenadas		Distância *	Declividade
		UTM 23K SAD 69		km	%
<u>Belo Oriente</u>					
1	FN	7869089N	771974E	5,48	42,4
2	PP	7867827N	776104E	4,15	24,9
3	EN	7851910N	772622E	4,61	34,4
4	EC	7868522N	772842E	4,61	30,6
5	ECQ	7868491N	772900E	4,61	36,4
6	SD	7868272N	775176E	4,27	32,5
Est. Pluviométrica		7864101N	774237E	-	-
<u>Guanhães</u>					
1	FN	7939341N	715580E	5,85	26,8
2	PP	7936481N	714540E	5,01	19,4
3	EN	7939994N	714894E	6,79	17,6
4	EC	7939996N	714919E	6,77	17,6
5	ECQ	7939988N	714869E	6,80	17,6
6	SD	7939987N	714842E	6,82	17,6
Est. Pluviométrica		7934827N	719267E	-	-

\* Distância das parcelas experimentais de perdas de solo e água em relação à estação pluviométrica.



#### **4.8 Coleta e análise dos nutrientes e carbono orgânico**

Para quantificar as perdas de solo, água, nutrientes e carbono orgânico, amostras de enxurrada e sedimentos foram retiradas dos tanques de coleta, segundo metodologia descrita por Cogo (1978a). Após agitação da suspensão, foram retiradas três alíquotas de volume predeterminado, as quais foram transferidas para o laboratório e submetidas à decantação. O material decantado foi seco em estufa a 105°C. No sedimento, foram determinados os teores de P extraível, K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup> e Mg<sup>2+</sup> trocáveis e carbono orgânico.

A taxa de enriquecimento no sedimento (TES) foi calculada dividindo-se a concentração de cada elemento no sedimento de enxurrada pela concentração dos elementos no solo original. Valores da TES maiores que um indicam haver enriquecimento dos nutrientes no sedimento em relação aos teores de nutrientes no solo estudado. Valores menores que um indicam ausência de enriquecimento.

#### **4.9 Estimativa do fator erodibilidade**

Na determinação da erodibilidade, foram estabelecidas relações entre os parâmetros de erosividade da chuva (x) e as respectivas perdas de solo (y), por meio de regressões lineares ( $y = a + bx$ ), utilizando-se valores mensais para fazer as relações.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Perdas de solo e água em diferentes sistemas de manejo

As perdas de solo totais anuais, média anuais, para o Latossolo Vermelho Amarelo (LVA) e Latossolo Vermelho (LV), podem ser observadas nas Tabelas 3 e 4, respectivamente.

No período de estudo, para os diferentes sistemas de manejo, as perdas médias anuais variaram de 0,05 a 27,65 Mg ha<sup>-1</sup> no LVA e 0,01 a 8,47 Mg ha<sup>-1</sup> no LV. Nesta amplitude, as seqüências de perdas observadas entre os sistemas de manejo foram: FN < EN < PP < EC < ECQ < SD, para o Latossolo Vermelho Amarelo e FN < EN < ECQ < EC < PP < SD Latossolo Vermelho.

Estes resultados evidenciam a eficiência da FN em proteger o solo contra o impacto direto da gota de chuva, mesmo encontrando-se em condição de maior declividade (Tabela 2). Por outro lado, a exposição do solo no tratamento SD favorece a erosão hídrica.

Analisando-se os sistemas de manejo da cultura do eucalipto, observa-se que as perdas médias anuais de solo variaram de 0,09 a 0,75 Mg ha<sup>-1</sup> e 0,05 a 0,06 Mg ha<sup>-1</sup>, para LVA e LV, respectivamente. Entre os sistemas, as maiores perdas foram observadas para o sistema ECQ no LVA e EC no LV, evidenciando o efeito negativo das queimadas nas propriedades do solo e das práticas de cultivo no sentido do declive (Bertoni & Lombardi Neto, 1999; Gonçalves & Stape, 2002; Santos et al., 1992). No entanto, observa-se o efeito positivo do eucalipto plantado em nível, apresentando valores próximos à floresta nativa.

De acordo com Silva et al. (2002), os valores obtidos de perdas de solo estão muito abaixo do limite de tolerância admissíveis para as classes de solos

da região, que são, em média, de 7,0 e 11,0 Mg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, para Latossolo Vermelho Amarelo e Latossolo Vermelho, referente a ambas as regiões.

Nestes sistemas, Lima (1996) determinou perdas de solo e água, durante quatro anos, em Areia Quartzosa cultivada com *Eucalyptus grandis*. De acordo com o autor, as perdas para o primeiro ano foram de 1,0 a 6,5 Mg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> e, para o quarto ano, de 0,01 a 0,14 Mg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>. Martins et al. (2003), nos primeiros quatro anos de instalação da cultura do eucalipto, observaram perdas variando de 0,21 a 3,20 Mg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, consideradas bem abaixo dos limites de tolerância calculados para a região dos Tabuleiros Costeiros, ES. Brito et al. (2005), analisando diferentes sistemas de manejo num Latossolo Vermelho muito argiloso, verificaram perdas de solo que variaram de 0,01 a 1,77 Mg ha<sup>-1</sup>. Considerando somente os sistemas com eucalipto, as perdas de solo variaram entre 0,53% e 1,03% da tolerância admissível.

Wichert (2005), avaliando o efeito de diferentes métodos de preparo nas perdas de solo e água por erosão hídrica em áreas de *Eucalyptus*, observou perdas de solo 2,40 a 12,96 Mg ha<sup>-1</sup>.

Em relação às perdas de água, para os diferentes sistemas de manejo, as perdas médias anuais variaram de 4,71 a 19,66 mm no LVA, enquanto, no LV, variaram de 0,57 a 6,02 mm (Tabelas 5 e 6). Entre os sistemas de manejo adotados na cultura do eucalipto, observam-se perdas médias anuais variando de 14,52 a 19,66 mm e 2,27 a 2,94 mm para LVA e LV, respectivamente. As maiores perdas foram verificadas para o sistema ECQ no LVA e EC no LV.

No entanto, os resultados para os demais sistemas diferiram, em parte, em relação aos observados para as perdas de solo, visto que, no solo LVA, a PP apresentou menor perda de água que os sistemas EN, EC e ECQ, apesar da maior perda de solo em relação ao EN, enquanto que, no solo LV, a PP apresentou menor perda de água que os sistemas EC e ECQ, apesar da maior perda de solo em relação ao EN. Em síntese, os valores obtidos para estes

atributos não são considerados críticos, o que pode estar relacionado aos baixos valores de perdas de solo e água para todos os sistemas em relação à tolerância de perdas estabelecida para estas classes de solos na região, na ordem de 7 e 11 Mg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, para LV e LVA, respectivamente (Silva et al., 2002).

Considerando os valores médios anuais, em termos percentuais, as perdas de água nos sistemas de manejo com eucalipto, considerando neste caso, sistemas de manejo conservacionista (eucalipto plantado em nível sem queima de restos culturais e sentido declive sem queima de restos culturais) e convencional (eucalipto plantado no sentido do declive com queima de restos culturais), foram de 1,29% e 1,23% para o LVA e 0,33% e 0,28% para o LV, respectivamente, correspondendo a precipitação acumulada no período de estudo, que foi da ordem de 1.138,2 e 1.052,6 mm, para as regiões de Belo Oriente e Guanhães, respectivamente (Tabela 7). Valores semelhantes a estes foram verificados em área com plantios comerciais de eucalipto por Martins et al. (2003) e Martins (2005), na ordem de 2,3% a 4,3%. Segundo os mesmos autores, em determinados meses, estes valores podem atingir até 8,7% da precipitação mensal.

Da mesma forma, Wichert (2005) observou perdas percentuais de água variando entre 1,46% a 5,44% na fase de desenvolvimento inicial do *Eucalyptus* em um Argissolo Vermelho-Amarelo submetido a diferentes métodos de preparo.

TABELA 3 Valores de perdas de solo em Latossolo Vermelho Amarelo para cada sistema de manejo estudado na região de Belo Oriente, MG.

Ano	Meses	P. Pluv. <sup>(1)</sup> mm	Perda de solo					
			FN <sup>(2)</sup>	PP <sup>(3)</sup>	EN <sup>(4)</sup>	EC <sup>(5)</sup>	ECQ <sup>(6)</sup>	SD <sup>(7)</sup>
			Mg ha <sup>-1</sup> período <sup>-1</sup>					
2002	Out.	40,4	0,0000	0,0860	0,0020	0,0050	0,0140	0,0090
	Nov.	221,5	0,0060	0,0120	0,0050	0,0060	0,0120	3,4620
	Dez.	313,9	0,0060	0,0070	0,0040	0,0030	0,0050	0,8180
	Total Anual	575,8	0,0120	0,1050	0,0110	0,0140	0,0310	4,2890
2003	Jan.	377,2	0,0780	0,0950	0,0180	0,0710	0,4330	2,8910
	Fev.	26,2	0,0010	0,0000	0,0000	0,0010	0,0020	0,0010
	Mar.	93,0	0,0000	0,0000	0,0010	0,0050	0,0440	0,1030
	Abr.	63,5	0,0220	0,0000	0,0060	0,0060	0,0460	0,3840
	Mai.	10,2	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Jun.	0,8	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0040	0,0310
	Jul.	3,6	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Ago.	19,8	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0040	0,0310
	Set.	21,3	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Out.	101,1	0,0020	0,0020	0,0040	0,0040	0,0130	0,1920
	Nov.	28,7	0,0020	0,0000	0,0030	0,0030	0,0180	0,2140
	Dez.	148,6	0,0020	0,0010	0,0080	0,1110	0,0230	1,0480
Total Anual	894,0	0,1070	0,0980	0,0400	0,2010	0,5870	4,8950	
2004	Jan.	282,7	0,0028	0,0104	0,1832	0,1514	2,0488	30,2053
	Fev.	257,0	0,0028	0,0037	0,0147	0,0200	0,0949	1,0229
	Mar.	152,7	0,0086	0,0140	0,0336	0,0627	0,1105	16,8897
	Abr.	146,1	0,0019	0,0051	0,0102	0,0040	0,0047	0,5238
	Mai.	35,6	0,0001	0,0001	0,0003	0,0001	0,0002	0,0277
	Jun.	45,5	0,0063	0,0004	0,0025	0,0130	0,0042	1,0815
	Jul.	45,7	0,0006	0,0000	0,0003	0,0002	0,0006	0,0497
	Ago.	2,3	0,0000	0,0000	0,0001	0,0018	0,0003	0,0192
	Set.	0,0	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Out.	32,8	0,0001	0,0002	0,0001	0,0001	0,0001	0,0004
	Nov.	6,1	0,0012	0,0017	0,0004	0,0008	0,0010	0,1411
	Dez.	479,2	0,0117	0,0750	0,0125	0,0395	0,0252	11,0089
Total Anual	1.485,7	0,0361	0,1106	0,2579	0,2936	2,2905	60,9702	
2005	Jan.	231,6	0,0074	0,0115	0,0254	0,0364	0,0259	1,4633
	Fev.	600,7	0,0160	0,1326	0,0175	0,0541	0,0452	36,0014
	Mar.	170,7	0,0084	0,0567	0,0091	0,0380	0,0273	0,7328
	Abr.	74,4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Mai.	68,1	0,0001	0,0008	0,0005	0,0009	0,0008	0,0065
	Jun.	25,7	0,0023	0,0024	0,0009	0,0012	0,0016	0,2718
	Jul.	3,3	0,0002	0,0004	0,0006	0,0003	0,0005	0,0015
	Ago.	8,4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Set.	59,7	0,0008	0,0020	0,0026	0,0012	0,0023	0,2315
	Out.	40,4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Nov.	-	0,0024	0,0036	0,0036	0,0067	0,0034	1,1521
	Dez.	314,16	0,0035	0,0058	0,0024	0,0016	0,0025	0,6006
Total Anual	1.597,2	0,0411	0,2158	0,0626	0,1404	0,1095	40,4615	
Média	1.138,2	0,0491	0,1324	0,0929	0,1623	0,7545	27,6539	

<sup>(1)</sup> Precipitação pluviométrica; <sup>(2)</sup> floresta nativa; <sup>(3)</sup> pastagem plantada; <sup>(4)</sup> eucalipto plantado em nível; <sup>(5)</sup> eucalipto convencional; <sup>(6)</sup> Eucalipto convencional com queima de restos culturais; <sup>(7)</sup> solo descoberto.

TABELA 4 Valores de perdas de solo em Latossolo Vermelho para cada sistema de manejo estudado na região de Guanhães, MG.

