



UNIVERSIDADE FEDERAL DE RORAIMA
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS NATURAIS

ISABEL CRISTINA LEÃO PINHEIRO

**AVALIAÇÃO DE PERDAS DE SOLO E ÁGUA POR EROSÃO EM SISTEMAS DE
CULTIVO SOB CHUVA NATURAL NO AMBIENTE DE SAVANA EM BOAVISTA,
RORAIMA**

Boa Vista

2010

ISABEL CRISTINA LEÃO PINHEIRO

AVALIAÇÃO DE PERDAS DE SOLO E ÁGUA POR EROSÃO EM SISTEMAS DE CULTIVO SOB CHUVA NATURAL NO AMBIENTE DE SAVANA EM BOAVISTA, RORAIMA

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Recursos Naturais do Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais – PRONAT da Universidade Federal de Roraima como pré-requisito para obtenção do título de Mestre em Recursos Naturais, com área de concentração em Manejo de Bacias Hidrográficas.

Orientador: Prof. Dr. Wellington Farias Araújo

Boa Vista

2010

Dados Internacionais de Catalogação-na-publicação (CIP)

P654a Pinheiro, Isabel Cristina Leão
 Avaliação de perdas de solo e água por erosão em
 sistemas de cultivo sob chuva natural no ambiente de savana
 em Boa Vista. – Boa Vista, 2010.
 62 f. : il.
 Orientador: Prof. Dr. Wellington Farias Araújo.
 Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de
 Roraima, Programa de Pós-graduação em Recursos
 Naturais.

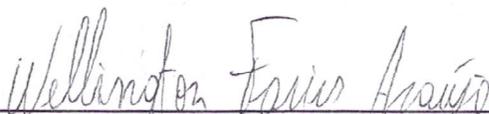
 1 – Solos. 2- Agricultura. 3- Erosão. 4 - Chuvas. 5-
 Roraima. I- Título. II – Araújo, Wellington Farias
 (orientador).

CDU – 631.4

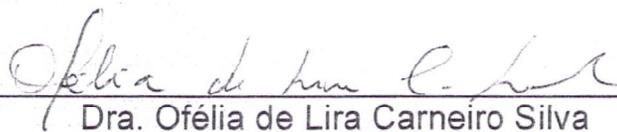
Isabel Cristina Leão Pinheiro

Avaliação de perdas de solo e água por erosão em sistemas de cultivo sob chuva natural em ambiente de savana em Boa Vista, Roraima.

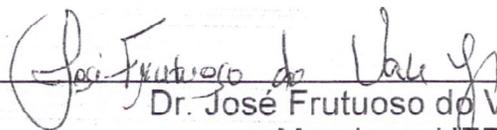
Dissertação apresentada como pré-requisito para conclusão do Curso de Mestrado em Recursos Naturais da Universidade Federal de Roraima, defendida em 30 de agosto de 2010 e avaliada pela seguinte banca examinadora:



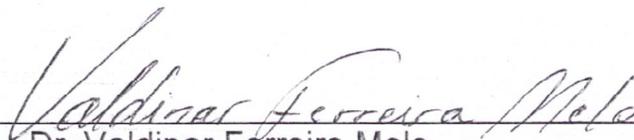
Dr. Wellington Farias Araújo
Orientador - UFRR



Dra. Ofélia de Lira Carneiro Silva
Membro - UFRR



Dr. José Frutuoso do Vale Júnior
Membro - UFRR



Dr. Valdinar Ferreira Melo
Membro - UFRR

Aos meus pais Geraldo e Geralda, *in memoriam*.
Aos meus filhos Carolina Pinheiro e Filipe Pinheiro.
Ao meu esposo querido, Frank James Araújo Pinheiro.

Ofereço

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela vida.

À Universidade Federal de Roraima – UFRR, pela oportunidade de aperfeiçoamento.

Ao PRONAT/CAPES, por viabilizar a realização do Curso de Mestrado.

Aos professores Coordenadores do Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais, Professor Dr. Marcos José Salgado Vital e Professora Dr^a Gardênia Holanda Cabral, pela competência e dedicação.

À secretária Lídia de Souza Coelho, pelo carinho e apoio.

Ao Departamento de Solos e Engenharia Agrícola, pelo apoio nos trabalhos de Campo.

Ao meu orientador Professor Dr. Wellington Farias Araújo, pelos ensinamentos.

Especial ao Professor Dr. Frank James Araújo Pinheiro, pela sabedoria e colaboração nas análises estatísticas e ao Professor Dr. Valdinar Ferreira Melo, pelos ensinamentos e amizade.

Aos estudantes do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Roraima, Beroaldo C. Evangelista, Diego Lima de S. Cruz, Marina Keiko Welter, Pedro Paulo R. R. Nascimento e Stefanny Araújo Martins, pela colaboração e amizade.

Aos funcionários de campo do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Roraima, Adão Barradas da Silva, Edelman Carvalho da Silva, Elissandro Costa Reis, Rivelino Nascimento da Costa, pela ajuda e amizade.

Ao laboratorista do Laboratório de Solos da EMBRAPA-RR, Márcio André de Melo e Silva, pela ajuda e amizade.

A minha irmã Eufrosina Terezinha Leão Carvalho, pelo incentivo e carinho.

Aos colegas de curso, pelo convívio.

Em especial, às colegas Eliana Fernandes Furtado, Francisca Edjane Marcelino Magalhães, Inayê Uliana Perez e Naiara Marta Conceição dos Santos, presentes nos momentos difíceis e felizes, compartilhados.

A essência do sábio é ser como a água. Por assim ser, se nivela por baixo, penetra em todos os lugares e nada força, mas tudo alcança. Não será atingido e não agride o agressor, mas todo agressor se molha.

Lao Tsu

RESUMO

O estudo avaliou a perda de solo e de água por erosão, que ocorre através do escoamento superficial (run off), em savana nativa, solo descoberto, e em plantios de milho (*Zea mays* L.), feijão caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp.), melancia (*Citrillun canatus*) e capim braquiária (*Brachiaria brizantha* (Hochst) Stapf), entre os meses de junho de 2009 e julho de 2010 no Campus do Cauamé da Universidade Federal de Roraima, UFRR. Após a instalação das quadras coletoras de sedimentos, em Latossolo Amarelo Distrocoeso, acopladas a tanques para captação do solo e água, em ambiente de savana, foram determinados os percentuais de cobertura vegetal e os parâmetros físicos relacionados à perda de solo como a composição granulométrica, a densidade do solo (Ds), a resistência à penetração (RP), a velocidade de infiltração básica (VIB) e a umidade. O monitoramento das condições climáticas foi realizado pela estação meteorológica automatizada adjacente à área experimental. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado com cinco tratamentos e duas repetições por tratamento. Os resultados indicam perdas de solo de 20,53 t ha⁻¹ e de água de 3.559,04 m³ ha⁻¹, para o tratamento sem proteção vegetal; com a proteção de feijão e de milho as perdas de solo e água foram reduzidas de 63% e 29% e de 57% e 21,8%, respectivamente. A cobertura vegetal mais densa e permanente foi o fator que mais contribuiu para a redução de perda de solo por erosão. As gramíneas (nativa e exótica) foram mais eficientes no controle da erosão, reduzindo as perdas de solo e água em 90,6% e 55,8% e de 60,6% e 16,1%, respectivamente, em relação à cobertura com culturas anuais (feijão e milho). Os resultados indicam que nenhum dos tratamentos promoveu alteração significativa na densidade do solo e na resistência à penetração do solo, durante o período experimental de oito meses.

