

## MONITORAMENTO DE PROCESSOS EROSIVOS EM PARCELAS EXPERIMENTAIS NO MUNICÍPIO DE UBERLÂNDIA - MG

**José Fernando Pinese Júnior**

Graduando do Instituto de Geografia  
Universidade Federal de Uberlândia. IG-UFU.  
[zefernandopj@yahoo.com.br](mailto:zefernandopj@yahoo.com.br)

**Lísia Moreira Cruz**

Graduanda do Instituto de Geografia  
Universidade Federal de Uberlândia. IG-UFU  
[lisia\\_mc@yahoo.com.br](mailto:lisia_mc@yahoo.com.br)

**Thiago Campos Nogueira**

Bacharel em Geografia  
Universidade Federal de Uberlândia. IG-UFU  
[nogueiratc@yahoo.com.br](mailto:nogueiratc@yahoo.com.br)

**Silvio Carlos Rodrigues**

Prof. Dr. Instituto de Geografia  
Universidade Federal de Uberlândia. IG-UFU.  
[silgel@ufu.br](mailto:silgel@ufu.br)

### RESUMO

A paisagem do Cerrado vem sendo, cada vez mais, degradada pela ação dos processos erosivos, que são agravados pela ação antrópica, principalmente por intensificar as práticas agrícolas. Portanto, este trabalho tem o objetivo de monitorar e analisar diferentes tipos de vegetação na contenção da erosão ou na recuperação de áreas degradadas no município de Uberlândia. Este trabalho foi desenvolvido na Fazenda Experimental do Glória/ UFU, em parcelas experimentais ou parcelas de erosão com diferentes tipos de vegetação, coletando-se dados de umidade, escoamento superficial e transporte de sedimentos. Essas análises permitem visualizar e comparar as diferenças entre as parcelas, quanto aos diferentes usos e manejo da terra.

**Palavras-chave:** Processos Erosivos; Parcelas de Erosão; Áreas Degradadas;

### THE MONITORING OF EROSIVE PROCESSES WITH EXPERIMENTAL PLOTS IN UBERLÂNDIA - MG

#### ABSTRACT

The landscape of Cerrado comes more and more, degraded by the action of the erosive processes, that are accelerated by Humankind action, mainly for intensifying the agriculturists practical. Therefore, this work has the objective of monitoring and to analyzing different types of vegetation in the containment of the erosion or the recovery of degraded areas in the Uberlândia city. This work was developed in the Experimental Farm of Glória/ UFU, in experimental plots with different types of vegetation, collecting data about soil moisture, runoff and sediments transport. These analyses makes possible to visualize and to compare the differences between the plots, about the different land uses and handling.

**Key words:** Erosive Processes; Experimental Plots; Degraded Areas; Geomorphology.

### INTRODUÇÃO

A erosão é um processo natural que ocorre devido à ação da chuva e dos ventos e é responsável por modelar a paisagem de forma a desgastar, transportar e depositar partículas ao longo de seu caminho. Porém, os processos erosivos são cada vez mais agravados pela ação antrópica, principalmente por intensificar as práticas agrícolas, e isto não é diferente no Domínio de Cerrado

---

Recebido em 18/08/2008  
Aprovado para publicação em 23/08/2009

presente no Triângulo Mineiro.

De acordo com Baccaro (1999:197): “o sistema geomorfológico do Cerrado é complexo na sua estrutura e funcionamento e vem recebendo a entrada de novos e intensos fluxos de energia e matéria via ação antrópica.”

Atrelados à modernização da agricultura, com técnicas inadequadas às condições tropicais, vieram os desmatamentos da vegetação nativa, tornando os solos mais susceptíveis à formação de processos erosivos. (SOUZA, 2005).

Ainda sobre os processos erosivos, Baccaro (1999:198), afirma que:

“[...] os estudos da dinâmica das vertentes são essenciais, não somente para uma compreensão da evolução das paisagens geográficas, mas também como um meio para estabelecer o controle dos processos acelerados de erosão e de sedimentação, resultantes das alterações feitas pelo homem na paisagem natural [...]”. (BACCARO (1999, p. 198).

Segundo Tricart (1977) a vegetação contribui fortemente para o equilíbrio do ecossistema de quatro maneiras diferentes: com a realização da fotossíntese; quando a radiação é absorvida pelas plantas; com a interceptação das precipitações e; com o efeito de sua rugosidade. Por isso há a necessidade de estudar os efeitos da vegetação nos processos erosivos, determinando diferentes tipos de culturas e suas particularidades em relação à perda de solo. A erosão laminar é aquela causada pela água que se acumula nas depressões do terreno começa a descer pela encosta quando o solo está saturado e as poças não conseguem mais conter essa água. A princípio, o afluxo é difuso, ou seja, um escoamento em lençol (sheetflow). (GUERRA, SILVA & BOTELHO, 2005: 30).

Estudos em escala local e pontual no ambiente de Cerrado são muito raros destacando-se trabalhos feitos pela EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária), mais relacionados à agricultura, e outros estudos envolvendo monitoramento e mensuração. Desta forma este trabalho tem o intuito de produzir material teórico que sirva de suporte para o entendimento de como os processos erosivos tem degradado o meio ambiente, tendo ainda o objetivo de esclarecer o funcionamento de tais processos.

Em pesquisas sobre o processo erosivo torna-se importante analisar os fatores que conduzem a erosão pluvial, tais como a inclinação do terreno, o tipo de cobertura vegetal, a precipitação incidente, a morfologia, geologia e as características do solo no local. Nesta pesquisa em particular, todos estes fatores serão considerados, porém o foco estará relacionado às características da cobertura vegetal e da precipitação no local, e como estes fatores atuam no processo erosivo. Este trabalho pretende avaliar e comparar os resultados de cada uma das plantas adotadas, através da análise dos dados coletados de parcelas de erosão, que simulam diferentes tipologias de uso da terra, a fim de entender a dinâmica erosiva nestes locais.

Foram estudadas características referentes a alguns manejos do solo, na tentativa de encontrar e levantar aspectos relevantes à contenção da erosão e à recuperação de áreas degradadas. Desta forma, o entendimento das características de diferentes tipos de vegetação, tem a intenção de constituir o controle preventivo da erosão.

## **FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICO-METODOLÓGICA**

Os processos erosivos provocam o desgaste de material superficial, transportando-o por meio da água ou do vento, e depositando-o quando não tem mais capacidade de transportá-lo. Porém as atividades humanas, em diferentes escalas, modificam o meio ambiente de forma a prejudicar sua estabilidade.