Ano	Meses	P. Pluv. <sup>(1)</sup> Mm	Perda de solo					
			FN <sup>(2)</sup>	PP <sup>(3)</sup>	EN <sup>(4)</sup>	EC <sup>(5)</sup>	ECQ <sup>(6)</sup>	SD <sup>(7)</sup>
			----- Mg ha <sup>-1</sup> período <sup>-1</sup> -----					
2002	Out.	51,6	0,0000	0,0000	0,0013	0,0039	0,0067	0,0018
	Nov.	151,6	0,0000	0,0101	0,0002	0,0000	0,0000	0,0045
	Dez.	320,0	0,0010	0,0026	0,0002	0,0015	0,0015	0,0023
Total Anual		523,2	0,0010	0,0127	0,0017	0,0054	0,0082	0,0086
2003	Jan.	268,5	0,0011	0,0109	0,0995	0,0832	0,0353	0,2904
	Fev.	37,8	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Mar.	103,1	0,0000	0,0000	0,0024	0,0005	0,0025	0,0111
	Abr.	36,6	0,0083	0,0007	0,0012	0,0002	0,0011	0,0014
	Mai.	9,1	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Jun.	0,3	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Jul.	2,3	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Ago.	25,2	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Set.	14,0	0,0001	0,0003	0,0001	0,0003	0,0002	0,0003
	Out.	129,8	0,0001	0,0046	0,0009	0,0017	0,0014	0,0005
	Nov.	159,3	0,0000	0,0002	0,0001	0,0011	0,0004	0,0007
	Dez.	293,6	0,0000	0,3829	0,0098	0,0055	0,0137	1,4568
Total Anual		1.079,5	0,0096	0,3996	0,1140	0,0925	0,0546	1,7612
2004	Jan.	186,4	0,0001	3,7061	0,0205	0,0050	0,0046	0,5197
	Fev.	222,5	0,0000	0,0187	0,0038	0,0047	0,0003	0,0553
	Mar.	119,6	0,0000	0,0174	0,0054	0,0132	0,0014	9,5085
	Abr.	137,7	0,0360	0,0360	0,0015	0,0006	0,0002	0,0042
	Mai.	9,4	0,0001	0,0017	0,0022	0,0067	0,0005	9,0424
	Jun.	9,9	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Jul.	45,2	0,0000	0,0258	0,0211	0,3956	0,0075	1,8267
	Ago.	0,5	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Set.	0,0	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Out.	26,2	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Nov.	61,7	0,0000	0,0000	0,0015	0,0022	0,0007	0,0000
	Dez.	407,9	0,0004	0,3042	0,0028	0,0044	0,0053	8,2318
Total Anual		1.227,0	0,0366	4,1099	0,0588	0,4324	0,0205	29,1886
2005	Jan.	312,9	0,0008	0,1959	0,0064	0,0026	0,0037	0,8816
	Fev.	237,5	0,0000	0,2376	0,0006	0,0010	0,0001	0,0860
	Mar.	159,8	0,0003	0,9706	0,0111	0,0194	0,1393	1,9427
	Abr.	37,3	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Mai.	30,2	0,0000	0,0076	0,0010	0,0030	0,0001	0,0094
	Jun.	15,5	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Jul.	6,6	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Ago.	9,1	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Set.	26,7	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Out.	77,7	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Nov.	253,2	0,0008	0,0059	0,0081	0,0049	0,0024	0,0134
	Dez.	214,1	0,0000	0,0030	0,0025	0,0020	0,0030	0,0001
Total Anual		1.380,6	0,0019	1,4206	0,0297	0,0329	0,1486	2,9332
Média		1.052,6	0,0123	1,4857	0,0511	0,1408	0,0580	8,4729

<sup>(1)</sup> Precipitação pluviométrica; <sup>(2)</sup> floresta nativa; <sup>(3)</sup> pastagem plantada; <sup>(4)</sup> eucalipto plantado em nível; <sup>(5)</sup> eucalipto convencional; <sup>(6)</sup> Eucalipto convencional com queima de restos culturais; <sup>(7)</sup> solo descoberto.

TABELA 5 Valores de perdas de água em Latossolo Vermelho Amarelo para cada sistema de manejo estudado na região de Belo Oriente, MG.

Ano	Meses	P. Pluv. <sup>(1)</sup> mm	Perda de água					
			FN <sup>(2)</sup>	PP <sup>(3)</sup>	EN <sup>(4)</sup>	EC <sup>(5)</sup>	ECQ <sup>(6)</sup>	SD <sup>(7)</sup>
			----- mm período <sup>-1</sup> -----					
2002	Out.	40,4	0,0000	1,6590	0,4850	1,4560	1,2440	0,1950
	Nov.	221,5	1,8730	2,7750	6,5730	5,6360	7,4210	9,0450
	Dez.	313,9	1,8730	0,6240	3,7690	3,1160	4,6480	6,7030
Total Anual		575,8	3,7460	5,0580	10,8270	10,2080	13,3130	15,9430
2003	Jan.	377,2	7,8560	14,3720	29,0030	31,2190	34,1730	16,7240
	Fev.	26,2	0,5320	0,1040	0,5550	0,8660	1,2190	0,1610
	Mar.	93,0	1,4570	0,4860	3,0010	3,0280	7,5690	3,0450
	Abr.	63,5	0,5180	0,5320	1,2350	1,3440	4,0530	3,5230
	Mai.	10,2	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0350
	Jun.	0,8	0,1550	0,0170	0,3630	0,3970	0,5350	0,0350
	Jul.	3,6	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0350
	Ago.	19,8	0,1730	0,1610	0,5660	0,4720	0,9680	1,3160
	Set.	21,3	0,0630	0,0630	0,1090	0,1610	0,1900	0,0350
	Out.	101,1	0,9820	1,0510	3,2940	3,0910	5,0530	5,3700
	Nov.	28,7	0,6410	0,6990	2,0680	2,1490	3,1900	4,1300
	Dez.	148,6	2,3990	1,5320	5,9070	5,2120	6,8550	9,2940
Total Anual		894,0	14,7760	19,0170	46,1010	47,9390	63,8050	43,7030
2004	Jan.	282,7	0,0215	0,0340	0,1197	0,1188	0,1781	0,1240
	Fev.	257,0	0,0194	0,0264	0,0890	0,0895	0,1362	0,1157
	Mar.	152,7	0,0340	0,0475	0,1326	0,1414	0,1987	0,1372
	Abr.	146,1	0,0175	0,0257	0,0640	0,0590	0,0548	0,0589
	Mai.	35,6	0,0008	0,0020	0,0063	0,0042	0,0073	0,0284
	Jun.	45,5	0,0103	0,0052	0,0277	0,0291	0,0347	0,0795
	Jul.	45,7	0,0035	0,0002	0,0077	0,0069	0,0096	0,0301
	Ago.	2,3	0,0020	0,0015	0,0070	0,0076	0,0081	0,0033
	Set.	0,0	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Out.	32,8	0,0009	0,0011	0,0028	0,0032	0,0020	0,0003
	Nov.	6,1	0,0080	0,0076	0,0165	0,0167	0,0240	0,0446
	Dez.	479,2	0,0652	0,0828	0,1739	0,1904	0,2358	0,1489
Total Anual		1.485,7	0,1831	0,2340	0,6472	0,6668	0,8893	0,7709
2005	Jan.	231,6	0,0210	0,0287	0,0872	0,0950	0,1155	0,1511
	Fev.	600,7	0,0451	0,0899	0,1154	0,1267	0,1627	0,1280
	Mar.	170,7	0,0221	0,0561	0,0863	0,0899	0,1103	0,1167
	Abr.	74,4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Mai.	68,1	0,0056	0,0035	0,0120	0,0113	0,0160	0,0062
	Jun.	25,7	0,0076	0,0062	0,0206	0,0193	0,0284	0,0435
	Jul.	3,3	0,0009	0,0012	0,0054	0,0045	0,0058	0,0020
	Ago.	8,4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Set.	59,7	0,0090	0,0062	0,0160	0,0208	0,0278	0,0490
	Out.	40,4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Nov.	-	0,0409	0,0243	0,1138	0,1081	0,1215	0,1341
	Dez.	314,16	0,0214	0,0316	0,0571	0,0537	0,0601	0,0971
Total Anual		1.597,2	0,1736	0,2477	0,5138	0,5293	0,6481	0,7277
Média		1.138,2	4,7197	6,1392	14,5223	14,8358	19,6639	15,2862

<sup>(1)</sup> Precipitação pluviométrica; <sup>(2)</sup> floresta nativa; <sup>(3)</sup> pastagem plantada; <sup>(4)</sup> eucalipto plantado em nível; <sup>(5)</sup> eucalipto convencional; <sup>(6)</sup> Eucalipto convencional com queima de restos culturais; <sup>(7)</sup> solo descoberto.

TABELA 6 Valores de perdas de água em Latossolo Vermelho para cada sistema de manejo estudado na região de Guanhães, MG.

Ano	Meses	P. Pluv. <sup>(1)</sup>	Perda de água					
			FN <sup>(2)</sup>	PP <sup>(3)</sup>	EN <sup>(4)</sup>	EC <sup>(5)</sup>	ECQ <sup>(6)</sup>	SD <sup>(7)</sup>
		Mm	mm período <sup>-1</sup>					
2002	Out.	51,6	0,0000	0,0000	0,1343	0,5577	0,3305	0,2169
	Nov.	151,6	0,0001	0,1321	0,0175	0,0046	0,0055	0,0976
	Dez.	320,0	0,7228	0,8672	0,2340	0,3475	0,9138	0,4337
Total Anual		523,2	523,2	0,9993	0,3858	0,9098	1,2498	0,7482
2003	Jan.	268,5	0,4936	3,6857	6,0505	13,3955	8,2892	13,3735
	Fev.	37,8	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Mar.	103,1	0,1380	0,0000	0,4078	0,5953	0,3954	1,5181
	Abr.	36,6	0,6496	0,5060	0,3423	0,3305	0,2132	0,5060
	Mai.	9,1	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Jun.	0,3	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Jul.	2,3	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Ago.	25,2	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Set.	14,0	0,0360	0,1980	0,0977	0,1509	0,0857	0,1440
	Out.	129,8	0,1620	1,3008	0,4630	0,7642	0,3923	0,0600
	Nov.	159,3	0,0000	0,0420	0,0943	0,2804	0,0754	0,1620
	Dez.	293,6	0,0420	2,4947	0,7796	1,3219	0,7642	7,1476
Total Anual		1079,5	1079,5	8,2272	8,2352	16,8387	10,2154	22,9112
2004	Jan.	186,4	0,0011	0,0451	0,0518	0,0483	0,0274	0,0336
	Fev.	222,5	0,0000	0,0111	0,0170	0,0257	0,0106	0,0124
	Mar.	119,6	0,0006	0,0118	0,0187	0,0140	0,0125	0,0267
	Abr.	137,7	0,0284	0,0284	0,0118	0,0118	0,0054	0,0017
	Mai.	9,4	0,0009	0,0083	0,0179	0,0270	0,0139	0,0263
	Jun.	9,9	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Jul.	45,2	0,0000	0,0055	0,0260	0,0314	0,0156	0,0590
	Ago.	0,5	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Set.	0,0	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Out.	26,2	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Nov.	61,7	0,0000	0,0000	0,0136	0,0291	0,0074	0,0000
	Dez.	407,9	0,0024	0,0331	0,0506	0,1069	0,0511	0,0650
Total Anual		1.227,0	0,0334	0,1433	0,2074	0,2942	0,1439	0,2247
2005	Jan.	312,9	0,0090	0,0324	0,0520	0,0829	0,0388	0,0559
	Fev.	237,5	0,0006	0,0360	0,0212	0,0396	0,0007	0,0319
	Mar.	159,8	0,0056	0,0436	0,0703	0,1021	0,0776	0,0845
	Abr.	37,3	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Mai.	30,2	0,0003	0,0035	0,0072	0,0166	0,0003	0,0069
	Jun.	15,5	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Jul.	6,6	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Ago.	9,1	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Set.	26,7	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Out.	77,7	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Nov.	253,2	0,0028	0,0125	0,0640	0,0812	0,0115	0,0215
	Dez.	214,1	0,0007	0,0291	0,0420	0,0632	0,0177	0,0017
Total Anual		1.380,6	0,019	0,1571	0,2567	0,3856	0,1466	0,2024
Média		1.052,6	0,5741	2,3817	2,2713	4,6071	2,9389	6,0216

<sup>(1)</sup> Precipitação pluviométrica; <sup>(2)</sup> floresta nativa; <sup>(3)</sup> pastagem plantada; <sup>(4)</sup> eucalipto plantado em nível; <sup>(5)</sup> eucalipto convencional; <sup>(6)</sup> Eucalipto convencional com queima de restos culturais; <sup>(7)</sup> solo descoberto.



TABELA 7 Valores médios de perdas de água para floresta, pastagem, eucalipto e solo descoberto, nas condições de estudo.