Palavras-chave: Savana; Latossolo Amarelo; escoamento superficial; uso da terra; Amazônia.

ABSTRACT

The research analysed the loss of soil and water caused by erosion which happens by run off in savannah, uncovered soil, in corn crop (*Zea mays* L.), Caupi crop (*Vigna unguiculata* L. Walp), watermelon crop (*Citrillun canatus*), and pasture (*Brachiaria brizantha* Hochst Stapf), between the period of June 2009 and June 2010 on Cauamé Campus at the Federal University of Roraima, UFRR, Boa Vista, Roraima. After sediment collecting squares being installed in Yellow Latosol, and then being attached to water and soil collecting tanks in savannah environment, the percentage rates of ground cover and the physical parameters related to the loss of soil were determined, such as grain composition, bulk density (Ds), penetration resistance (RP), basic infiltration velocity (VIB) and humidity. The monitoring of climatic conditions was done by the automated meteorological station beside to experimental area. The experimental delineation was entirely done using five different treatments and two repetitions per treatment. The result indicates losses of soil (20,53 t ha⁻¹) and water (3.559,04 m³ ha⁻¹) using the treatment without ground cover; using beans and corn crop covers, the loss of soil and water were reduced to 63% - 29% and 57% - 21,8%, respectively. A denser and permanent ground cover was a prior fact for a reduction in the loss of soil and water caused by erosion. The grass cover (native and exotic) was more efficient in erosion control, reducing the losses of soil and water to 90, 6% - 55, 8% and 60, 6% and 16%, respectively, compared to annual crops (beans and corn). The results indicate that neither treatment promoted significant changes in soil density or penetration resistance during the experimental period of eight months.

Key-words: Savannah; Yellow Latosol; run off; land use; Amazonia.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	- Imagem de satélite da área de estudo no Campus do Caumé da Universidade Federal de Roraima (Fonte: Google Earth, 2007).....	27
Figura 2	- Detalhe do relevo da área experimental no campus do Caumé da UFRR, Boa Vista – RR	28
Figura 3	- Mapa detalhado dos solos do Campus do Cauamé da UFRR, Boa Vista Roraima Fonte: BENEDETTI (2007).....	29
Figura 4	- Estação meteorológica do campus do Caumé da UFRR, Boa Vista – RR.	30
Figura 5	- Área experimental em savana graminosa (A) e perfil com destaque à profundidade e coloração amarela do Latossolo Amarelo Distrocoeso (B)	31
Figura 6	- Dimensões da quadra coletora de sedimentos e água utilizada nos sistemas de plantio milho, feijão caupi, melancia/capim braquiária, vegetação nativa e solo descoberto, no Campus do Cauamé da UFRR	33
Figura 7	- Exemplares de quadras com plantio de milho (A) cobertura natural (B), feijão (C) e capim braquiária (D)	34
Figura 8	- Detalhes de uma quadra de solo descoberto (A) e tanque de coleta de material erodido (B).....	35
Figura 9	- Variação da cobertura foliar conforme o ciclo de desenvolvimento das plantas, período de 23/05 a 11/07/2010.....	37
Figura 10	- Detalhes dos anéis do infiltrômetro (A) e do penetrômetro na área experimental do Campus Cauamé - UFRR (B).....	38

Figura 11 - Composição granulométrica A (argila), B (silte) e C (areia) nos tratamentos com Feijão (Fe), Milho (Mi), Capim braquiária (Cb), Cobertura Natural (CN) e Solo Descoberto (SD). Médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente entre si, segundo o teste de Tukey a 5% de probabilidade	45
Figura 12 - Umidade (A), densidade (B) e resistência à penetração (C) nos tratamentos com Feijão (Fe), Milho (Mi), Capim braquiária (Cb), Cobertura Natural (CN) e Solo Descoberto (SD). Médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente entre si, segundo o teste de Tukey a 5% de probabilidade	48
Figura 13 - Experimento I: Precipitação, intensidade, energia cinética e perdas de solo e água em relação à cobertura vegetal para os tratamentos com Solo Descoberto e Cobertura Natural, Milho, Feijão e Capim braquiária, ano de 2010.....	49
Figura 14 - Experimento II: Precipitação, intensidade, energia cinética e perdas de solo e água em relação à cobertura vegetal para os tratamentos com Solo Descoberto e Cobertura Natural, Feijão, Milho e Capim braquiária, no ano de 2010.....	50

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 - Valores totais de precipitação (mm), perda de solo ($t\ ha^{-1}\ mês^{-1}$) e água ($m^3\ ha^{-1}\ mês^{-1}$) por erosão hídrica para os tratamentos Feijão (Fe), Cobertura Natural (CN), Solo Descoberto (SD), Milho (Mi) e Melancia (Me) /Capim braquiária (Cb) de alguns meses dos anos de 2009 e 2010 .. 41
- Tabela 2 - Valores de perda de solo e água para os tratamentos Feijão (Fe), Cobertura Natural (CN), Solo Descoberto (SD), Milho (Mi) e Capim braquiária (Cb)..... 42
- Tabela 3 - Valores médios de infiltração..... 46

LISTA DE ABREVIATURAS

Fe	Feijão
CN	Cobertura Natural
SD	Solo Descoberto
Mi	Milho
Cb	Capim braquiária

SUMÁRIO

	RESUMO	
	ABSTRACT	
	LISTA DE FIGURAS	
	LISTA DE TABELAS	
	LISTA DE ABREVIATURAS	
1	INTRODUÇÃO	15
1.2	Fatores que Influenciam no Processo Erosivo.....	16
1.2.1	Chuva	16
1.2.2	Topografia	17
1.2.3	Cobertura Vegetal	18
1.2.4	Características Físico-Hídricas.....	20
1.2.5	Práticas de Uso e Manejo de Solo.....	21
1.2.6	Erodibilidade dos Solos.....	23
2	OBJETIVO GERAL	26
2.1	Objetivos Específicos.....	26
3	MATERIAL E MÉTODOS	27
3.1	Localização da Área do Estudo.....	27
3.2	Caracterização Geológica e Geomorfológica do Ambiente de Savana.....	28
3.3	Caracterização Pedológica do Ambiente de Savana.....	28
3.4	Caracterização Climática.....	30
3.5	Caracterização Fitofisionômica.....	31
3.6	Instalação das Quadras Coletoras.....	32
3.6.1	Coleta de Dados.....	35
3.6.2	Análises Estatísticas.....	35
3.6.3	Determinação do Percentual de Cobertura Vegetal	36
3.6.4	Teste de Infiltração	38
3.6.5	Resistência Mecânica à Penetração	38
3.6.6	Composição Granulométrica	39
3.6.7	Densidade do Solo	39
3.6.8	Umidade Gravimétrica.....	39
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	41

4.1	Perdas de Solo e Água por Escoamento Superficial (run off).....	41
5	CONCLUSÕES	53
	REFERÊNCIAS	54

1 INTRODUÇÃO

Erosão é um fenômeno complexo, envolve desagregação, transporte e deposição de partículas do solo, produzida, sobretudo, pela ação combinada da gravidade, da água da chuva e dos ventos. Caracteriza-se como a principal forma de degradação dos solos no Brasil e é resultante da ação conjunta do impacto das gotas de chuva e da enxurrada que, além, de partículas de solo em suspensão, transporta nutrientes, matéria orgânica e substâncias químicas, causando prejuízo às atividades agrícolas (BERTOL et al., 2007).