Para definir a erosão pluvial ou pluviosão segundo Guerra & Guerra, 2006, temos que: é o trabalho realizado pela água das chuvas na superfície do relevo e é compreendida por pluviosão, deplúvio e aplúvio. Este trabalho de erosão das chuvas está diretamente ligado à intensidade da chuva, expressa pela quantidade de precipitação em um espaço de tempo (GUERRA & GUERRA, op.cit.).

São consideradas as áreas que necessitem de recuperação aquelas em que o mau uso colocou-as em estado de degradação, em que a fixação da vegetação é muito lenta e muitas vezes impedida, devido ao acelerado processo erosivo a que estão sujeitas. A reutilização destas áreas depende da sua recuperação (ALVARENGA et al., 1998).

O mau uso do solo pelo homem, com práticas intensivas e principalmente inadequadas, causa o declínio da qualidade do solo, levando à degradação da área ao uso agrícola (ALVARENGA, op cit.).

As primeiras investigações científicas em erosão do solo foram feitas na Alemanha, entre os anos de 1877 e 1895, em pequenas parcelas utilizadas para observações e medições de diversos efeitos relacionadas ao processo erosivo. Em 1923 ocorreu no Estado de Missouri, a primeira publicação de resultados de erosão pluvial do solo em parcelas experimentais de campo. (VOLK, 2006).

No Brasil, estudos em estações experimentais conduzidos por Baccaro (1993) e Guerra & Cunha (1996) têm grande importância para o entendimento dos processos erosivos e compreendem a utilização de parcelas de erosão.

No município de Uberlândia o Laboratório de Geomorfologia e Erosão dos Solos tem executado diversos estudos em estações experimentais como os trabalhos de Bezerra et al (2006) e Pinese Júnior et al (2006). Sendo assim, as parcelas de erosão são uma ferramenta importante no entendimento dos processos de erosão pluvial, atuando na representação de fatores mensuráveis, já que se tem uma área conhecida e que pode representar o tratamento e manejo direcionado de acordo com as necessidades da pesquisa.

A intensidade da chuva tem grande influência na erosão do solo, como afirma Volk (2006):

A capacidade da chuva de causar erosão do solo (erosividade da chuva) vai depender de várias das suas características, mas, principalmente, da intensidade, duração e probabilidade de ocorrência ou período de retorno da chuva. A intensidade da chuva resulta da razão entre quantidade e duração da mesma, enquanto esta última é a que vai determinar a quantidade total de chuva. (VOLK, 2006, p. 6).

A energia de impacto das gotas é responsável pela desagregação da maior parte do material que será transportado pelo escoamento superficial. Esse escoamento se inicia quando a intensidade da chuva é superior à taxa de infiltração instantânea do solo. O efeito do escoamento superficial na erosão pluvial depende da sua velocidade, que aumenta com o grau de declive e com a quantidade de escoamento. (MEYER & MONKE, 1965 apud NUNES, 2006). Guerra, Silva & Botelho (2005) também propõe que a energia cinética da chuva deve ser utilizada para medir a erodibilidade da chuva:

[...] a energia cinética da chuva está relacionada à intensidade da chuva, porque é a energia total das gotas existentes em um evento de precipitação. (GUERRA, SILVA & BOTELHO, 2005, p. 19)

Em uma análise mais atenta, o impacto das gotas da chuva sobre uma fina camada de água provoca turbulência no escoamento superficial, aumentando a capacidade do fluxo em desagregar e transportar partículas de solo (NUNES, 2006).

Em geral, a inclinação do terreno influencia na intensidade do processo erosivo, pois quanto maior a inclinação da vertente, maior será a energia cinética da água que escoar superficialmente, e menor será a infiltração de água no solo, o que gera o escoamento superficial. Com o escoamento superficial são transportadas partículas de solo e nutrientes.

Desta forma, os nutrientes presentes nas camadas superiores do solo são perdidos facilmente por erosão. Os nitratos se ligam à água do escoamento superficial devido à sua alta solubilidade e os fosfatos se ligam as partículas finas do solo, sendo levados juntamente aos sólidos arrastados. Sendo assim, sabe-se que o material erodido é mais rico em nutrientes que o solo que sofreu erosão. (GUERRA, SILVA & BOTELHO, 2005).

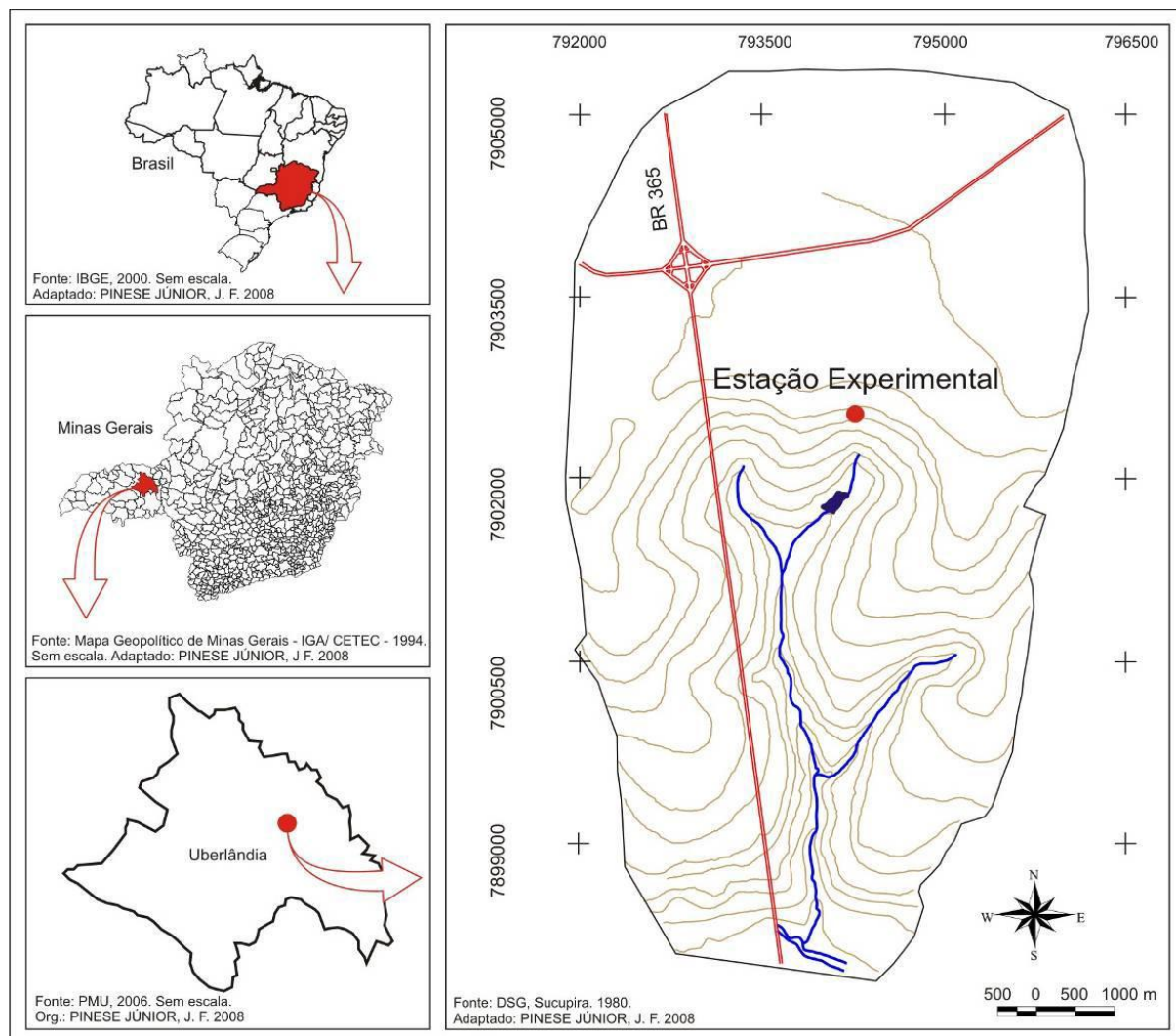
É importante que o solo tenha agregados estáveis, mantendo assim sua estrutura e permitindo uma grande variedade de diâmetros dos seus poros. Desta forma, os agregados apresentaram poros com diâmetro maior do que 75µm determinam a taxa de infiltração de água, permitindo que ela infiltre por ação da força da gravidade. Ao mesmo tempo, os poros com diâmetro entre 0,1 e 15µm atuarão na retenção de água disponível para as plantas. (KARLEN & STOTT apud VOLK, 2006).