Região	Ano	P. pluvi. <sup>(1)</sup>	Floresta <sup>(2)</sup>		Pastagem <sup>(3)</sup>		Eucalipto <sup>(4)</sup>				Solo descoberto <sup>(5)</sup>	
			mm	%	mm	%	Conserv. <sup>(a)</sup>		Conv. <sup>(b)</sup>		mm	%
							mm	%	mm	%		
Belo Oriente	2002	575,8	3,75	0,65	5,06	0,88	10,52	1,83	13,31	2,31	15,94	2,77
	2003	894,0	14,78	1,65	19,02	2,13	47,02	5,26	63,81	7,14	43,70	4,89
	2004	1485,7	0,18	0,01	0,23	0,02	0,66	0,04	0,89	0,06	0,77	0,05
	2005	1597,2	0,17	0,01	0,25	0,02	0,52	0,03	0,65	0,04	0,73	0,05
	Média	1138,2	4,72	0,41	6,14	0,54	14,68	1,29	19,66	1,73	15,29	1,34
Guanhães	2002	523,2	0,72	0,14	1,00	0,19	0,65	0,12	1,25	0,24	0,75	0,14
	2003	1.079,5	1,52	0,14	8,23	0,76	12,54	1,16	10,22	0,95	22,91	2,12
	2004	1.227,0	0,03	0,00	0,14	0,01	0,25	0,02	0,14	0,01	0,22	0,02
	2005	1.380,6	0,02	0,00	0,16	0,01	0,32	0,02	0,15	0,01	0,20	0,01
	Média	1.052,6	0,57	0,05	2,38	0,23	3,44	0,33	2,94	0,28	6,02	0,57

<sup>(1)</sup> precipitação pluviométrica; <sup>(2)</sup> floresta nativa; <sup>(3)</sup> pastagem plantada; <sup>(4)(a)</sup> eucalipto conservacionista (em nível sem queima de restos culturais e sentido declive sem queima de restos culturais); <sup>(4)(b)</sup> eucalipto convencional (sentido do declive com queima de restos culturais); <sup>(5)</sup> solo descoberto.

## 5.2 Potencial de arraste do sedimento (PAS)

Pelos dados da Tabela 8 observa-se o potencial de arraste de sedimentos (PAS), que corresponde às perdas de solo, por mm de água da enxurrada. Entre os sistemas de manejo estudado, verifica-se que, em condição de solo descoberto, os valores foram bem elevados, principalmente no LVA. Em relação aos demais sistemas, os valores foram bem inferiores, considerando, neste caso, a cobertura vegetal proporcionada pelas espécies vegetais.

Os valores encontrados foram 10,4, 18,6 e 1.809,2 kg ha<sup>-1</sup> mm<sup>-1</sup>, para o LVA e 21,3, 24,3 e 1.406,9 kg ha<sup>-1</sup> mm<sup>-1</sup>, para floresta, eucalipto e solo

descoberto. Resultados semelhantes foram obtidos por Brito et al. (2005), Martins (2005), Martins et al. (2003), exceção apenas no solo descoberto que, neste estudo, apresentou valores elevados.

Zhou et al. (2002), em estudo similar, encontraram valores inferiores, na ordem de 0,3, 9,1 e 43,7 kg ha<sup>-1</sup> mm<sup>-1</sup>, para reflorestamento misto, eucalipto e solo descoberto, respectivamente.

TABELA 8 Potencial de arraste de sedimento para cada sistema de manejo, nas regiões de Belo Oriente (a) e Guanhães (b), MG.

Região	Sistema	Perda de solo	Perda de água	PAS
		Kg ha <sup>-1</sup>	mm	Kg ha <sup>-1</sup> mm <sup>-1</sup>
Belo Oriente (LVA)	FN <sup>(1)</sup>	196,20	18,88	10,4
	PP <sup>(2)</sup>	529,40	24,56	21,6
	EN <sup>(3)</sup>	371,50	58,09	6,4
	EC <sup>(4)</sup>	649,00	59,35	10,9
	ECQ <sup>(5)</sup>	3018,00	78,66	38,4
	SD <sup>(6)</sup>	110615,70	61,14	1809,2
Guanhães (LV)	FN <sup>(1)</sup>	49,10	2,30	21,3
	PP <sup>(2)</sup>	5942,80	9,53	623,6
	EN <sup>(3)</sup>	204,20	9,09	22,5
	EC <sup>(4)</sup>	563,20	18,43	30,6
	ECQ <sup>(5)</sup>	231,90	11,76	19,7
	SD <sup>(6)</sup>	33891,60	24,09	1406,9

(<sup>1</sup>) floresta nativa; (<sup>2</sup>) pastagem plantada; (<sup>3</sup>) eucalipto plantado em nível; (<sup>4</sup>) eucalipto convencional; (<sup>5</sup>) eucalipto convencional com queima de restos culturais; (<sup>6</sup>) solo descoberto.

### 5.3 Atributos dos solos e sua relação com a erosão hídrica

Na região de Belo Oriente predominam ambientes de solos profundos, representados por Latossolos geralmente argilosos ou muito argilosos, com teores intermediários de Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> e baixos teores de gibbsita, estrutura

intermediária entre blocos e grânulos, contribuindo, assim, com uma menor porosidade e menor permeabilidade (Tabela 1A). Na região de Guanhões, os Latossolos apresentam maiores teores de gibbsita, aliados a teores intermediários de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , sendo responsável pela estrutura granular deste solo, induzindo a maior porosidade e, conseqüentemente, maior permeabilidade (Tabela 4A).

Duarte et al. (2000), estudando a mineralogia, a química e a micromorfologia de alguns solos de uma microbacia nos Tabuleiros Costeiros do Espírito Santo, observaram que os mesmos apresentaram alta coesão, influenciada, principalmente, pelos altos teores de caulinita e baixos teores de gibbsita, associados a baixos teores de ferro, o que conferiu alta resistência à erosão hídrica, dificultando assim os processos erosivos. Silva et al. (2005), avaliando perdas de solo, água, nutrientes e carbono orgânico em um Cambissolo e um Latossolo Vermelho sob chuva natural, verificaram que, em função dos atributos mineralógicos e químicos de cada solo, as perdas observadas foram bem elevadas no Cambissolo em relação ao Latossolo.

#### **5.4 Relação entre erosividade $\text{EI}_{30}$ e perdas de solo**

A Figura 4 apresenta as regressões lineares obtidas entre a erosividade  $\text{EI}_{30}$  e as perdas de solo. Observa-se que, para uma erosividade de  $5000 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ mês}^{-1}$  no LVA, as perdas de solo superam os limites toleráveis para o solo estudado. Para o LV, a uma erosividade máxima de  $6000 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ mês}^{-1}$ , as perdas de solo ficariam abaixo dos limites toleráveis. Ambas as condições para solo descoberto.

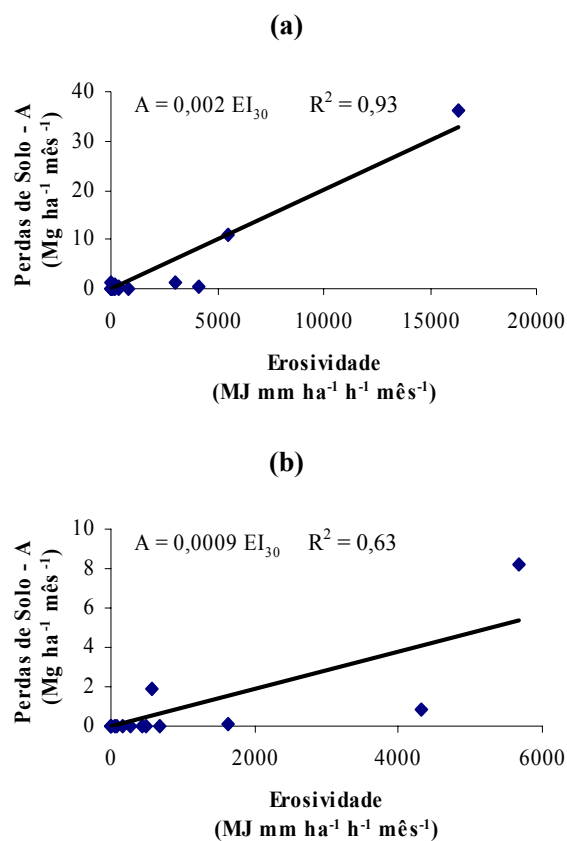


FIGURA 4 Relação entre erosividade  $EI_{30}$  e perdas de solo, para o Latossolo Vermelho Amarelo (a) e Latossolo Vermelho (b).

### 5.5 Estimativa do fator erodibilidade

Na determinação da erodibilidade, foram estabelecidas relações entre os parâmetros de erosividade da chuva (x) e as respectivas perdas de solo (y), por meio de regressões lineares ( $y = a + bx$ ), utilizando-se valores mensais para as relações.

Os modelos lineares  $P=0,0022 EI_{30} - 0,569$  ( $R^2=0,98$ ) para o Latossolo Vermelho Amarelo (LVA) e  $P=0,0005 EI_{30} + 0,1207$  ( $R^2=0,34$ ) para o Latossolo

Vermelho (LV), consideraram valores mensais e foram os modelos que apresentaram os maiores coeficientes de determinação.

Em seguida, os modelos foram ajustados para que as coordenadas iniciais partissem da origem, apresentando-se da seguinte forma:  $P=0,0021 EI_{30}$  ( $R^2=97$ ) e  $P=0,0006 EI_{30}$  ( $R^2=0,33$ ) para LVA e LV, respectivamente. Para determinação da erodibilidade, o coeficiente angular  $b$  de cada equação foi corrigido pelo fator topográfico. O fator topográfico de cada solo foi de 8,79, para o LVA e 3,01, para LV. O coeficiente angular  $b$ , depois de corrigido pelo fator topográfico, permitiu obter os valores de erodibilidade dos solos igual a  $0,0002 \text{ t h MJ}^{-1} \text{ mm}^{-1}$ , para o LVA e LV. Segundo Foster et al. (1981), os valores de erodibilidade obtidos foram classificados como baixos.

Os valores de erodibilidade obtidos estão dentro da faixa dos valores determinados em vários estudos (Denardin, 1990; Silva et al., 1994; Silva et al., 1997).

### **5.6 Concentração de nutrientes na água de enxurrada e taxa de enriquecimento do sedimento**

As concentrações de nutrientes na água de enxurrada, para o LVA e LV, podem ser observadas na Tabela 9.

Observa-se que as concentrações de P na enxurrada apresentaram variações entre sistemas, principalmente no LV. Os maiores valores foram observados na FN, seguido da PP, enquanto os sistemas de eucalipto apresentaram valores bem inferiores, considerando a tendência para ambos os solos. De qualquer forma, as concentrações observadas apresentam valores acima do limite crítico, que é de  $0,02 \text{ mg dm}^{-3}$ , determinantes no processo de aceleração da eutrofização de mananciais (Yoo, 1998). Nesse sentido, os altos valores verificados podem ser devido a vários fatores, como o nutriente

associado à fração orgânica, reações de oxirredução e elevação do pH em função do intervalo de tempo entre a deposição do sedimento na caixa de coleta e as análises do elemento, e em períodos intensos de precipitação e arraste superficial de partículas ricas em P para o curso d'água (Martins, 2005; Seganfredo et al., 1997; Zuliani, 2003).

Para o  $K^+$ , as maiores concentrações do nutriente foram observadas principalmente no LV. O eucalipto apresentou perdas mais elevadas em relação à FN e ao SD no LVA; já para o LV, foi em relação ao SD.

Da mesma forma,  $Ca^{2+}$  e  $Mg^{2+}$  apresentaram maiores concentrações no LVA. Bertol et al. (2005), analisando diferentes preparos do solo sobre as perdas de  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$  e carbono orgânico, observaram que as concentrações de  $Ca^{2+}$  e  $Mg^{2+}$  foram maiores nos sedimentos do que na água da enxurrada superficial, enquanto as perdas totais desses elementos foram maiores na água do que nos sedimentos.

TABELA 9 Concentração média de nutrientes na água de enxurrada para cada sistema de manejo nas regiões de Belo Oriente e Guanhães, MG.

Região	Sistema	Água da enxurrada							
		pH	P	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Fe	Mn
		H <sub>2</sub> O	----- mg dm <sup>-3</sup> -----			- cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -		-- mg dm <sup>-3</sup> --	
Belo Oriente (LVA)	FN <sup>(1)</sup>	7,0	0,30	9	1,1	0,1	0,0	0,2	0,2
	PP <sup>(2)</sup>	7,0	0,18	14	1,3	11,0	1,7	0,2	0,0
	EN <sup>(3)</sup>	7,0	0,07	18	1,6	2,9	0,2	0,3	0,1
	EC <sup>(4)</sup>	7,0	0,11	14	2,0	3,1	0,2	0,6	0,1
	ECQ <sup>(5)</sup>	7,0	0,09	14	2,9	4,7	0,5	0,3	0,2
	SD <sup>(6)</sup>	7,2	0,05	2	0,9	0,1	0,0	0,3	0,1
Guanhães (LV)	FN <sup>(1)</sup>	6,9	2,15	33	8,9	0,2	0,1	1,5	0,3
	PP <sup>(2)</sup>	6,7	0,20	11	2,0	0,1	0,0	5,9	0,3
	EN <sup>(3)</sup>	6,8	0,05	9	2,7	0,1	0,0	1,5	0,4
	EC <sup>(4)</sup>	6,9	0,00	32	15,7	0,1	0,0	1,1	0,7
	ECQ <sup>(5)</sup>	6,8	0,00	8	3,4	0,2	0,1	2,1	0,8
	SD <sup>(6)</sup>	6,4	0,00	7	2,0	0,1	0,0	3,1	0,5

<sup>(1)</sup> floresta nativa; <sup>(2)</sup> pastagem plantada; <sup>(3)</sup> eucalipto plantado em nível; <sup>(4)</sup> eucalipto convencional; <sup>(5)</sup> eucalipto convencional com queima de restos culturais; <sup>(6)</sup> solo descoberto.

Na Tabela 10 observam-se os teores médios de nutrientes e carbono orgânico nos solos LVA e LV, de Belo Oriente e Guanhães, respectivamente.