O escoamento superficial é, portanto, o responsável pela redução da capacidade de suporte da vida vegetal desencadeando sérios danos ambientais como o assoreamento e poluição das águas (ZARTL et al., 2001; COGO et al., 2003); afetando, ainda, a qualidade de vida das populações (COGO et al., 2004).

Em termos globais, a erosão do solo contabiliza, por ano, aproximadamente $1,9 \times 10^{11}$ t de sedimentos, sendo que 10 % desse montante são transportados para os oceanos (LAL, 1995). Estima-se que durante os últimos 40 anos cerca de 1/3 do total das terras aráveis do mundo foram permanentemente degradadas pela erosão e continuam sendo, embora a uma razão de 10×10^6 ha ano⁻¹, constituindo-se uma das maiores ameaças para o desenvolvimento sustentável e capacidade produtiva da agricultura (PIMENTEL et al., 1995).

O uso e o manejo adequados do solo constituem o principal meio de aumentar sua resistência à erosão hídrica. O estabelecimento de culturas está associado a condições restritivas impostas pelo tipo e pelo manejo de solo. Pereira et al. (2003), analisando o efeito de diferentes vazões de escoamento superficial e declividade nas perdas de solo resultantes, concluíram que a declividade apresentou um efeito mais expressivo nas taxas de perda de solo do que a vazão, demonstrando que o cultivo inadequado em encostas declivosas pode acarretar vultosas perdas de solo.

Cassol e Reichert (2000) alertam que a pesquisa de erosão no Brasil não pode ficar restrita aos aspectos agronômicos, em parcelas experimentais, sob condições de solo e de manejo, mas que a pesquisa seja desenvolvida em microbacias e bacias hidrográficas, privilegiando também os aspectos de engenharia, além dos aspectos ambientais.

Desse modo, 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). A perda de solo nos diversos sistemas de produção e de manejo é uma constante preocupação de vários pesquisadores. Diante ao exposto, novos estudos edafológicos em Roraima possibilitam a indicação segura de uso e manejo que se

pode atribuir aos diferentes tipos de solo e gerar subsídios para a implementação de uma política que garanta a sustentabilidade das atividades agrícolas no extremo norte da Amazônia brasileira.

1.2 Fatores que Influenciam o Processo Erosivo

O processo erosivo depende de fatores como a chuva (intensidade, duração e frequência), solo (erodibilidade), topografia (declividade e comprimento da encosta), cobertura vegetal, manejo e práticas conservacionistas (COGO et al., 2003; PRUSKI, 2006). Segundo Alvarenga e Souza (1997), a erosão é causada pela perda diferenciada de solo em função de sua variabilidade, e as taxas de perdas vão depender de sua suscetibilidade à erosão.

Bertol et al. (2002) reforçam que a erosão dos solos brasileiros apresenta grande variabilidade, explicada pela diversidade climática, que influi no potencial erosivo das chuvas, e pela variabilidade de solo, que tem influência na sua suscetibilidade à erosão. Desse modo, ocorrem solos mais ou menos suscetíveis à erosão, tanto no ponto de vista de sua pedogênese quanto no manejo adotado.

1.2.1 Chuva

A chuva é um dos fatores climáticos de maior importância na erosão dos solos e as suas características que mais interferem no processo erosivo são: a intensidade, a duração e a distribuição ou frequência (BERTONI; LOMBARDI NETTO, 2008).

Segundo Guerra (1999), a ação do *splash*, ou erosão por salpicamento, é o estágio mais inicial do processo erosivo, pois prepara as partículas que compõem o solo, para serem transportadas pelo escoamento superficial. Trabalhos experimentais têm demonstrado o significado da ação morfogenética do pingo da chuva, responsável pela desagregação do material, sobretudo quando a superfície da vertente encontra-se desprotegida. Carson; Kirkby (1972) citam deslocamento de partículas desde curtas distâncias, da ordem de alguns milímetros, até maiores distâncias, podendo atingir o raio de 10 centímetros em relação ao ponto de impacto, da mesma forma o *splash* move diretamente detritos em torno de 10 mm de diâmetro, e indiretamente pode deslocar fragmentos de maiores dimensões.

Guerra (1999) chama atenção ainda para a formação de crostas superficiais que provocam a selagem dos solos: o papel do *splash* varia não só com a resistência do solo ao impacto das gotas de água, mas também com a própria energia cinética das gotas de chuva.

Dependendo da energia impactada sobre o solo, vai ocorrer, com maior ou menor facilidade, a ruptura dos agregados, formando as crostas que provocam a selagem dos solos. A compactação resultante do impacto de gotas de chuva cria uma crosta superficial de 0,1 a 3,0 mm de espessura (FARRES, 1978), que pode implicar na redução da capacidade de infiltração superior a 50 %, dependendo das características do solo (MORIN; BENYMINI; MICHAELI, 1981).

Schaefer et al. (2002), analisando as perdas de solo, nutrientes, matéria orgânica e os efeitos micro-estruturais na formação do selamento de um Argissolo Vermelho Amarelo sobre chuva simulada em Viçosa, Minas Gerais, observaram o desenvolvimento de crostas ou selamento, que contribuíram para os efeitos de enxurrada (*run off*), pois a distribuição dos agregados do solo afetou o processo de infiltração. As perdas de água da chuva na forma de enxurrada geralmente são menos influenciadas pelo efeito da cobertura e manejo do solo do que as perdas de solo, já que este apresenta capacidade-limite de absorção de água (MELLO et al., 2003; BERTOL et al., 2007). Ultrapassado tal limite, o excesso de água da chuva escoava, independentemente do sistema de manejo empregado. Isso ocorre especialmente sob chuvas de longa duração e volume elevado, as quais saturam o solo e produzem grandes enxurradas (BERTOL et al., 2007).

1.2.2 Topografia

A chuva é um dos agentes modelador do relevo, dependendo de sua intensidade se destaca como o principal fator condicionador do processo erosivo.

A intensificação do fluxo de escoamento é proporcional ao declive, ao comprimento de rampa e ao grau de convexidade da vertente, demonstrando tendência à susceptibilidade erosiva, sobretudo quando outras variáveis são ativadas, como a erodibilidade da formação superficial e intervenções antrópicas. As formações superficiais, juntamente com as intervenções antrópicas como o plantio “morro abaixo”, respondem por compactação e impermeabilização da superfície do solo; implica na redução da infiltração, resistência à penetração do sistema radicular e conseqüente aumento do escoamento, intensificando o potencial erosivo (CASSETI, 1991).

O estudo em um sistema de produção aveia preta - soja em preparo convencional, constituído por uma aração e uma gradagem, mesmo com as operações de preparo do solo e semeadura em contorno, melhoria da fertilidade do solo e alta resistência deste à erosão, apresentou perdas anuais de solo por erosão, em declives superiores a $0,04 \text{ m.m}^{-1}$ muito

próximas do limite tolerável, no comprimento de rampa de 21 m utilizado nas parcelas experimentais estudadas (COGO; LEVIEN; SCHWARZ, 2003).