A importância da preservação das florestas, principalmente em áreas de risco como vertentes muito inclinadas ou com precipitações elevadas, se compõem por proteger o solo da erosão porque, de acordo com Townsend et al (2006), o dossel das árvores absorve o impacto direto da chuva sobre a

superfície, as raízes unem o solo e a queda contínua de folhas e estruturas das plantas, que caracterizam a serrapilheira, barram o escoamento superficial e o transporte de sedimentos, adicionando ainda matéria orgânica ao solo.

### ÁREA DE ESTUDO

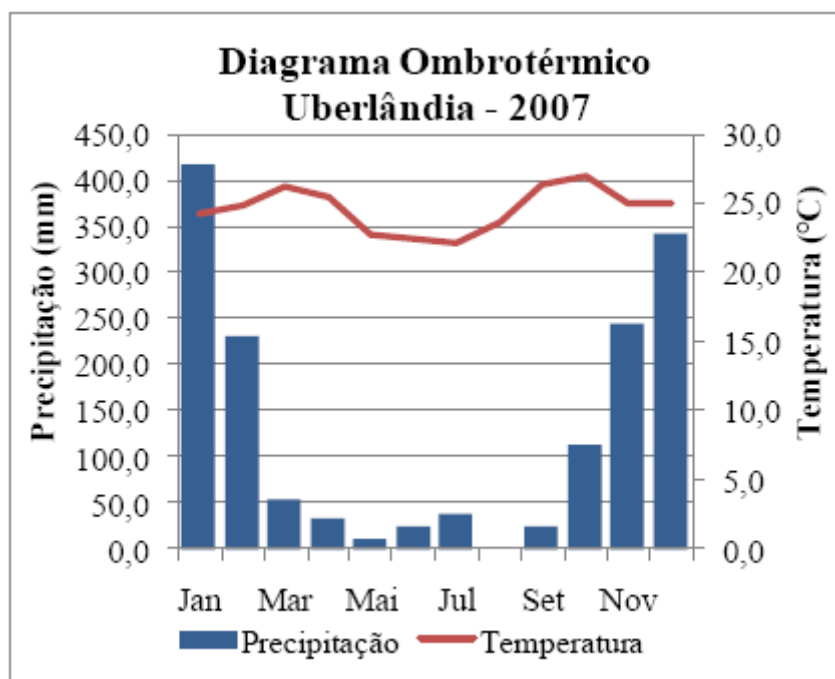
Este trabalho foi realizado na Fazenda Experimental do Glória/ UFU, localizada no município de Uberlândia nas coordenadas geográficas de 18°56'56" de latitude Sul e 48°12'21" de longitude Oeste de Greenwich, a uma altitude de 919 metros acima do nível do mar (Figura 1).



Elaborado: PINESE JÚNIOR, 2008

Figura 1 - Localização da Fazenda Experimental do Glória

As condições climatológicas da região em que está instalada a estação são Cwa de acordo com a classificação de Köppen, caracterizando clima temperado úmido com inverno seco e frio de baixa intensidade pluviométrica e verão quente e chuvoso. A precipitação média anual em Uberlândia está em torno de 1550 milímetros, sendo que os meses mais chuvosos são dezembro e janeiro, representando cerca de 40% da precipitação média anual, e os meses menos chuvosos são junho e julho (BRITO, 2003). A temperatura média no ano de 2007 foi de 24° C, sendo que os meses mais quentes foram março (26,3° C), setembro (26,4°C) e outubro (27° C) e os meses mais frios junho (22,4°C) e julho (22,2° C). (Laboratório de Climatologia - UFU). (Gráfico 1).



Elaborado: PINESE JÚNIOR, 2008.

Gráfico 1 - Diagrama Ombrotérmico de Uberlândia no ano de 2007

Na área de estudo, a formação geológica predominante é a Formação Marília, caracterizada como um pacote superior do Grupo Bauru e formada por arenitos com cimentação carbonática e por espessas camadas de arenitos imaturos e conglomerados. Situa-se no Domínio dos Planaltos e Chapadas da Bacia Sedimentar do Paraná, dentro da sub-unidade do Planalto Meridional da Bacia do Paraná, apresentando um relevo tabular a levemente ondulado. (CARRIJO & BACCARO, 2000).

O solo presente na área de estudo é Latossolo Vermelho Distrófico e Nitossolo Vermelho Eutrófico (IBGE, 2001). A análise granulométrica de solos da área, realizada no Laboratório de Geomorfologia e Erosão dos Solos – LAGES/UFU, mostrou os níveis de areia, silte e argila para a identificação e caracterização do solo das parcelas, de acordo com a metodologia proposta pela EMBRAPA (1997). Esta análise definiu os teores de areia, silte e argila, respectivamente com 20,9%, 3,9% e 75,2%, caracterizando o solo da área como Argila Pesada, de acordo com o diagrama textural da EMBRAPA (op. cit.)

## MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo começou com a preparação das parcelas de erosão segundo a metodologia de Guerra & Cunha (1996) para posteriormente receber as vegetações escolhidas. As parcelas experimentais contêm sete tipos de usos da terra, simulando áreas de solo exposto (1), grama estrela africana (2), grama pensácola (3), soja (4), feijão-de-porco (5), brachiaria (6) e mata (7). Guerra & Cunha (op.cit.) propõem o uso de calhas para a captura de sedimentos em diferentes tipos de coberturas vegetais. (Figura 2).

Dentre os tipos de vegetação plantados tem-se o feijão-de-porco e a soja representando as plantas leguminosas, e a grama pensácola e a grama estrela africana representando as gramíneas. Adotou-se estes dois tipos de plantas, as leguminosas e as gramíneas, para avaliar e principalmente comparar os benefícios encontrados em cada uma. Foi reservada também uma parcela em que prevalece o solo exposto, uma na área de pasto com brachiaria e uma na área de mata, ampliando assim as comparações a serem feitas.

Inicialmente realizou-se a descompactação do solo em um perfil de aproximadamente 10 centímetros de profundidade, possibilitando então o crescimento inicial da planta. Posteriormente foi aplicado calcário na área a ser plantada, com incorporação ao solo à profundidade de até 15 cm.

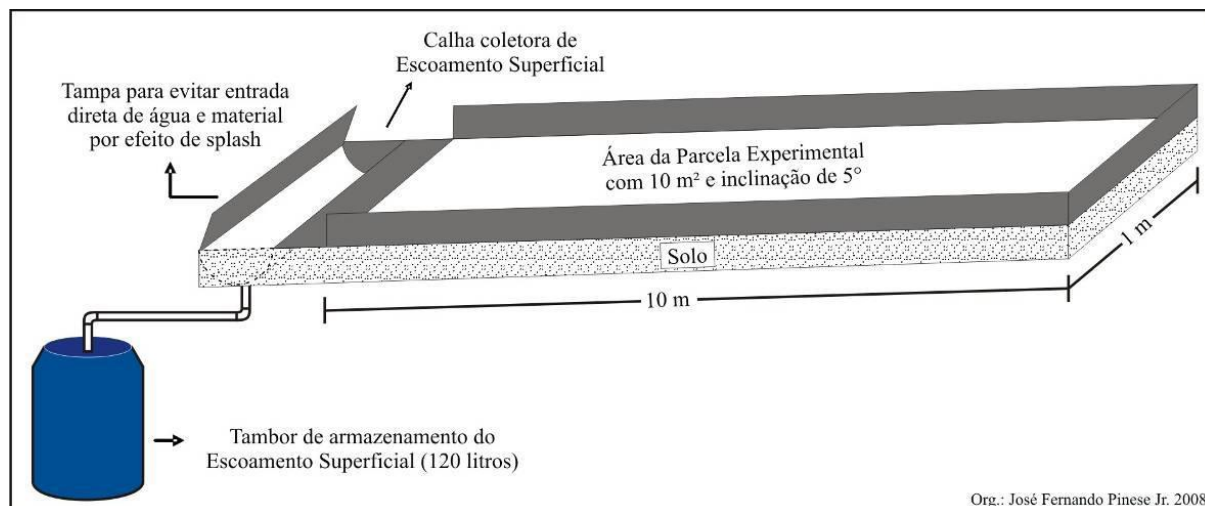


Figura 2 - Esquema ilustrativo de uma parcela de erosão

A calagem tem grande importância, principalmente nos solos do cerrado, pois promove aumentos no pH, na saturação por bases e diminuição de manganês (Mn) e Zinco (Zn). Desta forma, o processo de calagem consiste na correção do pH do solo com aplicação de calcário para elevar os teores de cálcio (Ca) e magnésio (Mg), deve ser realizado periodicamente, uma vez que o calcário é lavado restando apenas o alumínio.

Este processo é muito comum no cerrado brasileiro. O calcário se agrega ao alumínio por algum tempo, porém posteriormente ele é lavado para os perfis inferiores, por isso devemos recolocar calcário de tempos em tempos, neutralizando o pH dos solos do cerrado.

Para a correção das deficiências em micronutrientes nos solos de cerrado a EMBRAPA (1997) recomenda a aplicação da fórmula 4-14-8 para a adubação NPK, atingindo a maior produtividade em plantio de soja na dose de 350 kg ha<sup>-1</sup>. Sendo assim, nas parcelas experimentais, configuradas com 10 m<sup>2</sup>, acrescentou-se 0,35 Kg de adubo NPK na cultura de soja. A adubação com NPK na fórmula 4-14-8 proporciona uma melhor formação e desenvolvimento das raízes e estrutura das plantas (FALLEIRO, 2003). Esta mesma metodologia foi adotada na plantação do feijão-de-porco.

O plantio foi realizado em novembro de 2007, imediatamente após a preparação do solo, utilizando sementes distribuídas em sulcos com espaçamento de 40 cm entre eles para as leguminosas. No plantio das gramíneas a semeadura foi feita a lanço (cf. Figura 3).

As parcelas de erosão possuem 10 metros quadrados de área, sendo 1 metro de largura por 10 metros de comprimento, elaboradas a partir da metodologia de Gerlach. A área apresenta inclinação de 5°. Todo o material erodido é armazenado em tambores que têm capacidade para 120 litros de material, proveniente do escoamento superficial de cada uma das parcelas separadamente. (Figura 4). Este material, que é carregado para a parte baixa da parcela, é coletado por uma calha (Figura 5) que direciona este material para os tambores de armazenamento.

## ANÁLISES LABORATORIAIS

Do escoamento superficial ocorrido têm-se dois dados importantes ao estudo: a quantidade de água que não infiltrou no solo e a quantidade de sedimentos que este escoamento erodiu e transportou dentro de uma área de 10m<sup>2</sup>. A análise laboratorial consiste em filtrar os 2 litros de amostra coletados do fluxo superficial, medindo assim a quantidade de sedimentos transportados em cada parcela. Os filtros, feitos de papel filtro, são pesados depois de secos ao ar, antes e depois da filtragem, com uma balança de precisão da marca AND, modelo HR 200 (Máximo:



210g / d=0,1g), revelando assim os sedimentos transportados nas diferentes parcelas da estação experimental. O valor de sedimentos erodidos por metro quadrado ( $M$ ) em cada uma das parcelas é obtido pela seguinte fórmula:

$$M = \frac{s \cdot f}{a \cdot c}$$

onde:

$M$  – Relação de sedimento transportado por metro quadrado ( $g/m^2$ )

$s$  – Total de sedimentos transportados por parcela (g)

$f$  – Total de escoamento superficial por parcela (L)

$a$  – Área da parcela experimental ( $m^2$ )

$c$  – Quantidade de amostra coletada (L)

Os dados de umidade são coletados pela sonda Theta Probe modelo ML2x, coletados no ponto médio da parcela, situado 5 metros acima da calha.