Para discutir os dados, admitiu-se que o sedimento removido das parcelas pela erosão era aquele da camada de 0 a 20 cm de profundidade e comparou-se a composição química do sedimento erodido com a das parcelas após instalação do experimento.

TABELA 10 Caracterização inicial da fertilidade do solo, para cada sistema de manejo, nas regiões de Belo Oriente e Guanhães, MG.

Região	Sistema	Caracterização inicial do solo				
		P	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	CO
		----- mg dm <sup>-3</sup> -----		----- cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----		-- g kg <sup>-1</sup> --
Belo Oriente (LVA)	FN <sup>(1)</sup>	0,9	56	0,8	0,5	-
	PP <sup>(2)</sup>	1,9	49	0,8	0,5	22
	EN <sup>(3)</sup>	4,4	160	5,0	1,5	34
	EC <sup>(4)</sup>	3,8	136	5,6	1,3	28
	ECQ <sup>(5)</sup>	4,0	77	2,3	1,0	37
	SD <sup>(6)</sup>	0,6	42	0,5	0,3	-
Guanhães (LV)	FN <sup>(1)</sup>	3,1	57	0,5	0,2	4
	PP <sup>(2)</sup>	1,4	46	0,3	0,2	3
	EN <sup>(3)</sup>	3,1	40	0,9	0,3	3
	EC <sup>(4)</sup>	3,8	51	0,9	0,4	3
	ECQ <sup>(5)</sup>	3,7	37	1,5	0,3	3
	SD <sup>(6)</sup>	2,8	39	0,8	0,2	3

(<sup>1</sup>) floresta nativa; (<sup>2</sup>) pastagem plantada; (<sup>3</sup>) eucalipto plantado em nível; (<sup>4</sup>) eucalipto convencional; (<sup>5</sup>) eucalipto convencional com queima de restos culturais; (<sup>6</sup>) solo descoberto.

As concentrações médias de nutrientes e carbono orgânico no sedimento da enxurrada encontram-se na Tabela 11.

Analisando-se as concentrações de cada nutriente no sedimento, observa-se que as de P, K<sup>+</sup> e Mg<sup>+2</sup> foram mais elevadas, em todos os sistemas, para os dois solos estudados, exceção do Ca<sup>+2</sup> que apresentou níveis elevados apenas no LV.



TABELA 11 Concentração média de nutrientes e carbono orgânico no sedimento de enxurrada para cada sistema de manejo nas regiões de Belo Oriente e Guanhães, MG.

Região	Sistema	Sedimento de enxurrada					
		pH	P	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	CO
		H <sub>2</sub> O	----- mg dm <sup>-3</sup> -----		- cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -		g kg <sup>-1</sup>
Belo Oriente (LVA)	FN <sup>(1)</sup>	5,1	1,0	42	0,6	0,5	7
	PP <sup>(2)</sup>	5,5	0,7	72	1,5	0,4	10
	EN <sup>(3)</sup>	7,1	6,5	66	4,5	0,7	8
	EC <sup>(4)</sup>	6,5	8,4	37	1,6	0,3	8
	ECQ <sup>(5)</sup>	6,8	11,1	61	2,4	0,5	8
	SD <sup>(6)</sup>	5,8	0,5	8,	0,5	0,2	2
Guanhães (LV)	FN <sup>(1)</sup>	4,7	2,4	38	0,6	0,2	11
	PP <sup>(2)</sup>	6,1	2,4	41	1,2	0,4	7
	EN <sup>(3)</sup>	6,4	0,8	47	0,9	0,2	7
	EC <sup>(4)</sup>	6,5	0,4	51	0,8	0,2	6
	ECQ <sup>(5)</sup>	6,5	1,0	26	0,9	0,3	10
	SD <sup>(6)</sup>	5,5	0,4	30	1,3	0,2	9

(<sup>1</sup>) floresta nativa; (<sup>2</sup>) pastagem plantada; (<sup>3</sup>) eucalipto plantado em nível; (<sup>4</sup>) eucalipto convencional; (<sup>5</sup>) eucalipto convencional com queima de restos culturais; (<sup>6</sup>) solo descoberto.

Em trabalho realizado por Bertol et al. (2004), quantificando perdas de nutrientes nos sedimentos transportados por erosão hídrica, constatou que as concentrações de P e K<sup>+</sup> nos sedimentos transportados foram maiores do que na água da enxurrada, influenciadas pelas respectivas concentrações na camada superficial do solo. O mesmo autor menciona que perdas mais elevadas de P no sedimento de enxurrada em relação à P na água da enxurrada podem ser explicadas pela sua adsorção específica nas partículas do solo e sua baixa solubilidade.

Guadagnin (2003), avaliando diferentes sistemas de preparo e cultivo do solo, observou que as perdas totais de P e K por erosão hídrica na água da

enxurrada em geral, diminuíram do início ao final do ciclo das culturas. No caso dos sedimentos, as referidas perdas em geral aumentaram do início ao final dos ciclos.

Em relação aos valores de carbono orgânico no sedimento, observaram-se maiores teores no LV, especificamente nos sistemas de manejo FN e ECQ, enquanto que no LVA os resultados demonstraram pouca variação em relação à caracterização inicial.

De acordo com Freitas & Castro (1983) e Seganfredo et al. (1997), além de nutrientes o material erodido é muito rico em matéria orgânica, apresentando teores mais elevados que o solo original. Isso seria devido à textura do material transportado, o qual é mais rico em silte e argila do que o solo de onde se originou o sedimento.

Outra questão importante é com relação à qualidade da matéria orgânica. Schaefer et al. (2002) realizaram estudo em que caracterizaram a evolução do selamento superficial e das perdas de nutrientes, solo e matéria orgânica em razão de diferentes porcentagens de cobertura. Estes autores observaram que, por meio do fracionamento do material coletado, houve uma concentração maior de fração humina, seguida de ácido húmico e ácido fúlvico, evidenciando uma perda seletiva da fração mais solúvel (fúlvica) pelo escoamento superficial e uma permanência relativa das frações mais humificadas ao longo da encosta.

Os valores da taxa de enriquecimento de sedimento (TES) podem ser observados na Tabela 12. Os valores da TES maiores que 1 indicam haver enriquecimento dos nutrientes no sedimento em relação aos teores de nutrientes no solo estudado. Valores menores que um indicam ausência de enriquecimento.

Para o carbono orgânico, observa-se que, no LVA, não houve enriquecimento nos sistemas estudados, enquanto, no LV, todos os sistemas apresentaram enriquecimento de nutrientes no sedimento. Em relação ao P,

observou-se, no LVA, enriquecimento apenas no eucalipto e FN, já no LV, somente na pastagem.

No  $K^+$  observou-se um enriquecimento no sedimento apenas para a pastagem no LVA e eucalipto em nível no LV, enquanto o  $Ca^{2+}$  e  $Mg^{2+}$  variaram entre solos e sistemas estudados.

Schick et al. (2000) observaram que o fósforo e o carbono orgânico apresentaram maiores taxas de enriquecimento. Os mesmos autores mencionam que tal comportamento pode ser explicado, no caso do carbono, pelo fato de ser a matéria orgânica o primeiro constituinte a ser removido pela erosão, considerando sua alta concentração na superfície do solo e, principalmente sua baixa densidade. No caso do fósforo, por encontrar-se adsorvido aos colóides. Em estudo anterior, Seganfredo et al. (1997) observaram este mesmo comportamento.

TABELA 12 Taxa de enriquecimento do sedimento para cada sistema de manejo, nas regiões de Belo Oriente e Guanhães, MG.

Região	Sistema	Taxa de enriquecimento do sedimento				
		P	$K^+$	$Ca^{2+}$	$Mg^{2+}$	CO
		----- mg dm <sup>-3</sup> -----		----- cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----		g kg <sup>-1</sup>
Belo Oriente (LVA)	FN <sup>(1)</sup>	1,1	0,8	0,8	1,0	-
	PP <sup>(2)</sup>	0,4	1,5	1,9	0,8	0,5
	EN <sup>(3)</sup>	13,8	0,4	0,9	0,5	0,2
	EC <sup>(4)</sup>	2,2	0,3	0,3	0,2	0,3
	ECQ <sup>(5)</sup>	2,8	0,8	1,0	0,5	0,2
	SD <sup>(6)</sup>	0,8	0,2	1,0	0,7	-
Guanhães (LV)	FN <sup>(1)</sup>	0,8	0,7	1,2	1,0	2,8
	PP <sup>(2)</sup>	1,7	0,9	4,0	2,0	2,3
	EN <sup>(3)</sup>	0,3	1,2	1,0	0,7	2,3
	EC <sup>(4)</sup>	0,1	1,0	0,9	0,5	2,0
	ECQ <sup>(5)</sup>	0,3	0,7	0,6	1,0	3,3
	SD <sup>(6)</sup>	0,1	0,8	1,6	1,0	3,0

<sup>(1)</sup> floresta nativa; <sup>(2)</sup> pastagem plantada; <sup>(3)</sup> eucalipto plantado em nível; <sup>(4)</sup> eucalipto convencional; <sup>(5)</sup> eucalipto convencional com queima de restos culturais; <sup>(6)</sup> solo descoberto.

## 6 CONCLUSÕES

As perdas de solo para a cultura do eucalipto foram bem abaixo dos limites toleráveis para os solos referentes a cada classe, evidenciando adequação do sistema de manejo no contexto de erosão hídrica.

As perdas de água nos sistemas de manejo com eucalipto foram de 4,31%, para o LVA e 0,93%, para o LV, da precipitação acumulada no período.

O Latossolo Vermelho apresentou maior resistência ao processo erosivo em relação ao Latossolo Vermelho Amarelo.

O valor de erodibilidade determinado para os solos LVA LV foi de 0,0002 t h MJ<sup>-1</sup> mm<sup>-1</sup>, para ambos.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BERTOL, I. Erosão hídrica em Cambissolo Húmico distrófico sob diferentes preparos do solo e rotação de culturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 18, n. 2, p. 267-271, jan./abr. 1994.

BERTOL, I.; COGO, N. P.; LEVIEN, R. Relações da erosão hídrica com métodos de preparo do solo, na ausência e na presença de cobertura por resíduo cultural de trigo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 11, n. 1, p. 187-192, abr. 1987.

BERTOL, I.; GUADAGNIN, J. C.; CASSOL, P. C.; AMARAL, A. J.; BARBOSA, F. T. Perdas de fósforo e potássio por erosão hídrica em um inceptisol sob chuva natural. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, n. 1, p. 485-494, jan./fev. 2004.

BERTOL, I.; GUADAGNIN, J. C.; GONZÁLEZ, A. P.; AMARAL, A. J.; BRIGNONI, L. F. Soil tillage, water erosion, and calcium, magnesium and organic carbon losses. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 62, n. 6, p. 578-584, Nov./Dec. 2005.

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

BRITO, L. F. **Erosão hídrica de Latossolo Vermelho Distrófico típico em área de pós-plantio de eucalipto na região de Guanhães (MG)**. 2004. 84 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

BRITO, L. F.; SIVA, M. L. N.; CURI, N.; LEITE, F. P.; FERREIRA, M. M.; PIRES, L. S. Erosão hídrica de Latossolo Vermelho muito argiloso relevo ondulado em áreas de pós-plantio de eucalipto no Vale do Rio Doce, região Centro Leste do Estado de Minas Gerais. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 67, n. 1, p. 27-36, 2005.

CENIBRA. Levantamento semidetalhado dos solos das regiões do Rio Doce, Cocais, Sabinópolis e Virginópolis. **Cenibra**, Ipatinga, v. 1, p.101, 2001.

COGO, N. P. Uma contribuição à metodologia de estudo das perdas de solo por erosão em condições de chuva natural: I- Sugestões gerais, medição de volume, amostragem e quantidade de solo e água da enxurrada (1º aproximação). In: ENCONTRO NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 2., 1978, Passo Fundo. **Anais...** Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1978a. p. 75-97.

COGO, N. P. Uma contribuição à metodologia de estudo das perdas de solo por erosão em condições de chuva natural: II- Alguns conceitos básicos e modelos de uma ficha para registro das características da chuva e perdas de solo e água (1º aproximação). In: ENCONTRO NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 2., 1978, Passo Fundo. **Anais...** Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1978b. p. 99-10.

COGO, N. P.; LEVIEN, R.; SCHWARZ, R. A. Perdas de solo e água por erosão hídrica influenciadas por métodos de preparo, classes de declive e níveis de fertilidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, n. 4, p. 743-753, jul./ago. 2003.

COGO, N. P.; MOLDENHAUER, W. C.; FOSTER, G. R. Soil loss reductions from conservation tillage practices. **Soil Science Society American Journal**, Madison, v. 48, n. 2, p. 368-373, Mar./Apr. 1984.

DENARDIN, J. R. **Erodibilidade do solo estimada por meio de parâmetros físicos e químicos**. 1990. 106 p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP.

DUARTE, M. N.; CURI, N.; PÉREZ, D. V.; KAMPF, N.; CLAESSEN, M. E. C. Mineralogia, Química e Micromorfologia de Solos de uma Microbacia nos Tabuleiros Costeiros do Espírito Santo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 6, p. 1237-1250, jun. 2000.