Souza et al. (2004) avaliaram a variabilidade espacial de fatores de erosão em latossolos sob diferentes formas de relevo, em áreas de cultivo de cana-de-açúcar, constataram que pequenas variações nas formas de relevo condicionam variabilidade diferenciada para os fatores de erosão do solo. Bertoni (1959) estimou que um terreno com 20 metros de comprimento e 20 % de declividade tem a mesma perda de terra que um de 180 metros de comprimento e com apenas 1% de declividade.

Panachuki et al. (2006) ao avaliarem as perdas de solo e de água em pastagens e em plantio direto, em uma área cultivada no sistema de integração agricultura-pecuária, sob chuva simulada, obtiveram os valores médios acumulados de perda de solo variando de 1,33 a 10,50 g m⁻² e as perdas de água assumiram valores variáveis entre 1,34. 10⁻³ e 34,64 10⁻³ m³ m⁻². As maiores intensidades de precipitação promoveram também maiores perdas de solo e de água, com maior perda de solo no plantio direto e maior perda de água na pastagem.

Portanto, o estudo da dinâmica das vertentes é essencial, não somente para uma compreensão da evolução da paisagem geográfica, 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).

1.2.3 Cobertura Vegetal

A cobertura vegetal é o fator de maior influência no processo erosivo, evita o impacto direto das gotas de chuva sobre o solo desnudo e a desagregação das partículas (DERPSCH, 1984), aumenta a umidade na zona radicular, mantém a microflora (REICHARDT, 1987), interfere no processo precipitação-vazão, reduzindo as vazões máximas devido ao amortecimento do escoamento superficial (TUCCI, 1993).

Os diferentes tipos de vegetação que recobrem o solo como florestas, matas, cerrado, campos, têm influências diversas no comportamento do solo em face da ação erosiva das águas e do vento (BRAUN, 1962). Com a presença de plantas, grandes quantidades de água são transpiradas, reduzindo a umidade do solo, aumentando com isso a taxa de infiltração, diminuindo o volume de escoamento superficial, bem como o aumento de matéria orgânica (DEDECECK; RESCK; FREITAS JR., 1986; SEGAFREDO; ELTZ; BRUM, 1997; LEITE; AMORIM; COUTO, 2006), que incorporada ao solo melhora a drenagem (LIRA, 1999), reduz a tendência ao encrostamento do solo, aumenta a rugosidade superficial, melhora a

estrutura e facilita a penetração das raízes dos vegetais (BERTONI; PESTANA, 1964; FOGLINO, 1965; KIEHL, 1985).

A cobertura florestal é a melhor defesa natural de um terreno contra a erosão (BERTONI; LOMBARDI NETO, 2008). A atuação da floresta sobre a erosão melhora os processos de infiltração, percolação e armazenamento d'água, diminui o escoamento superficial, contribui para o escoamento subsuperficial, influências que, juntas, proporcionam a diminuição do processo erosivo (BROWN, 1976; LEE, 1980). Estudos realizados por Bertoni; Lombardi Neto (2008) apresentam perdas de solo equivalentes a 0,004 t ha⁻¹ ano⁻¹ em solo sob floresta, enquanto a pastagem, cafezal e algodão apresentaram, 0,4; 0,9 e 26,6 t ha⁻¹ ano⁻¹, respectivamente. As perdas de água em porcentagem sobre o total da ocorrência das chuvas foram de 0,7 % para a floresta, e, na mesma ordem anterior, as demais coberturas apresentaram 0,7%; 1,1 % e 7,2 %.

Freitas et al. (2008) avaliaram a proteção ambiental promovida pela cobertura vegetal da caatinga, do feijão-guandu e da batata doce em relação ao solo descoberto, bem como o efeito das práticas de cultivos dessas culturas, por meio das taxas da erosão em entressulcos e das características hidráulicas do escoamento superficial vinculado à erosão em entressulcos, em um luvissole, os resultados das coberturas vegetais proporcionadas pela caatinga semi-arbustiva e pelo guandu apresentaram os maiores valores de cobertura do solo e responderam pelos menores valores da concentração de sedimentos e da taxa de desagregação do solo na erosão em entressulcos; o revolvimento do solo na preparação das leiras para o plantio da batata-doce igualou às taxas de concentração de sedimentos às mesmas obtidas para o solo descoberto e determinou as maiores taxas de desagregação do solo entre todas as coberturas vegetais; em contrapartida, as leiras permitiram retenção do escoamento superficial e na cobertura vegetal da caatinga semi-arbustiva observou-se o menor coeficiente de escoamento superficial.

O estudo em um sistema de pastagem com *Brachiaria humidicola*, os resultados indicaram a perda de solo de 1,128 kg ha⁻¹ ano⁻¹; 7,5 vezes maior quando comparado com os dados obtidos para floresta primária de 150 kg ha⁻¹ ano⁻¹, no mesmo período (BARBOSA; FEARNSTIDE, 2000). No plantio de *Acacia mangium* Wild na savana, os resultados mostraram maiores perdas de solo registradas para plantas com um ano de idade, com a média de 1,16 t ha⁻¹ seguido pela cobertura natural de savana com 0,33 t ha⁻¹ e plantas com quatro anos de idade de 0,11 t ha⁻¹ no ano (BARROS et al., 2009). Demonstrando que, as diferentes formas de coberturas do solo podem proporcionar maior ou menor redução das perdas de solo e água por erosão.

1.2.4 Caracterização Físico-Hídricas

Textura, densidade, umidade e resistência à penetração são propriedades que permitem avaliar o estado de conservação do solo e obter informações sobre o seu uso e manejo. A textura, proporção entre areia, silte e argila, influencia, fortemente, na velocidade de infiltração. Solos arenosos, com grandes espaços porosos, a velocidade de infiltração é maior do que nos solos siltosos e argilosos, com menores espaços porosos. Durante uma chuva de pouca intensidade podem absorver toda água, não havendo nenhum dano devido à baixa proporção de partículas argilosas que atuam como ligação entre as partículas grandes; pequena quantidade de enxurrada que escorre na sua superfície pode arrastar grande quantidade de solo (BERTONI; LOMBARDI NETO, 2008).

Solos argilosos, com espaços porosos bem menores, a penetração da água é reduzida, escorrendo mais na superfície, entretanto, a força de coesão das partículas é maior, aumentando a resistência à erosão (BERTONI; LOMBARDI NETO, 2008). Alteração no tamanho de poros tem influência direta na velocidade de infiltração (ALVARENGA; SOUZA, 1997).

A densidade do solo, relação entre a massa de uma amostra de solo e a soma dos volumes ocupados pelas partículas e poros, reflete na permeabilidade do solo. É um importante atributo físico dos solos, por fornecer indicações a respeito do estado de sua conservação, sendo uma das primeiras propriedades a ser alterada pelos diferentes usos. Tem sido largamente usada na avaliação da compactação e, ou, adensamento dos solos, conforme descrito em Dias Júnior (2000).

Segundo Beltrame, Goldin e Taylor (1981), altos valores de densidades do solo reduzem os espaços vazios, aumentando a resistência mecânica dos solos e, em consequência, prejudicam o desenvolvimento do sistema radicular das culturas. Por outro lado, a umidade do solo é um parâmetro importante na quantificação da resistência à penetração, pois há elevada dependência dos resultados com relação ao conteúdo de água no solo. Os mesmos autores verificaram ainda que, para uma variação da umidade do solo, ocorre variação no sentido contrário na resistência do solo à penetração, pois o teor de água intervém modificando a coesão entre as partículas do solo.