Os valores obtidos com o monitoramento no campo e análises laboratoriais passam por análises de regressão referentes ao coeficiente  $r$  ou coeficiente de correlação linear segundo Pearson.

Foram feitas duas análises de correlação. A primeira foi feita entre os dados de escoamento superficial e precipitação e a segunda entre os dados de escoamento superficial e transporte de sedimentos.



Foto: PINESE JÚNIOR, 2007.

Figura 3 - Imagem das parcelas logo após o plantio a partir da preparação do solo e semeadura



Foto: PINESE JÚNIOR, 2007



Foto: PINESE JÚNIOR, 2007

Figura 4: Recipiente para o armazenamento do escoamento superficial proveniente das parcelas. Foto: PINESE JÚNIOR, 2007.

Figura 5: Calhas de captação do escoamento superficial, que levarão este material aos recipientes de armazenamento.

Os modelos de regressão que geram o coeficiente de determinação ( $R^2$ ) foram obtidos com o tratamento dos dados no *Microsoft Office Excel 2007*. Para esta análise de regressão elaborou-se um gráfico de dispersão entre os dados que se quis analisar e adicionou-se a linha de regressão, com seu respectivo valor. O coeficiente de determinação é o quadrado do coeficiente de correlação de Pearson.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os dados da pesquisa, correspondentes a umidade, escoamento superficial e transporte de sedimentos, começaram a ser coletados no dia 08 de novembro de 2007, logo após a preparação e o plantio nas parcelas, e finalizados no dia 29 de abril de 2008. Os dados foram coletados semanalmente.

Logo nas primeiras semanas foi possível observar-se que a vegetação que teve um crescimento rápido obteve melhores resultados referentes ao transporte de sedimentos, ao escoamento superficial e a conservação da umidade no solo (cf. Figura 6).

O escoamento superficial foi em grande parte das amostras maior na área sem a cobertura vegetal. Isto se torna evidente com a visualização das parcelas, de maneira que os sedimentos que estavam sendo transportados pela água, antes do crescimento da planta, agora vêm sendo barrados pela sua estrutura, constituída de troncos, raízes e serrapilheira.

As chuvas apresentam diferentes graus de erodibilidade, uma vez que quando é precipitado um grande volume em um curto período de tempo a água preenche os poros presentes no solo rapidamente, iniciando assim o fluxo superficial de água.

A umidade do solo tem um comportamento complexo, agindo tanto a favor quanto contra a erosão pluvial do solo. Quando o solo está pouco úmido, está susceptível à erosão pluvial por não manter suas partículas agregadas, mas tem a capacidade de absorver mais água, evitando assim o



escoamento superficial. Quando o solo está muito úmido suas partículas estão agregadas e são mais dificilmente separadas e transportadas pela ação do *splash*, porém ele está sujeito à saturação com o preenchimento de seus poros por água, que acarretará a formação de poças, e posteriormente o escoamento superficial quando o terreno for inclinado.



**Foto:** PINESE JÚNIOR, 2008.

Figura 6 - Crescimento rápido do feijão-de-porco, representando vantagens na cobertura inicial do solo

A umidade do solo tem a capacidade de manter suas partículas unidas, e também confere à capacidade que a cobertura vegetal tem em mantê-la por um período de tempo maior do que quando a cobertura está ausente, pelo sombreamento e pelo fato de as estruturas das plantas amortecerem e, posteriormente, liberarem lentamente a água das chuvas.

Porém, o solo fica susceptível à erosão quando está encharcado, pois quando seus poros estão preenchidos por água começa então o escoamento superficial, já que não é mais possível a absorção da precipitação.

A parcela com solo exposto mostrou valores altos de umidade do solo, porém não conseguia mantê-los após algum período de seca, diferentemente das parcelas com algum tipo de vegetação, que se mostraram eficazes em manter a umidade do solo por um período maior de tempo em estiagem (cf. Tabela 1).

A área que se mostrou mais eficaz em manter a umidade do solo é a área de feijão-de-porco, em que a estrutura de suas plantas consegue manter a umidade do solo por mais tempo após o período com poucas chuvas. A parcela em área de mata também se mostra eficaz em manter a umidade em períodos menos chuvosos, pela ação protetora da serrapilheira e da copa das árvores.

Os valores da correlação de Pearson ( $r$ ) entre os dados de umidade e precipitação, durante o período das coletas, mostram a influência da vegetação na relação entre estes dados. Estes resultados demonstram quanto a precipitação afeta na umidade do solo, e assim pode-se observar quais parcelas possuem a maior capacidade de mantê-la (cf. Tabela 2).

Tabela 1  
Umidade do Solo (%)

Data das Coletas	Parcelas							Precipitação (mm)
	1	2	3	4	5	6	7	
8/nov/07	2,41	0,16	0,52	0,69	0,39	0,19	0,19	27,50
13/nov/07	67,41	11,52	5,44	1,05	0,44	0,21	0,03	42,50
22/nov/07	44,84	14,16	13,41	0,66	0,29	0,02	0,04	50,00
29/nov/07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6/dez/07	89,13	49,81	20,64	11,97	0,77	0,00	0,02	52,50
11/dez/07	159,00	120,06	164,98	1,27	1,51	0,04	0,02	50,00
20/dez/07	204,01	128,55	48,92	60,62	0,41	0,06	0,03	102,50
10/jan/08	16,63	0,06	0,11	0,13	0,18	0,01	0,00	10,00
17/jan/08	0,54	0,04	0,05	0,14	0,12	0,02	0,00	18,75
24/jan/08	2,18	0,13	0,23	0,16	0,11	0,04	0,03	50,00
31/jan/08	58,31	37,81	11,64	2,49	0,35	0,09	0,04	115,00
8/fev/08	54,99	91,18	14,07	31,90	0,66	0,04	0,04	112,50
14/fev/08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	12,00
21/fev/08	54,21	4,03	0,72	5,39	0,10	0,03	0,02	67,50
28/fev/08	72,04	46,04	2,66	19,82	0,11	0,04	0,03	77,50
5/mar/08	27,64	20,31	1,50	2,88	0,08	0,04	0,03	50,00
27/mar/08	0,10	0,02	0,04	0,06	0,01	0,00	0,00	16,25
3/abr/08	32,54	9,63	0,11	0,27	0,05	0,01	0,03	20,00
10/abr/08	39,57	22,54	0,27	0,43	0,06	0,01	0,02	92,50
17/abr/08	8,63	2,50	0,07	0,23	0,06	0,01	0,02	42,50
29/abr/08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Total	934,20	558,54	285,37	140,16	5,69	0,85	0,58	1122,00

Tabela 2

Valores do coeficiente de determinação ( $R^2$ ) e da correlação de Pearson ( $r$ ), entre os valores de umidade e de precipitação

Parcelas	Correlação Linear	
	$R^2$	$r$
1	0,56	0,75
2	0,49	0,70
3	0,31	0,56
4	0,47	0,69
5	0,28	0,53
6	0,45	0,67
7	0,42	0,65

A parcela com solo exposto apresentou a correlação mais elevada ( $r=0,75$ ), representando que a umidade nesta parcela é fortemente influenciada pela precipitação. As parcelas com grama pensácola e com feijão-de-porco foram as que tiveram, respectivamente, as correlações mais baixas. Estes resultados comprovam que estas parcelas são as mais eficazes no que diz respeito a conservar a umidade do solo em períodos de seca.