FOSTER, G. R.; McCOOL, D. K.; RENARD, K. G.; MOLDENHAUER, W. C. Conversion of the universal soil loss equation to SI metric units. **Journal of Soil and Water Conservation**, Ankeny, v. 36, n. 6, p. 355-359, 1981.

FRANCO, F. S.; COUTO, L.; CARVALHO, A. F.; JUCKSCH, I.; FILHO, E. I. F.; SILVA, E.; NETO, J. A. M. Quantificação de erosão em sistemas agrícolas agroflorestais e convencionais na Zona da Mata de Minas Gerais. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 26, n. 6, p. 751-760, Nov./Dec. 2002.

FREITAS, P. L.; CASTRO, A. F. Estimativas das perdas de solo e nutrientes por erosão no Estado do Paraná. **Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 8, n. 2, p. 43-52, mai./ago. 1983.

GONÇALVES, J. L. M.; STAPE, J. L. (Ed.) **Conservação e cultivo de solos para plantações florestais**. Piracicaba: IPEF, 2002. 498 p.

GONÇALVES, J. L. M. Conservação do solo. In: GONÇALVES, J. L. M.; STAPE, J. L. (Ed.). **Conservação e cultivo de solos para plantações florestais**. Piracicaba: IPEF, 2002. p. 47-130.

GUADAGNIN, J. C. **Perdas de nutrientes e carbono orgânico pela erosão hídrica em um Cambissolo Húmico aluminico léptico submetido a diferentes sistemas de preparo e cultivo do solo**. 2003. 142 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, SC.

LIMA, W. P. **Impacto ambiental do eucalipto**. 2. ed. São Paulo, Universidade de São Paulo, 1996. 301 p.

MARTINS, S. G. **Erosão hídrica em povoamento de eucalipto sobre solos coesos nos Tabuleiros Costeiros, ES**. 2005. 106 p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

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, v. 27, n. 3, p. 395-403, maio/jun. 2003.

PIRES, L. S. **Sistema de manejo de eucalipto e erosão hídrica em Latossolo Vermelho Amarelo muito argiloso na região de Belo Oriente (MG)**. 2004. 84 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

ROQUE, C. C.; CARVALHO, M. P.; PRADO, R. M. Fator erosividade da chuva de Piraju (SP): distribuição, probabilidade de ocorrência, período de retorno e correlação com o coeficiente de chuva. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, n. 1, p. 147-156, jan./mar. 2001.

SANTOS, D.; BAHIA, V. G.; TEIXEIRA, W. G. Queimadas e erosão do solo. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 16, n. 176, p. 62-68, 1992.

SCHAEFER, C. E. R.; SILVA, D. D.; PAIVA, K. W. N.; PRUSKI, F. F.; FILHO, M. R. A.; ALBUQUERQUE, M. A. Perdas de solo, nutrientes, matéria orgânica e efeitos microestruturais em Argissolo Vermelho Amarelo sob chuva simulada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 5, p. 669-678, 2002.

SCHICK, J.; BERTOL, I.; BALBINOT JÚNIOR, A. A.; BATITELA, 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**, Viçosa, v. 24, n. 2, p. 437-447, abr./jun. 2000.

SEGANFREDO, M. L.; ELTZ, F. L. F.; BRUM, A. C. R. Perdas de solo, água e nutrientes por erosão em sistemas de culturas em plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 21, n. 2, p. 287-291, abr./jun. 1997.

SILVA, A. M.; SILVA, M. L. N.; CURI, N.; LIMA, J. M.; AVANZI, J. C.; FERREIRA, M. M. Perdas de solo, água, nutrientes e carbono orgânico em Cambissolo e Latossolo sob chuva natural. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n. 12, p. 1223-1230, dez. 2005.

SILVA, M. L. N.; CURI, N.; LEITE, F. P.; NÓBREGA, D. V. C. Tolerância de perdas de solo por erosão hídrica no Vale do Rio Doce na região centro-leste do Estado de Minas Gerais. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 14., 2002, Cuiabá. **Anais...** Cuiabá: SBSCS/UFMT, 2002.

SILVA, M. L. N.; CURI, N.; OLIVEIRA, M. S.; FERREIRA, M. M.; LOMBARDI NETO, F. Comparação entre métodos direto e indiretos para determinação da erodibilidade em latossolos sob cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v. 29, n. 11, p. 1751-1761, nov. 1994.

SILVA, M. L. N.; FREITAS, P. L.; BLANCANEAU, P.; CURI, N.; LIMA, J. M. 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**, Campinas, v. 21, n. 1, p. 137-137, 1997.

WICHERT, M. C. P. **Erosão hídrica e desenvolvimento inicial do *Eucalyptus grandis* em um Argissolo Vermelho-Amarelo submetido a diferentes métodos de preparo de solo no Vale do Paraíba-SP**. 2005. 83 p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP.



YOO, K. H.; TOUCHTON, J. T.; WALKER, R. H. Runoff, sediment and nutrient losses from various tillage systems of cotton. **Soil Tillage Research**, Amsterdam, v. 12, n. 1, p. 13-34, July 1998.

ZULIANI, D. Q. A. **Balanço geoquímico em plantações de eucalipto e caracterização de águas superficiais próximas a depósito de lixo: Estudos de caso**. 2003. 96 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

ZHOU, G. Y.; MORRIS, J. D.; YAN, H. H.; YU, Z. Y.; PENG, S. L. Hydrological impacts of reforestation with eucalyptus and indigenous species: a case study in southern China. **Forest Ecology Management**, Amsterdam, v. 167, n. 1/3, p. 209-222, Aug. 2002.

### **CAPÍTULO 3**

## **EROSÃO HÍDRICA EM ESTRADAS FLORESTAIS, NO VALE DO RIO DOCE, REGIÃO CENTRO-LESTE DO ESTADO DE MINAS GERAIS – PRIMEIRA APROXIMAÇÃO**

## 1 RESUMO

OLIVEIRA, Flávio Pereira de. **Erosão hídrica em estradas florestais, no Vale do Rio Doce, região Centro-Leste do estado de Minas Gerais – Primeira Aproximação**. 2006. 22 p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.\*

As florestas constituem um dos maiores recursos naturais de muitas nações. Geralmente, as áreas florestadas têm erosão mínima, exceto se perturbadas. As perturbações incluem o fogo, a colheita e a construção de estradas florestais. No setor florestal, a rede viária é a principal base de toda a atividade florestal; no entanto, as estradas florestais têm sido uma das principais causas de erosão e do assoreamento dos cursos d'água nas florestas plantadas. Dessa forma, o presente trabalho objetivou estimar as perdas de solo provenientes de erosão laminar e em sulcos em estradas florestais e deslocamentos de massas de solo em encostas e taludes, no Vale do Rio Doce, região Centro-Leste do estado de Minas Gerais. Os resultados indicam que a amplitude média de perdas de solo foi de 8,65 Mg seção<sup>-1</sup>, na faixa de declive de 0% a 4% e 21,17 Mg seção<sup>-1</sup> na faixa superior a 12%. Nas encostas e taludes, a perda média foi de 46,71 Mg talude<sup>-1</sup>. Os valores de erosividade obtidos nas sub-regiões são considerados críticos, principalmente para os meses de dezembro, janeiro e fevereiro, contribuindo, assim, para altas perdas de solo nesse período. As perdas de água nesses segmentos foram bem elevadas e variaram de 5,3% a 16,9%, considerando os valores em termos absolutos e incluindo a área de contribuição, respectivamente, enquanto na reserva legal as perdas foram de 1,2%. Dessa forma, o conhecimento da capacidade resistiva do solo ao escoamento superficial e as características deste escoamento são fundamentais para o correto dimensionamento do sistema de drenagem e do estabelecimento de medidas para o controle da erosão.

---

\* Comitê de orientação: Prof. Dr. Marx Leandro Naves Silva (Orientador) – DCS/UFLA; Prof. Dr. Nilton Curi – DCS/UFLA

## 2 ABSTRACT

OLIVEIRA, Flávio Pereira de. **Hydric erosion on forest roads, in the Rio Doce Valley, Central-East Region of the state of Minas Gerais – First Approximation**. 2006. 22 p. Dissertation (Master's degree in Soil Science and Plant Nutrition)–Federal University of Lavras, Lavras, MG. \*

Forests constitute one of the largest natural resources of many nations. The forested areas usually have minimum erosion, except if disturbed. The disturbances include fire, crops and harvesting and the construction of forest roads. In the forest section, the road network is the main basis of all the forest activity; however, the forest roads have been one of the principal causes of erosion and silting of the water courses in the planted forests. Being such, the present work aimed to estimate the soil loss due to laminate and furrow erosion in forest highways and displacements of soil mass on hillsides and embankments, in The Rio Doce Valley, Central-East area of the State of Minas Gerais. The results indicate that the average soil loss amplitude was of 8.65 Mg section<sup>-1</sup> in the strip of 0–4% slope of and 21.17 Mg section<sup>-1</sup> in the in the strip superior to 12%. On the hillsides and embankments the average loss was 46.71 Mg embankment<sup>-1</sup>. The erosivity values obtained in the sub-areas are considered critical, mainly for the months of December, January and February, contributing to high soil loss in that period. The loss of water in those segments were very high and they varied from 5.3 to 16.9%, considering the values in absolute terms and including the contribution area, respectively, while in the legal reservation the losses were 1.2%. Therefore, the knowledge of the resistance capacity of the soil to the superficial run-off and the characteristics of this run-off are fundamental to the correct dimentioning of the drainage system and of the establishment of measures for the control of erosion.

---

\* Guidance Committee: Prof. Dr. Marx Leandro Naves Silva (Advisor) – DCS/UFLA; Prof. Dr. Nilton Curi – DCS/UFLA

### 3 INTRODUÇÃO

As florestas constituem um dos maiores recursos naturais de muitas nações. Elas estão freqüentemente localizadas nas áreas de solos marginais, normalmente apresentando elevadas declividades e propensão à erosão hídrica e grande instabilidades, se não fosse a cobertura florestal. Geralmente, as áreas florestadas têm erosão mínima, exceto se perturbadas. As perturbações incluem o uso de insumos, fogo, colheita, o processamento e a construção de estradas florestais (Machado et al., 2003).

O processo erosivo é extremamente prejudicial aos ecossistemas florestais, causando danos, como perdas de solo, sedimentação dos cursos d'água, poluição e degradação da qualidade da água das microbacias (Souza & Seixas, 2001).

No setor florestal, a rede viária é a principal base de toda a atividade florestal, servindo para viabilizar o tráfego de mão-de-obra e os meios de produção, necessários para implantação, proteção, colheita e transporte dos produtos florestais; no entanto, as estradas florestais têm sido uma das principais causas de erosão hídrica e do assoreamento dos cursos d'água nas florestas plantadas (Lopes et al., 2002; Machado et al., 2003).

A construção de estradas promove a retirada da cobertura vegetal, a movimentação do solo e a compactação de seu leito, tornando tais vias muito vulneráveis à erosão hídrica. Essa erosão será maior com o aumento da declividade e do comprimento de rampa, fatores que aceleram a velocidade da enxurrada (Dadalto et al., 1990). Associados a estes fatores, alguns problemas são considerados graves, pela má locação da rede viária, relacionados à captação, condução e deságüe concentrado de enxurrada em determinados pontos do terreno, ocasionando erosão do tipo laminar e ou, em sulcos no leito

da própria estrada, deslocamentos e escorregamentos de massas de solo nos taludes, podendo evoluir para voçorocas no interior dos talhões de plantios (Gonçalves, 2002).

Segundo FAO (1989), o reconhecimento do tipo de erosão que ocorre no local e os procedimentos para seu controle são importantes para evitar áreas problemáticas.

As erosões representam um dos mais sérios problemas e têm como causa a falta ou a deficiência de um sistema de drenagem adequado. Da mesma forma, os taludes e as áreas circundantes são bastante íngrimes e a razão de escorrimento é elevada (Pereira et al., 1992). Segundo Luce (1993), a produção de sedimentos das estradas florestais está correlacionada com o tipo de solo, comprimento e inclinação da rampa e a inclinação e altura dos taludes de corte e aterro.

De acordo com Grace III et al. (1996), os níveis inaceitáveis de erosão ocorrem quando o solo e a cobertura da floresta são perturbados pelas atividades florestais, podendo aumentar em até 5 vezes as taxas naturais de erosão.

Dessa forma, a construção de estradas aumenta a taxa de erosão e a frequência de deslizamentos. Neary & Hornbeck (1994) mencionam que a grande parte da produção de sedimentos em florestas é proveniente da construção e manutenção de estradas para colheita florestal. Segundo esses mesmos autores, a colheita florestal pode aumentar a taxa natural de erosão em 4 vezes, enquanto a construção de estradas na área de exploração pode elevar esta taxa em, aproximadamente, 120 vezes, mesmo em áreas declivosas não perturbadas.