Tormena (1998), ao analisar a resistência à penetração de um Latossolo Roxo sob plantio direto e convencional, verificou que, quanto menor a umidade do solo, maior a resistência, cujo fato atribuiu ao menor filme lubrificante da água ao redor das partículas em solos com menor teor de umidade.

Segundo Tavares Filho et al. (1999), a estrutura do solo é modificada em função da compactação, sendo que os macroagregados são destruídos e o solo apresenta estrutura degradada, podendo impedir o crescimento de raízes e diminuir o volume de solo explorado pelo sistema radicular. Com a compactação há um aumento da densidade, da resistência do solo, redução da porosidade, além de afetar diversos de seus atributos como condutividade hidráulica, permeabilidade, infiltração de água e outras características ligadas à porosidade do solo (REICHERT et al., 2003).

Harris, Karlen e Mulla (1996), avaliando atributos indicadores da qualidade do solo, observaram, na profundidade de 30 cm, que a densidade do solo apresentou valores de 1,07, 1,39 e 1,31 Mg m⁻³, respectivamente, para área preservada, manejo convencional e plantio direto e Sarrantonio et al. (1996) encontraram valores médios de densidade do solo de 1,10, 1,26 e 0,73 Mg m⁻³, respectivamente, para agricultura orgânica, manejo convencional e floresta nativa, na profundidade de 7,6 cm.

Diferentes tipos de solo podem apresentar susceptibilidade diferenciada do escoamento superficial, mesmo para condições semelhantes de declividade, cobertura vegetal e práticas de manejo. Essas diferenças são devidas às propriedades do próprio solo (BERTONI; LOMBARDI, 2008). Portanto, o conhecimento das propriedades do solo é fundamental para a tomada de decisão quanto às diversas práticas de uso e manejo adotadas.

1.2.5 Práticas de Uso e Manejo do Solo

A avaliação das perdas de solo em diferentes sistemas de uso e manejo do solo é uma constante preocupação de muitos pesquisadores, entre eles (BARBOSA; FEARSIDE, 2000; BEUTLER et al., 2003; MARTINS et al., 2003; CARDOSO, 2004; COGO et al., 2004; BRITO et al., 2005; BEZERRA, CANTALICE, 2006; LEITE, AMORIM, COUTO, 2006).

A estimativa de perda de solo por erosão para uma determinada área é o princípio para planejar ações corretivas, contudo, existem dificuldades para se avaliar de forma exata e precisa a extensão, magnitude e taxas de erosão acelerada, assim como seus impactos ambientais e econômicos (WEILL, 1999).

A prática do manejo convencional (preparo do solo e plantio) favorece o processo erosivo por manter o solo descoberto ou por empregar práticas de revolvimento que provoca a desestruturação natural do solo, facilitando o processo de escoamento superficial. Enquanto as práticas conservacionistas, ao mesmo tempo em que atuam sobre os agentes ativos da erosão, ou seja, a chuva e a enxurrada, dissipando energia cinética das mesmas, aumentam os resíduos

culturais que aumentam rugosidade superficial do solo em reter os sedimentos transportados por erosão das lavouras, contribuindo, portanto, para redução na quantidade de solo perdida (COGO et al., 2004).

A cobertura do solo formada pelos resíduos vegetais reduz a erosão hídrica dissipando a energia cinética das gotas de chuva sobre a superfície, diminui a velocidade do escoamento e aumenta a profundidade da lâmina de água na superfície do solo. Assim, a cobertura reduz a capacidade do escoamento de desagregar e transportar sedimentos e forma uma rede, semelhante a um filtro, a qual provoca a deposição de sedimentos, especialmente os de maior diâmetro, transportados pela enxurrada (COGO; MOLDENHAUER; FOSTER, 1984; BERTOL; COGO; MIQUELLUTI, 1997).

Diversas pesquisas têm demonstrado a eficácia dos preparos conservacionistas de solo no controle da erosão, com reduções de 50 a 95 % nas perdas de solo, em relação ao preparo convencional. E, dentre os preparos conservacionistas mais investigados, as perdas de solo na semeadura direta têm, de modo geral, sido menores do que nos preparos reduzidos (COGO, 1981; ELTZ et al., 1984; SANTANA et al., 1994).

Leite; Amorim; Couto (2006), avaliando práticas de manejo observaram que às práticas de preparo em cultivo mínimo reduziram em 70 % as perdas de solo quando comparado ao sistema convencional e morro abaixo, pois estas proporcionaram uma redução na velocidade, tensão e cisalhamento do escoamento superficial, reduzindo sua capacidade de transporte e desprendimento das partículas do solo.

Os preparos de solo conservacionistas caracterizam-se por pequena movimentação mecânica do solo, manutenção da maioria dos resíduos culturais sobre a superfície e, elevação da rugosidade superficial (COGO; MOLDENHAUER; FOSTER, 1984; BERTOL; COGO; LEVIEN, 1987, BERTOL; COGO; LEVIEN, 1997), o que torna estes sistemas de manejo mais eficazes no controle da erosão hídrica do que os preparos convencionais (SCHICK, 1999; SCHICK et al., 2000).

1.2.6 Erodibilidade dos Solos

A erodibilidade de um solo é definida como sua falta de capacidade de resistir aos processos erosivos depende não só das características intrínsecas do solo, mas também de fatores subsidiários como ciclos de umedecimento e secagem, além da composição química da água presente (VILAR; PRANDI, 1993).

Alguns solos erosionam mais que outros, mesmo que a chuva, a declividade, a cobertura vegetal e as práticas de manejo sejam as mesmas, resultado das diferentes propriedades físicas de cada tipo de solo (BERTONI; LOMBARDI NETO, 2008). As propriedades que influenciam a erodibilidade pela água são: as que afetam a velocidade de infiltração da água no solo, a permeabilidade e a capacidade de absorção da água; aquelas que resistem à dispersão, ao salpicamento, a abrasão e as forças de transporte da chuva e enxurrada (BERTONI; LOMBARDI NETO, 2008).

Conforme (BERTONI; LOMBARDI NETO, 2008), a erodibilidade dos solos é influenciada pelas características texturais do solo que pode ser estimada pela seguinte equação: 1

$$\text{Erodibilidade} = \frac{\% \text{ areia} + \% \text{ silte}}{\% \text{ argila}}$$

Middleton (1930 apud BERTONI; LOMBARDI NETO, 2008), ao idealizar um índice de erodibilidade do solo baseado em suas propriedades físicas, encontrou que a relação de dispersão, a relação de colóide/umidade equivalente e a relação de erosão foram os primeiros critérios que diferenciam os solos com respeito à erosão. Estabeleceu um valor limite para separar solos erosivos daqueles pouco erosivos: solos que apresentavam a relação erosão menor que 10 e a relação de dispersão menor que 15 foram considerados não erosivos.

Lombardi e Bertoni (1975) estudaram 66 perfis de solo, para dois agrupamentos de solos no estado de São Paulo, e os analisaram de acordo com o método de MIDDLETON, com algumas modificações. Para cada horizonte, foram consideradas as propriedades: argila natural, argila dispersa e umidade equivalente, estudando somente os horizontes A e B de solos B textural e B latossólico, estabeleceram as seguintes relações: a) relação de dispersão – definida como a relação teor de argila natural/teor de argila dispersa; b) relação argila dispersa/umidade equivalente; c) relação de erosão – razão entre relação de dispersão e a relação argila dispersa/umidade equivalente, concluindo através da relação de erosão média (erodibilidade) dos horizontes superficiais (Ap, A1, A2, A3) e os horizontes subsuperficiais (B1 e B2) dos solos B textural e B latossólicos, que de maneira geral, os solos com B textural são os mais suscetíveis à erosão.