Tal fato é de grande importância para controlar ou diminuir os processos erosivos, devido a agregação das partículas do solo pela água, que são, desta forma, mais dificilmente carregadas. As parcelas com maior cobertura vegetal se mostraram eficazes também na contenção de sedimentos, pela barreira que a estrutura da planta oferece ao impacto da chuva e posteriormente ao escoamento superficial. As parcelas em que não há vegetação ou em que a estrutura da planta não oferece grande proteção ao solo apresentaram valores altos de sedimentos transportados.

O material transportado em parcelas com cobertura foliar densa representa um material fino, composto por silte, argila e areia fina, apesar de conter a mesma quantidade ou até mesmo mais água escoada, quando comparada às parcelas com menor cobertura foliar, em um mesmo período de coleta. A maior parte dos sedimentos que foram transportados é proveniente da parcela com solo exposto. Esta parcela apresentou valores mais elevados em relação às outras parcelas em todas as coletas. (cf. Tabela 3).

Tabela 3  
Sedimentos Transportados (g/L)

Data das Coletas	Parcelas							Precipitação (mm)
	1	2	3	4	5	6	7	
8/nov/07	25,8	37,8	41,6	34,4	38,9	22,5	27,9	27,50
13/nov/07	28,7	25,2	23,2	33,1	37,2	25,1	21,6	42,50
22/nov/07	8,5	10,4	10,7	10,5	10,8	8,4	17,7	50,00
29/nov/07	13,7	10,2	10,0	7,6	12,5	12,7	13,9	0,00
6/dez/07	22,7	13,0	7,3	14,3	13,7	16,1	12,5	52,50
11/dez/07	20,4	16,4	18,9	17,8	20,9	25,9	13,9	50,00
20/dez/07	43,0	45,1	38,8	37,9	50,5	34,5	55,7	102,50
10/jan/08	12,5	10,0	10,7	11,4	14,2	14,4	14,6	10,00
17/jan/08	14,2	11,6	13,2	12,0	17,8	26,1	19,4	18,75
24/jan/08	31,2	30,3	30,0	33,2	39,1	32,1	28,6	50,00
31/jan/08	35,2	35,9	36,1	37,3	31,5	30,1	27,0	115,00
8/fev/08	34,1	27,1	27,3	29,0	36,9	30,5	31,7	112,50
14/fev/08	16,2	9,2	13,4	8,7	21,7	18,1	17,2	12,00
21/fev/08	21,2	26,8	32,7	28,0	36,5	23,8	24,2	67,50
28/fev/08	27,7	25,3	29,5	28,9	33,7	27,4	26,8	77,50
5/mar/08	20,2	12,8	16,2	16,9	22,9	19,8	24,7	50,00
27/mar/08	21,1	2,6	33,2	27,4	35,0	27,0	25,2	16,25
3/abr/08	17,1	13,4	20,1	16,2	24,7	18,5	17,9	20,00
10/abr/08	20,7	25,3	28,6	29,4	31,9	31,8	32,4	92,50
17/abr/08	22,8	20,7	15,3	25,7	20,4	22,4	29,3	42,50
29/abr/08	10,9	11,0	11,6	7,2	23,0	4,2	15,4	0,00
<b>Média</b>	<b>23,25</b>	<b>19,94</b>	<b>24,33</b>	<b>23,49</b>	<b>28,91</b>	<b>23,25</b>	<b>24,55</b>	<b>51,00</b>

O sombreamento gerado pelas folhas das plantas protege o solo da ação da radiação solar, que retira sua umidade mais rapidamente (cf. Figura 7). Em áreas com leguminosas o sombreamento gerado é maior devido a estrutura de suas folhas, que são mais largas quando comparadas as folhas das gramíneas.



Foto: PINESE JÚNIOR, 2008.

Figura 7: Visão interna da parcela com feijão-de-porco, capturada paralelamente ao solo, possibilitando a visualização do sombreamento proporcionado pelas folhas.

Em áreas de florestas o sombreamento é ocasionado não somente pela copa das árvores, mas também pela presença de serrapilheira. A serrapilheira além de ser uma barreira a radiação solar, que diminuiria a umidade do solo, proporciona também a sua sustentação após as chuvas. Esta matéria morta aprisiona a água das chuvas e a distribui de forma mais lenta ao solo, o que dificulta a saturação do solo por excesso de água (cf. Figura 8).

Com escoamento superficial, proveniente da saturação do solo em absorver água da chuva, são levadas partículas de solo, sejam elas dissolvidas no material que escoou ou transportadas por meio da energia cinética da água.

A relação entre o escoamento superficial e a precipitação não foi muito forte nas parcelas em áreas de grama pensácola e mata. A relação entre a quantidade de sedimentos transportados por litro de escoamento nestas parcelas foi menor do que a relação nas demais parcelas (cf. Tabela 4).

Os valores de correlação entre o escoamento superficial e o transporte de sedimentos para a parcela com solo exposto é moderado ( $r=0,73$ ), não comprovando correlação entre escoamento superficial e precipitação. Esta correlação é moderada devido ao fato de não haver proporcionalidade entre estes fatores, ou seja, mesmo quando há uma baixa precipitação o escoamento superficial é elevado. As áreas com solo exposto não apresentam artifícios que aumentem a infiltração da água no solo e nem barreiras que impeçam o aumento da energia cinética do escoamento superficial, e que, sendo assim, atinge uma grande capacidade de transportar sedimentos.