No estado de São Paulo, conforme Anjos Filho (1998), as estradas não-pavimentadas são responsáveis por, aproximadamente, metade das perdas de solo em virtude da erosão. Na Carolina do Norte, Estados Unidos, Grace III et al. (1998) observaram que mais de 90% do sedimento produzido em áreas

florestais advêm das estradas, sendo a drenagem inadequada o principal fator responsável. A maior porção do sedimento produzido na superfície da estrada é de tamanho inferior a 2 mm, o qual, de acordo com Reid & Dunne (1984), é o mais prejudicial aos recursos hídricos, apresentando o agravante de o material erodido das estradas mover-se, comumente, diretamente dos canais de drenagem aos cursos d'água. Luce & Black (1999) mencionam que estradas com inclinação e comprimento moderados, construídas em solos de granulometria fina, produziram nove vezes mais sedimentos que aquelas construídas nos solos de granulometria grossa.

O leito das estradas deve apresentar características adequadas para suportar a carga a que será submetido sem que ocorra deformação capaz de modificar a conformação original do projeto. Deve também ser adequadamente drenada para que a umidade não altere suas características de resistência e a erosão não comprometa sua utilização (Griebeler et al., 2005).

Para minimizar os impactos da construção de estradas, deve-se reduzir a densidade das estradas ao mínimo indispensável, utilizar as características naturais do terreno, como divisores de águas e gradientes baixos a área perturbada, evitar locais com solos úmidos e propensos à erosão. Além disso, é necessário revestir com gramíneas ou arbustos as laterais ao longo das estradas, manter as vias em áreas planas, evitar os taludes longos, declivosos e instáveis, que ocasionam maior taxa de erosão e elevam os custos de manutenção, e localizar estradas em solos bem drenados e longe dos cursos d'água (FAO, 1989).

Dessa forma, o presente trabalho objetivou estimar as perdas de solo provenientes de erosão laminar e em sulcos em estradas florestais e deslocamentos de massas de solo em encostas e taludes, no Vale do Rio Doce, região Centro-Leste do estado de Minas Gerais.

#### 4 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado em estradas vicinais de florestas plantadas de eucalipto e nativa, localizadas em nove sub-regiões distintas (Alfie, Cataquinho, Cocais 1, Cocais 2, Cordeiros, Fábrica, Gaspar, Lagoa Grande e Rubro Negro), situadas na região do Vale do Rio Doce, região Centro-Leste do estado de Minas Gerais.

A coleta de dados nos segmentos de estradas foi inicialmente realizada definindo-se uma seção de 20 m de comprimento da estrada com o auxílio de uma trena. Posteriormente, com o auxílio de duas réguas colocadas, no momento da medição, uma em posição horizontal graduada de 0,30 em 0,30 m (profundidade de referência do leito original na estrada), acompanhando a seção transversal do leito da estrada, e a segunda régua em posição vertical, foram realizadas leituras do perfil da estrada (profundidade do leito final). Este procedimento foi repetido quatro vezes (5 em 5 m) ao longo da seção da estrada.

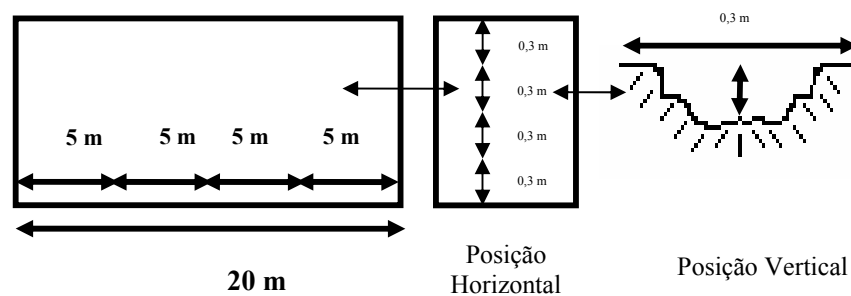
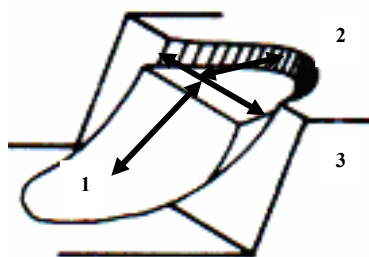


FIGURA 1 Esquema de medição utilizado no segmento de estrada para estimar as perdas de solo.



Para cada região, foram selecionadas 12 seções, escolhidas de forma aleatória, de forma a contemplar quatro classes de declividade (0% a 4%, 4% a 8%, 8% a 12% e >12%) e as classes de solo dominantes em cada região. As perdas de solo na estrada devido à erosão laminar e em sulcos (PEs) ( $\text{Mg seção}^{-1}$ ) foram por meio através do seguinte procedimento: a) multiplicou-se a profundidade média do leito (PL) (cm) pela largura média da seção (LE) (m) e pelo comprimento da seção (20 m) (m), obtendo-se assim, o volume de solo perdido na estrada (VPe) ( $\text{m}^3$ ) e b) posteriormente, multiplicou-se o volume perdido na estrada (VPe) ( $\text{m}^3$ ) pela densidade do solo ( $D_s$ ) ( $\text{Mg m}^{-3}$ ).

A coleta de dados em encostas e taludes de estradas foi realizada da seguinte forma: com o auxílio de duas réguas colocadas, no momento da medição, uma em posição horizontal e a outra em posição vertical, foram feitas as medidas da largura e da altura, respectivamente, da ruptura, além da medida de profundidade da ruptura. O volume do solo perdido por deslocamento é o produto da área da ruptura instável (largura e altura) pela profundidade da ruptura.



1. Altura; 2. Largura; 3. Profundidade.

FIGURA 2. Esquema de medição utilizado em encostas e taludes de estrada para estimar as perdas de solo.

Como procedido na avaliação da erosão em sulcos na estrada, este procedimento foi repetido em doze situações diferentes de seção de estrada, por região, escolhidas de forma aleatória, contemplando as classes de solo dominantes em cada região, sempre que houvesse uma erosão do tipo deslocamento ou escorregamento de massas de solo.

As perdas de solo por deslocamento em encostas e taludes (PEd) ( $\text{Mg talude}^{-1}$  ou  $\text{encosta}^{-1}$ ) foram obtidas por meio do seguinte procedimento: a) multiplicou-se a largura da ruptura (LR) (m) pela altura (HR) (m) e pela profundidade (PR) (m), obtendo-se, assim, o volume de solo perdido por deslocamento (VPd) ( $\text{m}^3$ ) e b) posteriormente, multiplicou-se volume de solo perdido por deslocamento (VPd) ( $\text{m}^3$ ) pela densidade do solo ( $D_s$ ) ( $\text{Mg m}^{-3}$ ), que no estudo foi considerada de  $1,4 \text{ g cm}^{-3}$ .

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Estimativa de perdas de solo na seção da estrada

Os valores médios de perdas de solo provenientes de erosão laminar e sulcos na seção das estradas podem ser observados na Tabela 1.

Analisando-se os valores médios de perdas de solo, observa-se que, entre as faixas de declive as perdas variaram de 8,65 Mg seção<sup>-1</sup> a 21,17 Mg seção<sup>-1</sup>, para as faixas de 0% a 4% e superior a 12%, respectivamente. Entre sub-regiões, as perdas médias variaram de 8,31 Mg seção<sup>-1</sup> na sub-região de Alfie e 22,46 Mg seção<sup>-1</sup> na sub-região de Cocais 2.

Entre sub-regiões, na faixa de menor declive, observaram-se maiores perdas em Rubro Negro e Lagoa Grande, com 13,64 e 12,89 Mg seção<sup>-1</sup> e as menores em Alfié e Cordeiros, com 4,49 e 5,33 Mg seção<sup>-1</sup>. Na faixa de maior declive, observaram-se as maiores perdas em Cocais e Virginópolis, com 52,21 e 42,71 Mg seção<sup>-1</sup> e as menores em Gaspar e Fábrica com 10,84 e 11,56 Mg seção<sup>-1</sup>.

Em estudo, Henderson & Witthawatchutikul (1984) e Kraayenhagen (1981), ambos citados por Souza (2000), quantificaram perdas de sedimentos provenientes de estradas florestais, tendo o primeiro autor observado perdas médias de 4,96 t ha<sup>-1</sup>, enquanto o segundo, em estudo conduzido em uma microbacia florestada no leste da Tailândia, concluiu que foi produzido um total de 6.904 m<sup>3</sup> de sedimentos no primeiro ano de construção de uma estrada com 3 km de extensão, ou 10.494 t km<sup>2</sup> de área da bacia.

Na Figura 1 observa-se a distribuição dos valores mensais de erosividade e da precipitação pluviométrica, no período de estudo, por sub-região. De acordo com Rufino (1986), os valores de erosividade obtidos nas sub-regiões são considerados críticos, principalmente para os meses de dezembro, janeiro e

fevereiro. Dessa forma, altas perdas nesses segmentos podem ser atribuídas à alta erosividade da chuva neste período, associada à baixa infiltração da água e à drenagem inadequada, que alteram as características de resistência do solo, favorecendo, com isso, elevadas perdas em função do processo erosivo.

De acordo com Griebeler et al. (2005), a água escoada na seção de estradas, principalmente de terra, deve ser coletada nas suas laterais e encaminhada, de modo controlado, para os escoadouros naturais, artificiais, bacias de acumulação ou outro sistema de acumulação ou outro sistema de retenção localizado no terreno marginal.

## **5.2 Estimativa de perdas de solo por deslocamentos de massas de solo em encostas e taludes**

Os valores médios de perdas de solo por deslocamentos de massas de solo em encostas e taludes em estradas florestais podem ser observados na Tabela 1.

Nas encostas e taludes, a perda média foi de 46,71 Mg talude<sup>-1</sup>. Entre sub-regiões, as perdas médias variaram de 16,62 Mg talude<sup>-1</sup>, na sub-região de Lagoa Grande e 80,48 Mg talude<sup>-1</sup>, na sub-região de Cocais.

De acordo com as classes de erosão citadas por Sequeira (1989), o valor médio obtido seria classificado como moderado (10 a 50 Mg ha ano<sup>-1</sup>). Já entre sub-regiões, os valores seriam classificados de moderado a alto.

Estudando diferentes coberturas do solo no controle da erosão em taludes de estradas florestais, Souza (2000) obteve quantidades de sedimentos da ordem de 53,1 Mg ha<sup>-1</sup> no tratamento testemunha em parcelas experimentais de taludes de estrada de 85% de declividade média.

TABELA 1 Valores médios de perdas de solo em seção de estradas e deslocamento de massas de solo em encostas e taludes, em áreas florestais.

Região	Seção da estrada					Talude
	Declividade (%)					
	0 – 4	4 – 8	8 – 12	> 12	Média	
	----- Mg seção <sup>-1</sup> -----					Mg talude <sup>-1</sup>
Alfê	4,49	7,91	6,96	13,86	8,31	46,13
Cataquinho	10,16	9,56	13,36	42,71	18,95	21,17
Cocais 1	10,73	10,52	11,62	16,44	12,33	80,48
Cocais 2	8,05	14,28	15,30	52,21	22,46	44,50
Cordeiros	5,33	8,75	8,67	12,30	8,76	32,83
Fábrica	5,46	9,73	12,47	11,56	9,81	58,21
Gaspar	7,06	9,69	7,34	10,84	8,73	52,49
Lagoa Grande	12,89	9,76	13,07	18,21	13,48	16,62
Rubro Negro	13,64	9,01	16,12	12,44	12,80	68,00
Média	8,65	9,91	11,66	21,17		46,71

(1) Cocais; (2) Cocais Arrudas.

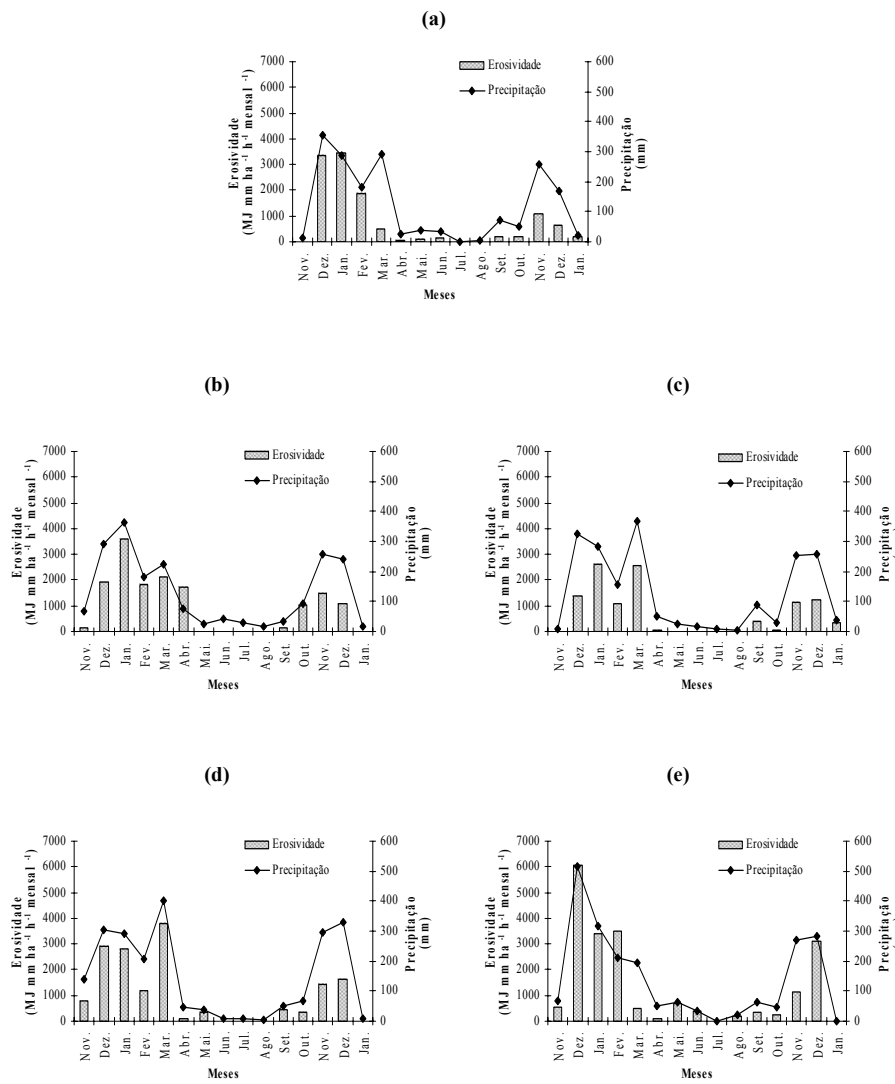


FIGURA 1 Distribuição dos valores mensais do índice de erosividade,  $EI_{30}$ , e da precipitação pluviométrica para as sub-regiões de Alfie (a), Cataquinho (b), Cocais 1 (c), Cocais 2 (d), Cordeiros (e), Fábrica (f), Gaspar (g), Lagoa Grande (h) e Rubro Negro (i), no período de 2004 a 2006.