Os solos B textural (Argissolos) apresentam um valor menor de tolerância, pois tem acúmulo de argila nos horizontes B, criando um gradiente de drenagem entre os horizontes

superficiais e subsuperficiais, de modo que as camadas superficiais ficam sujeitas ao processo de erosão. Enquanto, solos com B latossólicos de modo geral, são profundos e sem diferenças texturais acentuadas entre os dois horizontes, apresentando boa drenagem interna e, portanto, com limites de tolerância de perdas de solos mais elevados (DECHEN, 2004).

De acordo com Bertoni e Lombardi Neto (2008), a tolerância de perda de solo é a quantidade de terra que pode ser perdida por erosão, expressa em toneladas por unidade de superfície e por ano, mantendo-se ainda no solo elevado nível de produtividade, por longo período de tempo. E ainda, em estudo realizado por estes autores foi estabelecido padrões de tolerância de perdas de solo em 75 perfis de solo do estado de São Paulo, levando em consideração a profundidade do solo, relação textural entre os horizontes superficiais e subsuperficiais e sua densidade e tempo necessário para desgaste, concluíram que os valores médios de tolerância variam de 4,5 a 13,4 t ha⁻¹ ano⁻¹ para os solos com B textural e 9,6 a 15 t ha⁻¹ ano⁻¹ para os com B latossólicos.

Segundo Ramalho Filho e Beek (1995), a avaliação da suscetibilidade a erosão pode ser realizada adotando-se a classificação em função das classes de relevo:

- 0 a 3 % - Plano/Praticamente Plano - Nulo (N) - terras não suscetíveis a erosão, geralmente ocorrem em solos de relevo quase plano, e com boa permeabilidade; quando cultivadas por 10 a 20 anos podem apresentar erosão ligeira, controlada com práticas simples de manejo;
- 3 a 8 % - Suave Ondulado - Ligeiro (L) - terras que apresentam pouca suscetibilidade a erosão, geralmente, possuem boas propriedades físicas; quando utilizadas com lavouras, por período de 10 a 20 anos, mostram normalmente uma perda de 25 % ou mais do horizonte superficial; práticas conservacionistas simples podem prevenir esse tipo de erosão;
- 8 a 13 % - Moderadamente Ondulado - Moderado (M) - terras que apresentam moderada suscetibilidade a erosão; esses níveis de declives podem variar por mais de 13 %, quando às condições físicas forem muito favoráveis, ou para menos de 8 %, quando muito desfavoráveis, como é o caso de solos com horizonte B, com mudança textural abrupta; quando utilizadas fora dos princípios conservacionistas, essas terras podem apresentar sulcos e voçorocas, requerendo práticas de controle à erosão desde o início de sua utilização agrícola;
- 13 a 20 % - Ondulado - Forte (F) - terras que apresentam forte suscetibilidade a erosão, ocorrem em relevo ondulado a forte ondulado, podendo ser maiores ou menores, dependendo de suas condições físicas. Na maioria dos casos a prevenção à erosão depende de práticas intensivas de controle;

- 20 a 45 % - Forte Ondulado - Muito Forte (MF) - terras com suscetibilidade maior que a do grau forte, tendo o seu uso agrícola muito restrito e ocorrem em relevo forte ondulado. Na maioria dos casos o controle da erosão é dispendioso, podendo ser antieconômico;
- 45 a 100 % - Montanhoso - Extremamente Forte (EF) - terras que apresentam severa suscetibilidade a erosão, não são recomendáveis para o uso agrícola, devido serem totalmente erodidas em poucos anos. Trata-se de terras ou paisagens com declives superiores a 45 %, nas quais deve ser estabelecida uma cobertura vegetal de preservação ambiental.

O conhecimento das características que influenciam na suscetibilidade à erosão e da distribuição da ocorrência dos solos mais erodíveis numa determinada região, torna-se possível prever e avaliar os impactos ambientais, bem como indicar medidas que visem a aumentar a resistência do solo ou diminuir as forças do processo erosivo (ALVARENGA; SOUZA, 1997).

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Avaliar as perdas de solo e água por erosão sob diferentes sistemas de uso do solo de savana

2.2 Objetivos Específicos

- Quantificar as perdas de solo ($t\ ha^{-1}\ mês^{-1}$);
- Quantificar as perdas de água por escoamento superficial ($m^3\ ha^{-1}\ mês^{-1}$);
- Identificar as coberturas vegetais de maior proteção contra a erosão.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização da Área do Estudo

O estudo foi desenvolvido na unidade experimental do Centro de Ciências Agrárias - CCA, no *Campus* do Cauamé da Universidade Federal de Roraima - UFRR, BR 174, km 12, no município de Boa Vista - RR. Localizada a $02^{\circ}52'49''$ N e $60^{\circ}42'89''$ W, em um Latossolo Amarelo Distrocoeso, em ambiente de savana, com declividade média de 2,0 % (figura 1).