Foto: PINESE JÚNIOR, 2008

Figura 8: Vista aérea da parcela em área de mata, possibilitando a visualização da sustentação da umidade, proporcionada pela serrapilheira, e a ação detentora das gotas da chuva e dos raios solares

Tabela 4

Valores do coeficiente de determinação ( $R^2$ ) e da correlação de Pearson ( $r$ ), entre os valores de escoamento superficial e de precipitação

Parcelas	Correlação Linear	
	$R^2$	$r$
1	0,54	0,73
2	0,61	0,78
3	0,51	0,71
4	0,65	0,81
5	0,91	0,95
6	0,54	0,73
7	0,40	0,63

A parcela com feijão-de-porco apresentou correlação forte ( $r=0,95$ ) entre o escoamento superficial e a precipitação, uma vez que este tipo de vegetação é capaz de conter os sedimentos que foram erodidos, mas não é capaz de barrar o escoamento superficial. As correlações fracas entre os valores de escoamento superficial e precipitação indicam que mesmo com valores altos de precipitação não houve relação proporcional ao escoamento superficial, nestes usos da terra. Sendo assim as parcelas

com correlação fraca entre escoamento superficial e precipitação são eficazes na contenção do fluxo descendente de água.

O escoamento superficial se mostrou inversamente proporcional à cobertura vegetal, indicando que esta é uma proteção eficaz para a contenção do fluxo superficial, por oferecer uma barreira física contra o aumento da energia cinética do escoamento. Quanto mais densa é a cobertura vegetal e a serrapilheira no solo, mais eficaz é a planta no controle do processo erosivo a estas condições. As plantas apresentam também caráter facilitador da infiltração e por isso aumentam a capacidade do solo em absorver água, facilitando caminhos descendentes e dificultando a sua saturação do solo por umidade (cf. Tabela 5).

Tabela 5  
Escoamento Superficial (L/m<sup>2</sup>)

Data das Coletas	Parcelas							Precipitação (mm)
	1	2	3	4	5	6	7	
8/nov/07	1,0	0,6	0,4	0,8	0,6	1,6	1,2	27,50
13/nov/07	12,0	2,3	2,0	1,4	1,0	0,8	0,2	42,50
22/nov/07	12,0	6,8	8,0	1,9	1,3	0,8	1,0	50,00
29/nov/07	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,00
6/dez/07	12,0	11,1	12,0	4,1	1,5	0,8	0,6	52,50
11/dez/07	12,0	12,0	10,7	5,7	1,5	0,6	0,2	50,00
20/dez/07	12,0	12,0	12,0	12,0	1,6	1,1	0,8	102,50
10/jan/08	1,9	0,2	0,1	0,2	0,2	0,1	0,0	10,00
17/jan/08	0,2	0,3	0,2	0,4	0,4	0,1	0,0	18,75
24/jan/08	3,3	1,2	0,8	1,5	0,9	0,5	0,1	50,00
31/jan/08	12,0	11,0	9,0	5,4	3,0	1,3	1,9	115,00
8/fev/08	12,0	12,0	12,0	12,0	2,7	1,3	0,6	112,50
14/fev/08	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12,00
21/fev/08	12,0	10,0	1,6	4,8	1,4	0,7	0,2	67,50
28/fev/08	12,0	12,0	9,0	12,0	2,0	0,9	0,5	77,50
5/mar/08	12,0	12,0	4,1	4,6	1,2	0,5	0,3	50,00
27/mar/08	0,1	0,2	0,1	0,4	0,3	0,1	0,0	16,25
3/abr/08	11,2	9,8	0,5	0,9	0,6	0,2	0,3	20,00
10/abr/08	12,0	12,0	1,5	3,1	2,3	0,6	0,5	92,50
17/abr/08	12,0	6,9	0,4	1,2	1,2	0,3	0,3	42,50
29/abr/08	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,00
<b>Total</b>	<b>110,8</b>	<b>99,4</b>	<b>44,5</b>	<b>55,6</b>	<b>18,2</b>	<b>7,45</b>	<b>5,54</b>	<b>1122,00</b>

O processo de erosão que ocorreu nas parcelas foi a do tipo laminar, em que a desagregação e deslocamento do material se processam superficialmente, sem a ocorrência de sulcos. A erosão desgasta por igual, retirando uma lamina da superfície. (GALETI, 1973)

Não houve a formação de sulcos de erosão devido ao comprimento da parcela e a baixa inclinação do local, que não permitem que o escoamento superficial atinja uma maior velocidade. Entretanto,

antes de dizer qual é o melhor tipo de vegetação para a contenção de erosão ou para a recuperação de áreas degradadas, é possível dizer então que a sua presença já é um grande avanço.

Levando em consideração que as gramíneas são eficientes na contenção da erosão laminar e as leguminosas na contenção da ação erosiva da gota da chuva, é importante que se cruze a utilização destes dois tipos de vegetação no que se refere à recuperação de áreas degradadas. As gramíneas e as leguminosas juntas atuam na diminuição inicial da erosão e criam condições no solo, principalmente no sentido de agregar suas partículas, que darão suporte aos outros estratos vegetativos que devem também ser inseridos, como arbustos ou árvores nativas da região, que criariam uma situação favorável à estabilidade deste ambiente.

O tempo de se efetuar o plantio destes diferentes tipos de vegetação para a recuperação de áreas degradadas, as gramíneas, as leguminosas e as arbustivas ou arbóreas, deve ser realizado de acordo com a velocidade de crescimento e competitividade de cada uma delas. As leguminosas, como têm crescimento rápido, devem ser as primeiras a ser semeadas, seguida das gramíneas, para que cubra rapidamente o solo. Posteriormente deve ser realizado o plantio das plantas de maior porte, através de mudas previamente semeadas. O plantio pode ser realizado também em corredores, onde são intercalados os diferentes portes vegetativos.

De acordo com observações de campo no dia 08/02/08 foi registrado que estava chovendo a duas semanas, com grande volume de precipitação, porém bem distribuída ao longo desse período. Este fato gerou 227,5 milímetros de precipitação em um intervalo de duas semanas, o que proporcionou com que o solo ficasse encharcado e a infiltração se tornou menor do que o volume precipitado. Desta forma, o volume de escoamento superficial foi elevado em todas as parcelas, porém, não passando de 3 litros por metros quadrados nas parcelas com mais vegetação, constituídas por feijão-de-porco, brachiaria e mata.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

No município de Uberlândia as terras são amplamente exploradas pela agricultura, que se beneficia de um relevo relativamente plano, clima favorável e solos férteis, possibilitando então um intenso uso do solo e assim agravando os processos erosivos.

Esta intensificação dos processos erosivos se deve ao fato de os produtores rurais não utilizarem corretos manejos da terra, sobrecarregando o uso e utilizando maquinário inapropriado. É importante mostrar com este trabalho as perdas de solo em cada um dos usos da terra que foram estudados, advertindo assim aos malefícios da utilização errada da terra.