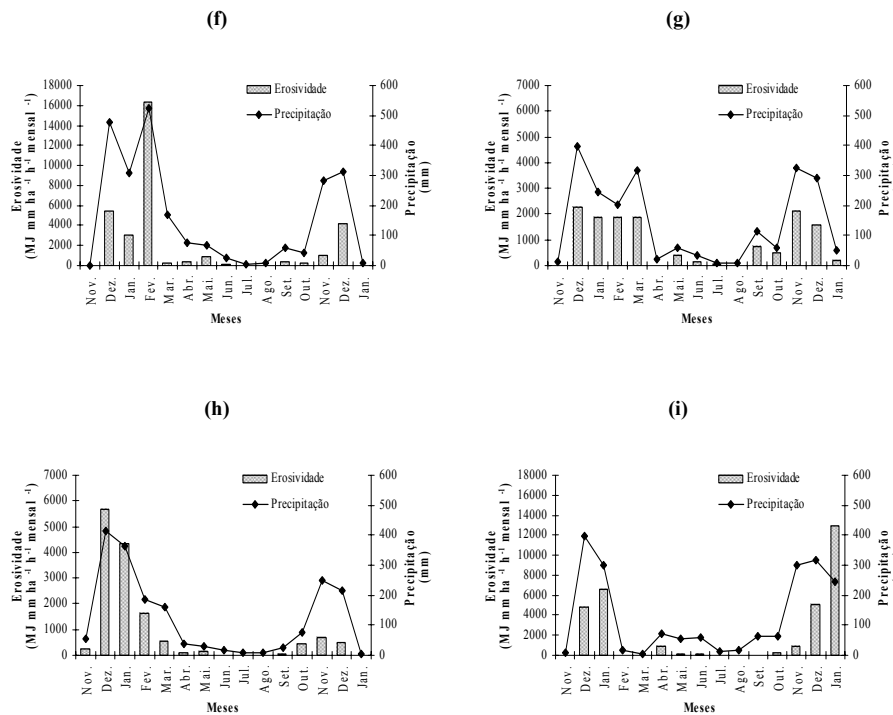


FIGURA 1 Cont...

Os atributos físicos e mineralógicos dos solos predominantes nas sub-regiões estudadas podem ser observados na Tabela 2.

De acordo com as características apresentadas em cada perfil de solo, podem-se verificar alguns atributos determinantes na estabilidade dos taludes. No caso dos Cambissolos, pode-se verificar que o horizonte C desses solos, além de apresentar maior espessura, observada em boa parte dos solos, apresenta também teores elevados de silte e baixa quantidade de matéria orgânica, comparados com os dos horizontes A + B. Esses fatores dificultam a organização de partículas em unidades estruturais mais estáveis (Ferreira, 2005).

Resende et al. (1997) mencionam que grandes perdas de solo nesses ambientes podem estar associadas à baixa infiltração de água, ao profundo manto de intemperismo num relevo acidentado, mais a presença do horizonte C muito espesso, com quantidades substanciais de pseudomorfos de caulinita, ajustados face a face, e à pequena coesão entre partículas, provocando os deslizamentos.

Outro fator que também contribui para reduzir a resistência do solo está relacionado ao aumento da força peso no sentido do declive do talude ou do terreno que favorece o desabamento de sua lateral, responsável pelo aumento da erosão, e é causado, principalmente, pela redução da coesão aparente e do ângulo de atrito interno (Sidorchuck et al., 2002; Silva, 2002).

Associados a esses fatores, densidade do solo, estrutura, profundidade do horizonte exposto ou altura do talude assumem papel de extrema importância (Rocha, 2003).

Rocha (2003), verificando a estabilidade de diferentes horizontes de solo, observou que os horizontes A + B foram mais resistentes ao cisalhamento que os demais horizontes e, conseqüentemente, com maiores ângulos de estabilização.



TABELA 2. Atributos físicos e mineralógicos dos solos predominantes nas sub-regiões estudadas.

Região	Solo	Perfil		Características físicas				Dens. Aparente	Ataque sulfúrico				Ki
		Horiz.	Prof.	AG	AF	Silte	Argila		SiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	
		- m -		----- g Kg <sup>-1</sup> -----				- g cm <sup>-3</sup> -	----- g Kg <sup>-1</sup> -----				
Belo Oriente	CXbd	A + B	1,01	30	80	250	640	1,06	224,2	0,7	109,0	244,4	1,56
		C	0,39	30	110	590	270	-	200,4	0,5	115,7	191,9	1,78
	LAd	A + B	2,30	140	90	50	720	1,14	262,0	1,0	120,3	229,2	1,94
		C	0,70	80	80	700	140	-	-	-	-	-	-
Cocais	CXbd	A + B	0,85	180	120	170	530	0,99	131,6	0,5	126,2	222,4	1,01
		C	maior	170	130	570	130	-	75,3	0,3	69,3	242,2	0,53
	LVAd	A + B	1,47	290	130	150	430	1,09	-	-	-	-	-
		C	maior	200	120	160	520	-	53,4	0,5	90,9	235,0	0,39
Cocais Arrudas	CXbd	A + B	0,28	340	110	80	470	-	-	-	-	-	-
		C	0,94	170	100	120	610	-	49,9	0,4	96,5	208,2	0,41
	LAW	A + B	1,05	410	90	50	450	1,21	-	-	-	-	-
		C	0,65	410	70	60	460	-	61,7	0,5	68,1	224,0	0,47
Ipaba	CXbd	A + B	1,32	260	180	320	240	1,43	113,9	0,4	82,0	145,4	1,33
		C	0,28	330	190	380	100	1,44	-	-	-	-	-
	LAd	A + B	-	200	90	40	670	1,09	-	-	-	-	-
		C	-	140	90	50	720	0,97	210,5	0,6	124,7	204,2	1,75

Fonte: CENIBRA (2001);

<sup>(1)</sup> horizonte; <sup>(2)</sup> profundidade do horizonte; <sup>(3)</sup> areia Grossa; <sup>(4)</sup> areia Fina.

TABELA 2. Cont...

Região	Solo	Perfil		Características físicas				Dens. Aparente	Ataque sulfúrico				Ki
		Horiz.	Prof.	AG	AF	Silte	Argila		SiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	
			- m -	----- g Kg <sup>-1</sup> -----				- g cm <sup>-3</sup> -	----- g Kg <sup>-1</sup> -----				
Pompéu	CXbd	A + B	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	LAd	A + B	0,94	310	120	80	490	1,12	117,3	0,5	77,8	238,9	0,83
		C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sabinópolis	CXbd	A + B	0,70	190	110	130	570	1,23	202,2	0,7	88,4	164,5	2,09
		C	1,00	110	150	630	110	1,17	-	-	-	-	-
	LVAd	A + B	1,15	180	100	110	610	1,11	193,6	0,2	33,1	179,3	1,84
		C	maior	200	80	230	490	-	188,0	0,3	35,0	187,5	1,70
Santa Bárbara	CXbd	A + B	1,36	210	140	240	410	1,08	132,5	1,3	57,3	261,2	0,86
		C	0,24	140	200	580	80	-	116,8	0,5	31,1	145,4	1,37
	LVAd	A + B	1,35	200	90	270	440	1,08	12,1	1,2	248,5	224,5	0,09
		C	maior	120	110	220	550	-	-	-	-	-	-
Virginópolis	CXbd	A + B	0,80	220	110	110	560	1,16	-	-	-	-	-
		C	0,40	160	110	530	200	-	214,7	0,6	113,8	392,4	0,93
	LAd	A + B	0,90	160	80	60	700	0,88	-	-	-	-	-
		C	maior	110	80	230	580	-	98,3	0,4	122,4	212,2	0,79

(<sup>1</sup>) horizonte; (<sup>2</sup>) profundidade do horizonte; (<sup>3</sup>) areia Grossa; (<sup>4</sup>) areia Fina.

Os valores percentuais de perdas de água em áreas sob diferentes usos podem ser observados na Tabela 3.

De acordo com os valores médios, pode-se verificar que os segmentos de estradas foram os que apresentaram os maiores percentuais de perdas de água, seguidos do aceiro, enquanto as áreas ocupadas com vegetação (eucalipto e reservas permanente e legal) apresentaram as menores perdas.

De acordo com Almeida & Soares (2003), menores perdas de água nesses sistemas são devido à interceptação pluviométrica pela copa das arvores, como também em função da matéria orgânica no solo melhorando sua estrutura, aumentando a capacidade de infiltração e reduzindo o escoamento superficial.

TABELA 3 Valores percentuais de perdas de água em áreas sob diferentes usos no período de estudo.

Ano	Precipitação pluviométrica mm ano <sup>-1</sup>	Área					
		Eucalipto	Reserva permanente	Reserva legal	Aceiro	Estrada *	Estrada **
		----- % -----					
2002	1.347,3	5,9	1,6	1,6	6,3	7,0	22,4
2003	1.058,4	5,1	1,4	1,4	5,4	6,0	19,3
2004	1.375,9	5,8	1,6	1,6	6,2	6,9	22,1
2005	284,2	1,0	0,27	0,27	1,1	1,2	3,8
Média	1.016,5	4,5	1,2	1,2	4,8	5,3	16,9
Total	4.065,8	17,8	4,9	4,9	19,0	21,1	67,6

\* valor absoluto; \*\* valor da área de contribuição.

## **6 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Os resultados obtidos neste trabalho, em leito e encostas e taludes de estradas florestais, demonstraram que o processo erosivo é bastante significativo nesses segmentos, causando elevadas perdas de solo e água. Nesse sentido, estudos mais detalhados nesses segmentos, visando obter informações essenciais de solo e características de escoamento, são fundamentais para o correto dimensionamento de sistema de drenagem e do estabelecimento de medidas para o controle da erosão. Observou-se com o estudo um crescente aumento das perdas de solo no leito das estradas, com o respectivo aumento da declividade. Dessa forma algumas práticas conservacionistas como redução ao mínimo na densidade das estradas, locação em planos menos declivosos e utilização de características naturais do terreno como divisores de água são essenciais na redução de perdas de solo e água. No mesmo sentido adotar medidas preventivas para encostas e taludes, ou seja, evitar taludes longos, declivosos e instáveis e revestir com gramíneas e arbustos.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, A. C.; SOARES, J. V. Comparação entre uso de água em plantações de *Eucalyptus grandis* e floresta ombrófila densa (Mata Atlântica) na Costa Leste do Brasil. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 27, n. 2, p. 159-170, mar./abr. 2003.

ANJOS FILHO, O. Estradas de terra. **Jornal O Estado de São Paulo**, São Paulo, 29 abr. 1998. (Suplemento Agrícola).

CENIBRA. Levantamento semidetalhado dos solos das regiões do Rio Doce, Cocais, Sabinópolis e Virgíópolis. **Cenibra**, Ipatinga, v. 1, p.101, 2001.

DADALTO, G. G.; CARMO FILHO, O. G.; CASTRO, L. L. F. **Captação de águas pluviais das estradas vicinais**. Vitória – ES: EMCAPA, 1990. 22 p. (EMCAPA. Documentos, 63).

FAO. **Watershed Management Field Manual: Road Design and Construction in Sensitive Watersheds**, Roma: FAO, 1989. 218 p.

FERREIRA, V. M. **Voçorocas no município de Nazareno, MG: origem, uso da terra e atributos do solo**. 2005. 84 p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

GONÇALVES, J. L. M. Conservação do solo. In: GONÇALVES, J. L. M.; STAPE, J. L. **Conservação e cultivo de solos para plantações florestais**. Piracicaba: IPEF, 2002. Cap. 2, p. 47-130.