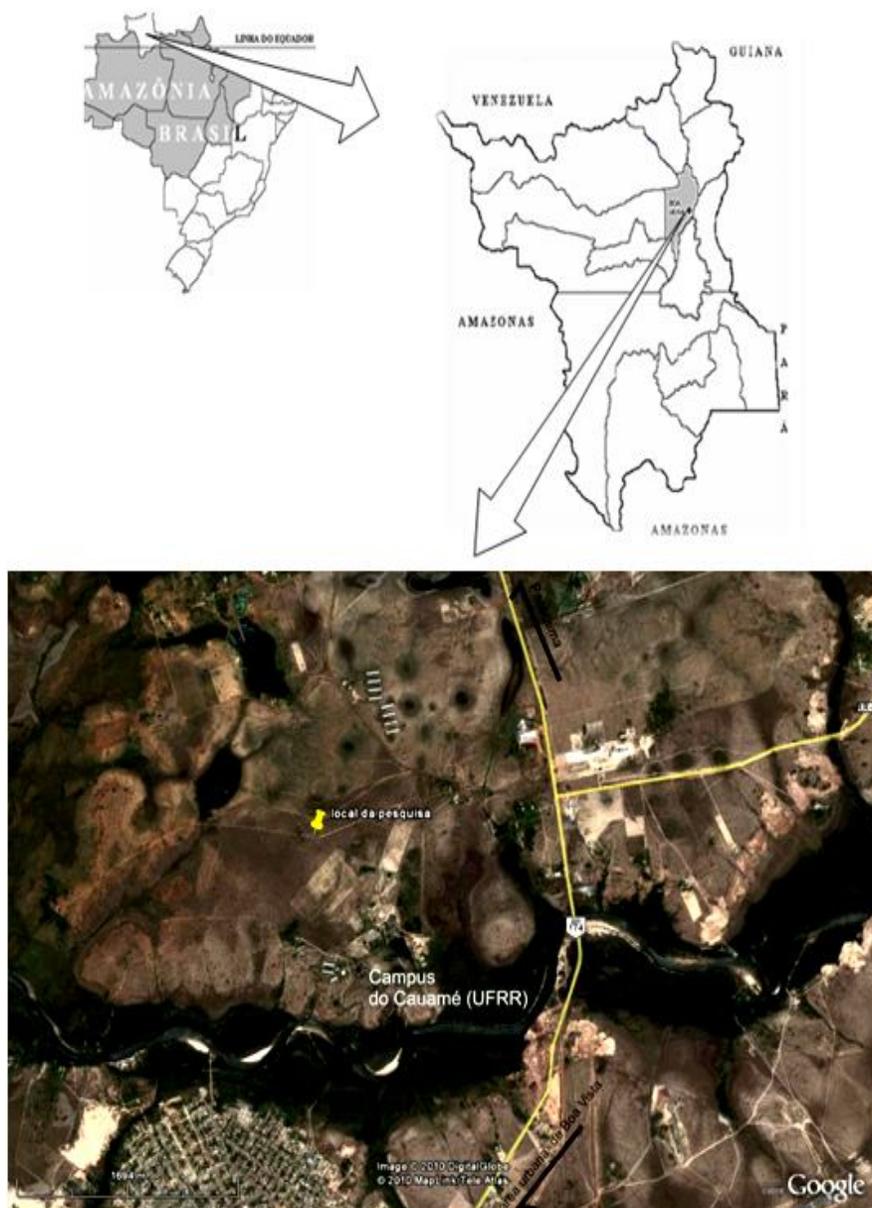


Figura 1 - Imagem de satélite da área de estudo no Campus do Cauamé da Universidade Federal de Roraima (Fonte: Google Earth, 2007).

3.2 Caracterização Geológica e Geomorfológica do Ambiente de Savana

A geologia da área do estudo é formada por sedimentos da Formação Boa Vista. Caracterizada pelo predomínio de relevo plano a suave ondulado. Geomorfológicamente, os campos do Rio Branco formam uma extensa superfície de aplainamento que apresentam áreas aplainadas e dissecadas em rochas pré-cambrianas do Complexo Guianense, certamente elaborada durante longa fase climática seca no Quaternário (BRASIL, 1975; SCHAEFER, 1991, 1994), conforme ilustrada na figura 2.



Figura 2 - Detalhe do relevo da área experimental no Campus do Cauamé da UFRR, Boa Vista - Roraima

3.3 Caracterização Pedológica do Ambiente de Savana

Em Roraima, a diversidade dos solos é um reflexo dos fatores climáticos, bióticos e feições da paisagem, marcadas por uma redução da precipitação que ocorre na área central do estado. O solo é um componente ambiental complexo, e variações em suas propriedades físicas, químicas e biológicas são importantes definidoras de padrões ecológicos e do próprio uso da terra (MELO et al., 2010).

O solo da unidade experimental foi classificado de Latossolo Amarelo Distrocoeso originado a partir de sedimentos pré-intemperizados argilo-arenosos da Formação Boa Vista. Está posicionado em relevo plano à suave ondulado com altitude em torno de 80 m, ocupando

194,9 ha da área do Campus do Cauamé (VALE JÚNIOR, 2000) (figura 4). Este tipo de solo, como um todo, ocupa 22% no Estado; em sua maioria, são solos de baixa fertilidade natural, com problemas de natureza física (são duros ou coesos) naqueles de melhor fertilidade, e com impedimento severo ao desenvolvimento radicular (MELO et al., 2010) conforme na figura 3.

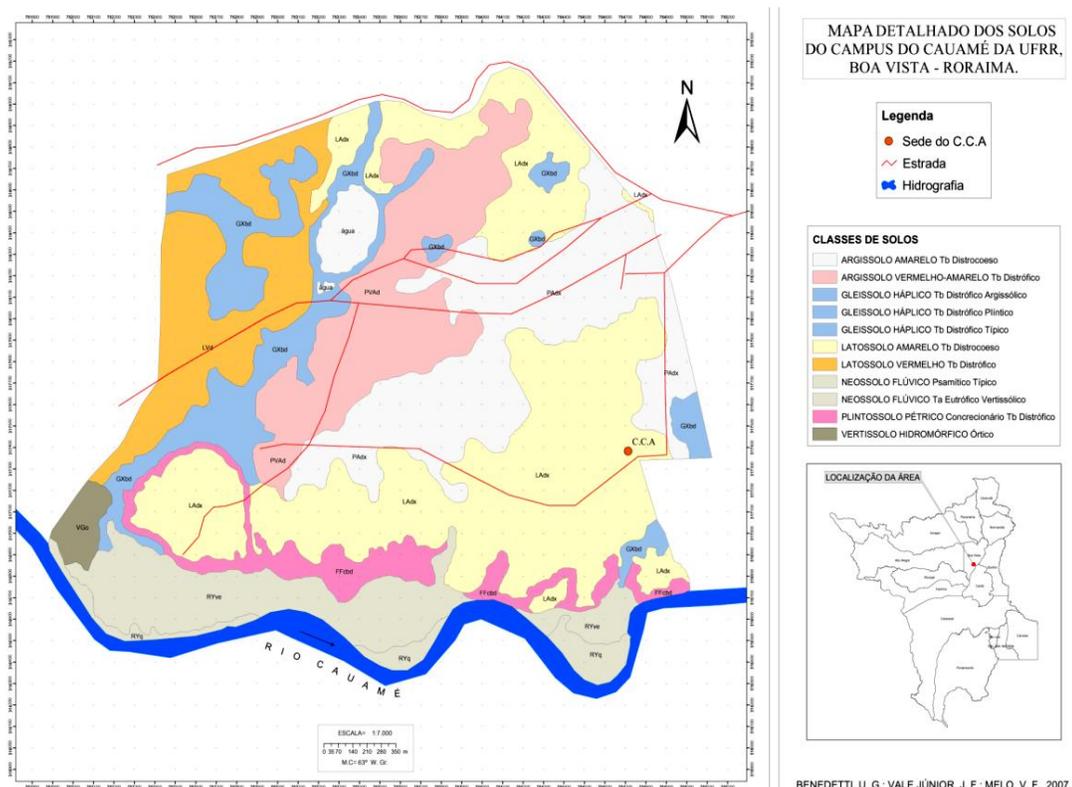


Figura 3 - Mapa detalhado dos solos do Campus do Cauamé da UFRR, Boa Vista - Roraima
Fonte: BENEDETTI (2007).

No estudo dos solos do Campus Cauamé, a análise granulométrica revelou que estes solos apresentam textura média, onde o teor de argila variou de 24,6 a 35,8 % nos horizontes diagnósticos. Os horizontes A apresentaram sempre valores mais elevados de argila, com média de 26,7 % e areia com 65,6 %. Os teores de areia elevados, associados à boa porosidade superior a 50% em todos os horizontes, podem explicar a boa drenagem do LATOSSOLO AMARELO DISTROCOESO Típico (LAdx). Os valores da relação silte/argila são baixos indicando, portanto, avançado estágio de intemperismo.

Quanto à consistência é extremamente duro quando seco, friável quando úmido e ligeiramente plástico e pegajoso quando molhado. Através da resistência à penetração entre horizontes, verificou-se que o LAdx apresenta-se duro e extremamente duro, com densidade aparente de 1,24 gcm³, denunciando a característica de coesão. Morfológicamente verificou-

se que são solos com mais de 165 cm de profundidade. Apresentam erosão laminar severa e ausência de pedregosidade e rochiosidade (BENEDETI, 2007).