Os resultados sobre a influência da cobertura vegetal na proteção do solo contra a erosão pluvial comprovaram a importância das leguminosas e principalmente das florestas na proteção do solo, garantindo a interceptação das chuvas, infiltração e a diminuição do escoamento superficial. As áreas de plantio garantiram uma proteção inicial, formando uma "barreira" contra o escoamento superficial e produção de sedimentos, porém o problema se agrava após a colheita, em que a cobertura do solo é retirada e o solo sofre compactação por ação das máquinas. É preciso cuidado no manejo de usos do solo com plantio, tentando equilibrar o uso às fragilidades do ambiente.

As gramíneas formam obstáculos físicos ao escoamento superficial da água, controlando a energia cinética do fluxo descendente. Como uma solução ao processo erosivo em encostas ou à recuperação de áreas degradadas, tem-se que a melhor alternativa é o consórcio de diferentes estratos vegetativos no local. Primeiramente devem ser inseridas as leguminosas, que proporcionarão uma rápida cobertura do solo, seguido do plantio das gramíneas, que vão agir na contenção do escoamento superficial, e posteriormente com a vegetação arbórea, que irá direcionar o local a um equilíbrio ambiental, aumentando a proteção do solo com a copa das árvores e a serrapilheira produzida.

## REFERÊNCIAS

AGRANUAL 2000: **Anuário estatístico da agricultura brasileira**. São Paulo: FNP Consultoria & Comércio, 1999. p. 421-438.

ALVARENGA, M.I.N.; SILVEIRA, D.A.; PASSOS, R.R.; BAHIA, V.G.. Manejo visando à conservação e recuperação de solos altamente susceptíveis à erosão sob os aspectos físicos, químicos e biológicos. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.19, n.191, p.49-58, 1998.

- BACCARO, C.A.D. Os estudos experimentais aplicados na avaliação dos processos geomorfológicos de escoamento pluvial em área de Cerrado. **Revista Sociedade & Natureza**. Uberlândia: Edufu, ns. 9 e 10, p. 55-62, 1993.
- BACCARO, C.A.D. Processos erosivos no Domínio do Cerrado. In: GUERRA, Antônio J. Teixeira; SILVA, Antônio Soares da; BOTELHO, Rosângela G. Machado (Org). **Erosão e Conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações**. 1. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999. 195-227p.
- BEZERRA, J.F.R.; GUERRA, A.J.T.; RODRIGUES, S.C. Monitoramento e avaliação de geotêxteis na recuperação de um solo degradado por erosão, Fazenda Experimental do Glória, Uberlândia – MG. In: VI Simpósio Nacional de Geomorfologia, 2006, Goiânia. **Anais do VI Simpósio Nacional de Geomorfologia**. 2006.
- BRITO, J.L.S. **Elaboração de um mapa de uso da terra recomendado da Bacia do Ribeirão Bom Jardim, Triângulo Mineiro-MG, utilizando SIG**. Anais XI SBSR, Belo Horizonte, Brasil, 05 - 10 abril 2003, INPE, p. 1749 – 1754.
- CARRIJO, B.R., BACCARO, C.A.D. Análise sobre a erosão hídrica na área urbana de Uberlândia (MG). **Caminhos de Geografia** 1(2)70-83, dez/2000.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. 2ª ed. Rio de Janeiro, CNPS - Ministério da Agricultura e do Abastecimento, 1997. 212p.
- FALLEIRO, R.M.; SOUZA, C.M.; SILVA, C.S.W.; SEDIYAMA, C.S.; SILVA, A.A.; FAGUNDES, J.L. Influência dos sistemas de preparo nas propriedades químicas e físicas do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. vol.27, nº.6. Viçosa Nov./Dec., 2003.
- GALETI, P.A. **Conservação do Solo; Reflorestamento; Clima**. 2. ed. Campinas, Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1973.
- GUERRA, A.J.T.; CUNHA, S.B. **Geomorfologia: exercícios, técnicas e aplicações**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996.
- GUERRA, A.J.T. **O início do processo erosivo** In: BOTELHO, R.G.M.; GUERRA, A.J.T.; SILVA, A.S. Erosão e conservação do solo: conceitos tema e aplicações. Bertrand Brasil: Rio de Janeiro, RJ, 1999.
- GUERRA, A.T.; GUERRA, A.J.T. **Novo Dicionário Geológico e Geomorfológico**. 5ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2006.
- GUERRA, A.J.T.; SILVA, A.S. & BOTELHO, R.G.M. (Org). **Erosão e Conservação dos Solos: conceitos, temas e aplicações**. 2ª Ed. Rio de Janeiro. Bertrand Brasil. 2005.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Mapa de Solos do Brasil**. 2001.
- KINNELL, P.I.A. Modelling Erosion by Rain-Impacted Flow. In: **Catena. Soil erosion: experiments and models**. Supplement 17, p. 55-66. 1990.
- MICROSOFT. **Microsoft Office Excel 2007**. Microsoft Corporation, Copyright (C), 2008.
- NISHIYAMA, L. Geologia do Município de Uberlândia e Áreas Adjacentes. **Revista Sociedade e Natureza**. Uberlândia, 1 (1): p. 9-16, junho 1989.
- PINESE JÚNIOR, J.F.; GARBIN JUNIOR, E.; RODRIGUES, S.C. Análise do transporte de sedimentos com diferentes tipos de uso do solo em calhas de Gerlach (1967) na Fazenda Experimental do Glória, Uberlândia – MG. In: VI Simpósio Nacional de Geomorfologia, 2006, Goiânia. **Anais do VI Simpósio Nacional de Geomorfologia**. 2006. v. 01. p. 99.
- RODRIGUES, S.C. Análise da fragilidade do relevo. Abordagem empírico experimental. **Revista Sociedade & Natureza**. Uberlândia, 12 (23): 167-189, janeiro/junho. 2000.
- SILVA, J.B. **Avaliação da perda de solo por fluxo superficial utilizando parcelas experimentais: estudo de caso na bacia hidrográfica do córrego do Glória em Uberlândia – MG**. Dissertação (mestrado) 2006 – Universidade Federal de Uberlândia, Programa de Pós-Graduação em Geografia. 2006. 147 p.



SOUZA, L.H.F. A Transformação Técnico-científica no Meio Rural brasileiro pós 1990: uma reflexão sobre os impactos herdados do processo de modernização agrícola. **Revista Sociedade & Natureza**, Uberlândia, 17 (32): 47-60, jun. 2005.

TOWNSEND, C.R.; BEGON, M.; HARPER, J.L. **Fundamentos em ecologia**. 2. ed. Porto Alegre, Artmed, 2006. 592 p.

VOLK, L.B.S. **Condições físicas da camada superficial do solo resultantes do seu manejo e indicadores de qualidade para redução da erosão hídrica e do escoamento superficial**. Tese de Doutorado em Ciência do Solo, Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS. (149 p.) Setembro, 2006.