GRACE III, J. M.; RUMMER, B.; STOKES, B. J.; WILHOIT, J. Evaluation of erosion control techniques on forest roads. **Transactions of the American Society of Agricultural Engineers**, St. Joseph, v. 41, n. 2, p. 383-391, Mar./Apr. 1998.

GRACE III, J. M.; WILHOIT, J.; RUMMER, R.; STOKES, B. Surface Erosion Control Techniques on Newly Constructed Forest Roads. In: ASAE ANNUAL INTERNATIONAL MEETING, 1996, Phoenix. 14 p.

GRIEBELER, N. P.; PRUSKI, F. F.; MEHL, H. U.; SILVA, D. D.; OLIVEIRA, L. F. C. Equipamento para determinação da erodibilidade e tensão crítica de cisalhamento do solo em canais de estradas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 9, n. 2, p. 166-170, abr./jun. 2005.

LOPES, E. da S.; MACHADO, C. C.; SOUZA, A. P. de. Classificação e custos de estrada florestal em florestas plantadas na região sudeste do Brasil. **Revista Arvore**, Viçosa, v. 26, n. 3, p. 329-338, maio/jun. 2002.

LUCE, C. H. **Proposal for a study on sediment production from forest roads under natural rainfall conditions**. Moscow: USDA. Forest Service Intermountain Research Station, 1993. 7 p.

LUCE, C. H.; BLACK, T. A. Sediment production from forest roads in Western Oregon. **Water Resources Research**, Washington, v. 35, n. 8, p. 2561-2570, Aug. 1999.

MACHADO, C. C.; GARCIA, A. R.; SILVA, E.; FONTES, A. M. Comparação de taxas de erosão em estradas florestais pelo modelo WEPP (Water Erosion Prediction Project) modificado em relação a medições experimentais. **Revista Arvore**, Viçosa, v. 27, n. 3, p. 295-300, maio/jun. 2003.

NEARY, D. G.; HORNBECK, J. W. Impacts of harvesting and associated practices on off-site environmental quality. In: NEARY, D. G.; HORNBECK, J. W. **Impacts of forest harvesting on long-term site productivity**. Londres: Chapman and Hall, 1994. cap. 4, p. 81-119.

PEREIRA, J. C.; OLIVEIRA, G. C.; MESQUITA, M. G. B. F. Controle da erosão em terras não cultivadas. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 16, n. 176, p. 69-72, 1992.

REID, L. M.; DUNNE, T. Sediment production from forest road surfaces. **Water Resources Research**, Washington, v. 20, n. 11, p. 1753-1761, Nov. 1984.

RESENDE, M.; CURI, N.; DUARTE, M. N. **Mineralogia, Química e Estratificação de Ambientes**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26., 1997, Rio de Janeiro. **Resumos...** Rio de Janeiro: EMBRAPA/SBCS, 1997. 1CD-ROOM.

ROCHA, W. W. **Resistência ao cisalhamento e estabilidade de taludes de voçorocas em solos da região de Lavras, MG.** 2003. 101 p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

RUFINO, R. L. Avaliação do potencial erosivo da chuva para o Estado do Paraná: segunda aproximação. **Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 10, n. 3, p. 279-281, set./dez. 1986.

SEQUERA, D. R. Influencia de la Lluvia en la Erosion del Suelo. **Revista Forestal Venezolana**, Merida, v. 23, n. 33, p. 53-69, 1989.

SIDORCHUK, A. Gully erosion modeling and landscape response in the Mbuluzi River catchment of Swaziland. **Catena**, Amsterdam, v. 50, n. 2/4, p. 312-328, Jan. 2002.

SILVA, R. B. **Compressibilidade e resistência ao cisalhamento de um latossolo sob diferentes intensidades de uso na região dos cerrados.** 2002. 142 p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

SOUZA, C. R. **Avaliação de diferentes coberturas do solo no controle da erosão em taludes de estradas florestais.** 2000. 90 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, São Paulo, SP.

SOUZA, C. R.; SEIXAS, F. Avaliação de diferentes coberturas do solo no controle da erosão em taludes de estradas florestais. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 60, p. 45-51, dez. 2001.

## ANEXOS

### ANEXO A

#### PERFIL 1A – Perfil do solo estudado

TABELA 1A Composição mineralógica e teores de óxidos em Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico típico.....	103
---	-----

TABELA 2A Características químicas para Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico típico.....	103
---	-----

TABELA 3A Características físicas para Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico típico.....	103
--	-----

#### PERFIL 2A – Perfil do solo estudado

TABELA 4A Composição mineralógica e teores de óxidos em Latossolo Vermelho Distrófico típico.....	105
---	-----

TABELA 5A Características químicas para Latossolo Vermelho Distrófico típico.....	105
---	-----

TABELA 6A Características físicas para Latossolo Vermelho Distrófico típico.....	105
--	-----



## PERFIL 1A

CLASSIFICAÇÃO: LATOSSOLO VEMELHO AMARELO Distrófico típico, textura muito argilosa, A proeminente ou moderado, álico, caulínítico, caulínítico-oxídico ou gibbsítico-oxídico, mesoférrico.

UNIDADE DE MAPEAMENTO: LVAd1

### Descrição morfológica dos horizontes

- A1 0-15cm; Bruno-escuro (10 YR 3/3; 2/2); argila pesada; moderada pequena granular, grãos simples; ligeiramente duro, muito friável; ligeiramente plástico e pegajoso; transição ondulada e clara.
- AB 15-33cm; Bruno/Bruno escuro (7,5 YR 4/4; 2/2); argila pesada; fraca pequena blocos e granular fina; muito friável; plástico e pegajoso; transição ondulada e gradual.
- BW1 33-120cm; Vermelho amarelado (5 YR 4/6); argila pesada; fraca média, blocos que se desfazem em granular fina; muito friável; plástico; transição ondulada e difusa.
- BW2 120-240cm; Vermelho amarelado (5 YR 5/8); argila pesada; moderada média, grandes blocos; muito friável; muito plástico e muito pegajoso.
- BW3 240-300cm; Vermelho amarelado (5 YR 4/6); argila pesada; muito friável; muito plástico e muito pegajoso.

OBSERVAÇÕES: Raízes finas até 3,0 m. Raízes finas e médias abundantes até 1,8 m. Macroporos abundantes e microagregados abundantes nos BW. Carvão pequeno em todo o perfil (floresta boa), com muitas falhas e saúva abundantes.

TABELA 1A Composição mineralógica e teores de óxidos em Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico típico.

Profundidade	Ct <sup>(1)</sup>	Gb <sup>(2)</sup>	Gb/Gb+Ct	SiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>o</sub> <sup>(3)</sup>	Fe <sub>d</sub> <sup>(4)</sup>
cm	---- g Kg <sup>-1</sup> ----			----- g Kg <sup>-1</sup> -----					
0-20	380	117	0,24	-	-	-	-	2,24	51,75
20-40	366	101	0,22	174,3	0,6	126,4	254,8	1,99	62,45
40-60	385	87	0,18	-	-	-	-	0,83	66,59

(<sup>1</sup>) caulinita; (<sup>2</sup>) gibsitita; (<sup>3</sup>) ferro extraído pelo oxalato ácido de amônio; (<sup>4</sup>) ferro extraído pelo ditionito – citrato – bicarbonato de sódio.

TABELA 2A Atributos químicos do Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico típico.

Profundidade	pH	P	K	Na	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	H+Al	SB	(t)	(T)
cm	H <sub>2</sub> O	----- mg dm <sup>-3</sup> -----			----- cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----						
0-30	4,1	1,4	36	-	0,4	0,1	0,9	11,0	0,6	1,5	11,6
30-60	4,1	1,2	27	-	0,4	0,1	0,7	7,9	0,6	1,3	8,5
60-90	5,0	0,6	5	-	0,4	0,1	0,1	1,9	0,5	0,6	2,4
	V	m	MO	P-rem	Zn	Fe	Mn	Cu	B	S	
	----- % -----		dag kg <sup>-1</sup>	mg L <sup>-1</sup>	----- mg dm <sup>-3</sup> -----						
0-30	5,1	60	3,4	12,9	1,3	286,6	15,9	0,7	0,3	27,7	
30-60	6,7	55	2,4	11,5	1,0	253,6	5,6	0,7	0,3	41,4	
60-90	21,2	16	0,5	2,6	0,6	81,1	9,4	1,1	0,2	72,0	

TABELA 3A Atributos físicos do Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico típico.

Profundidade	Dp	Argila	Silte	Areia				
				AMG <sup>(1)</sup>	AG <sup>(2)</sup>	AM <sup>(3)</sup>	AF <sup>(4)</sup>	AMF <sup>(5)</sup>
cm	g cm <sup>-3</sup>	----- g kg <sup>-1</sup> -----						
0-20	2,50	624	53	11	42	82	166	21

(<sup>1</sup>) areia muito grossa (2-1 mm de diâmetro); (<sup>2</sup>) areia grossa (1-0,5 mm de diâmetro); (<sup>3</sup>) areia média (0,5-0,25 mm de diâmetro); (<sup>4</sup>) areia fina (0,25-0,10 mm de diâmetro); (<sup>5</sup>) areia muito fina (0,10-0,05 mm de diâmetro). Sistema de Classificação Norte Americano (USDA).

## PERFIL 2A

CLASSIFICAÇÃO: LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico, textura muito argilosa, A proeminente, álico, caulínítico-oxídico, mesoférico, relevo ondulado, substrato gnaisse e granito-gnaisse.

UNIDADE DE MAPEAMENTO: LVd

### Descrição morfológica dos horizontes

- A 0-15cm; Bruno avermelhado (5 YR 3/4); argila pesada; forte pequena média granular; muito friável; muito plástico e muito pegajoso; transição ondulada e gradual.
- BA 15-35cm; Vermelho amarelado (5 YR 4/6); argila pesada; moderada média grande blocos; muito friável; muito plástico e muito pegajoso; transição ondulada e gradual.
- BW1 35-102cm; Vermelho amarelado (5 YR 5/6); argila pesada; fraca média blocos que se rompem em grãos simples; muito friável; muito plástico e muito pegajoso; transição ondulada e difusa.
- BW2 102+cm; Vermelho (2,5 YR 4/8); argila pesada; fraca grande blocos que se rompem em granular fina; muito friável; muito plástico e muito pegajoso.

OBSERVAÇÕES: Microagregados abundantes. Macro e microporos abundantes. Raízes finas e médias em todo o perfil.

TABELA 4A Composição mineralógica e teores de óxidos em Latossolo Vermelho Distrófico típico.

Profundidade	Ct <sup>(1)</sup>	Gb <sup>(2)</sup>	Gb/Gb+Ct	SiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>o</sub> <sup>(3)</sup>	Fe <sub>d</sub> <sup>(4)</sup>
cm	---- g Kg <sup>-1</sup> ----			----- g Kg <sup>-1</sup> -----					
0-20	364	162	0,31	-	-	-	-	4,48	51,7
20-40	299	144	0,33	-	-	-	-	4,10	48,9
40-60	301	173	0,36	-	-	-	-	3,80	49,2

(<sup>1</sup>) caulinita; (<sup>2</sup>) gibsitita; (<sup>3</sup>) ferro extraído pelo oxalato ácido de amônio; (<sup>4</sup>) ferro extraído pelo ditionito – citrato – bicarbonato de sódio.

TABELA 5A Atributos químicos do Latossolo Vermelho Distrófico típico.

Profundidade	pH	P	K	Na	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	H+Al	SB	(t)	(T)
cm	H <sub>2</sub> O	---- mg dm <sup>-3</sup> ----			----- cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----						
0-20	4,3	1,4	41	-	0,5	0,2	0,8	13,7	0,8	1,6	14,5
20-40	4,3	1,9	36	-	0,5	0,2	0,7	12,3	0,8	1,5	13,1
40-60	4,2	1,9	31	-	0,3	0,1	0,8	12,3	0,5	1,3	12,8
	V	m	MO	P-rem	Zn	Fe	Mn	Cu	B	S	
	----- % -----		dag kg <sup>-1</sup>	mg L <sup>-1</sup>	----- mg dm <sup>-3</sup> -----						
0-20	5,5	50	5,6	6,5	1,7	175,3	14,8	1,2	0,3	10,3	
20-40	6,0	47	4,6	7,0	1,3	209,4	12,7	1,3	0,4	14,3	
40-60	3,8	63	4,6	6,0	1,3	171,4	9,1	1,5	0,4	12,3	

TABELA 6A Atributos físicos do Latossolo Vermelho Distrófico típico.

Profundidade	Dp	Argila	Silte	Areia				
				AMG <sup>(1)</sup>	AG <sup>(2)</sup>	AM <sup>(3)</sup>	AF <sup>(4)</sup>	AMF <sup>(5)</sup>
cm	g cm <sup>-3</sup>	----- g kg <sup>-1</sup> -----						
0-20	2,50	624	53	11	42	82	166	21

(<sup>1</sup>) areia muito grossa (2-1 mm de diâmetro); (<sup>2</sup>) areia grossa (1-0,5 mm de diâmetro); (<sup>3</sup>) areia média (0,5-0,25 mm de diâmetro); (<sup>4</sup>) areia fina (0,25-0,10 mm de diâmetro); (<sup>5</sup>) areia muito fina (0,10-0,05 mm de diâmetro). Sistema de Classificação Norte Americano (USDA).