3.4 Caracterização Climática

De acordo com Brasil (1975), o clima é do tipo Aw, segundo a classificação de Köppen, e pertence ao domínio de clima tropical chuvoso, quente e úmido, apresentando temperatura média de 25°C, precipitação média anual de 1.600 mm e um período seco entre dezembro e março e outro chuvoso, entre abril e setembro (BARBOSA, 1997).

Durante o monitoramento experimental entre junho/dezembro e março/julho de 2009 e 2010, respectivamente, foram registrados diariamente os dados climáticos, por meio de estação meteorológica automatizada instalada na área experimental (figura 4).



Figura 4 - Estação meteorológica do Campus do Cauamé da UFRR, Boa Vista - RR

A energia cinética das chuvas foi determinada por meio da equação 2, sugerida por Foster et al. (1981):

$$EC = 0,119 + 0,0873 \log I$$

Sendo:

EC - energia cinética, em $\text{MJ ha}^{-1} \text{mm}^{-1}$

I - intensidade de chuva, em mm h^{-1}

3.5 Caracterização Fitofisionômica

A savana em Roraima ocupa 17 % do Estado, e é a maior área contínua de savana contida no Bioma Amazônia (BARBOSA; MIRANDA, 2005). Nos arredores de Boa Vista podemos ver predominantemente o campo, regionalmente conhecido por lavrado, onde as arvoretas já agora de porte anão, se sobressaem do estrato herbáceo numa paisagem pontuada por lagoas temporárias cuja sazonalidade está diretamente ligada à duração do período chuvoso (SILVA, 1997).

Com base no estudo pedológico do Campus do Cauamé observou-se o predomínio de savana, variando entre savana parque e savana gramíneo-lenhosa, com alguns alinhamentos de veredas de buritizeiros e buritirana. A espécie arbórea predominante nas savanas da área estudada é a *Curatella americana* L. (caimbé), seguida de *Byrsonima* ssp (murici ou mirixi), *Bowdichia virgilioides* Kunth. (paricarana) e *Himatanthus articulatus* (sucuba), que também são encontradas com certa frequência (figura 5). Nas formações pioneiras ocorre o domínio da *Mauritia flexuosa* (buriti), (BENEDETI, 2007), como é mostrado na figura 5 A e B.

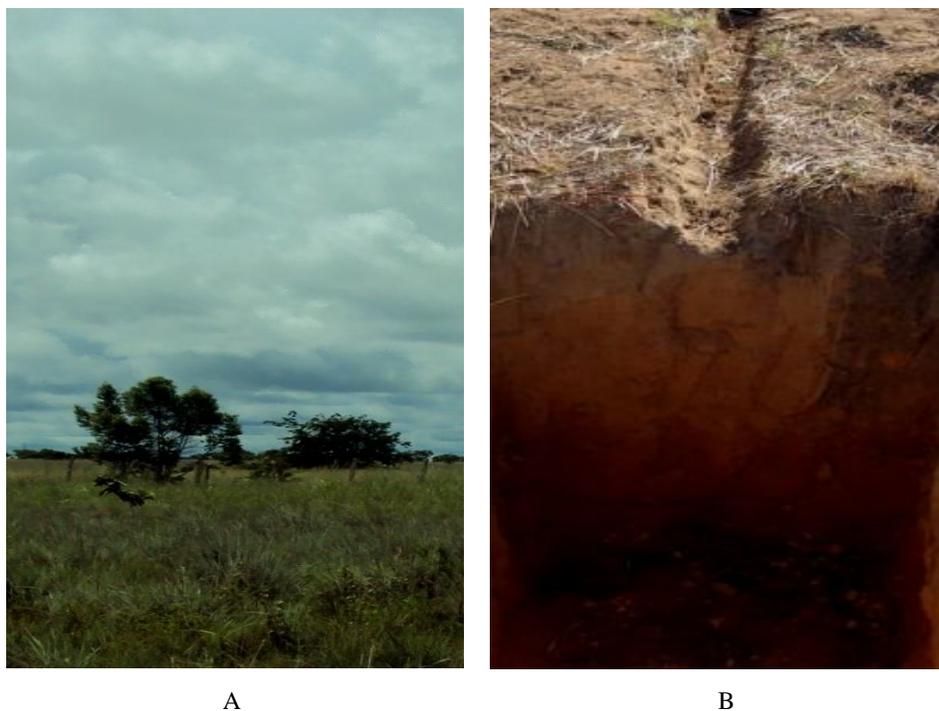


Figura 5 - Área experimental em savana gramínea (A) e perfil com destaque à profundidade e coloração amarela do Latossolo Amarelo Distrocoeso (B), no Campus do Cauamé da UFRR, Boa Vista - RR

A formação Savana parque é o tipo predominante no Campus Cauamé, desenvolvendo-se preferencialmente em relevo plano e suavemente ondulado. Caracteriza-se por apresentar fisionomia campestre com árvores isoladas e ou grupos de plantas também isolados, espalhados de maneira mais ou menos ordenada. Apresenta menor densidade do estrato arbóreo que às savanas arbóreas abertas e arbóreas densas, tendo o caimbé como a espécie arbórea dominante (BRASIL, 1975).

A Savana gramíneo-lenhosa caracteriza-se por apresentar domínio de gramíneas, mas apresenta algumas lenhosas anãs. Esta descrição é feita por Brasil (1975), porém, usando a denominação de savana graminosa (campo). De acordo com Benedetti (2007), na área estudada a savana gramíneo-lenhosa apresenta pequena expressão sendo encontrada em Latossolo Amarelo e Argissolo Amarelo nas áreas de relevo plano e relevo abaciado, respectivamente.

3.6 Instalação das Quadras Coletoras

Foram instaladas 10 quadras coletoras de material erodido posicionada no sentido do declive, com dimensões de 2,0 x 8,5m (17 m²), e espaçamento entre as mesmas de 1,0 m. As quadras foram ladeadas com tábuas de 0,30 m de altura, cravadas 0,10 m no solo, para bloquear a entrada ou saída do material erodido, evitando a interferência nos resultados do escoamento superficial obtidos em cada quadra.

Na extremidade inferior de cada quadra, placas de aço galvanizado de 0,30 m, de largura foram cravadas no solo, deixando-se 0,20 m sobre a superfície; ao fim, foram acoplados tubos coletores de PVC (100 mm) interligados a uma trincheira com dimensões, 1,00 x 2,00 m de comprimento por 1,50 m de profundidade, onde foram instalados dois tanques. Os tanques com capacidade de 200 L, eram utilizados para acúmulo de água e solos provenientes da parcela experimental; sendo, um de sedimentação, interligado por um tubo de PVC (25 mm) a um outro que servia para armazenamento de água.

A finalidade das placas de aço galvanizado foi servirem como receptoras de sedimentos e água do escoamento superficial conduzindo este material ao tanque de sedimentação por meio do cano PVC (100 mm) (figura 6).

Na parte superior externa às quadras, foi construído um sistema de terraceamento de base estreita, com a finalidade de amortecimento da velocidade da água de escoamento, evitando influenciar o fluxo normal de precipitação sobre as mesmas.

Na saída de cada cano proveniente da quadra que desemboca no tanque, sacos de algodão, 3,0 x 4,0 m, foram colocados e amarrados com material elástico, para reter o sedimento mais grosso (areia) e liberar água e sedimento fino (silte e argila) (figura 6).

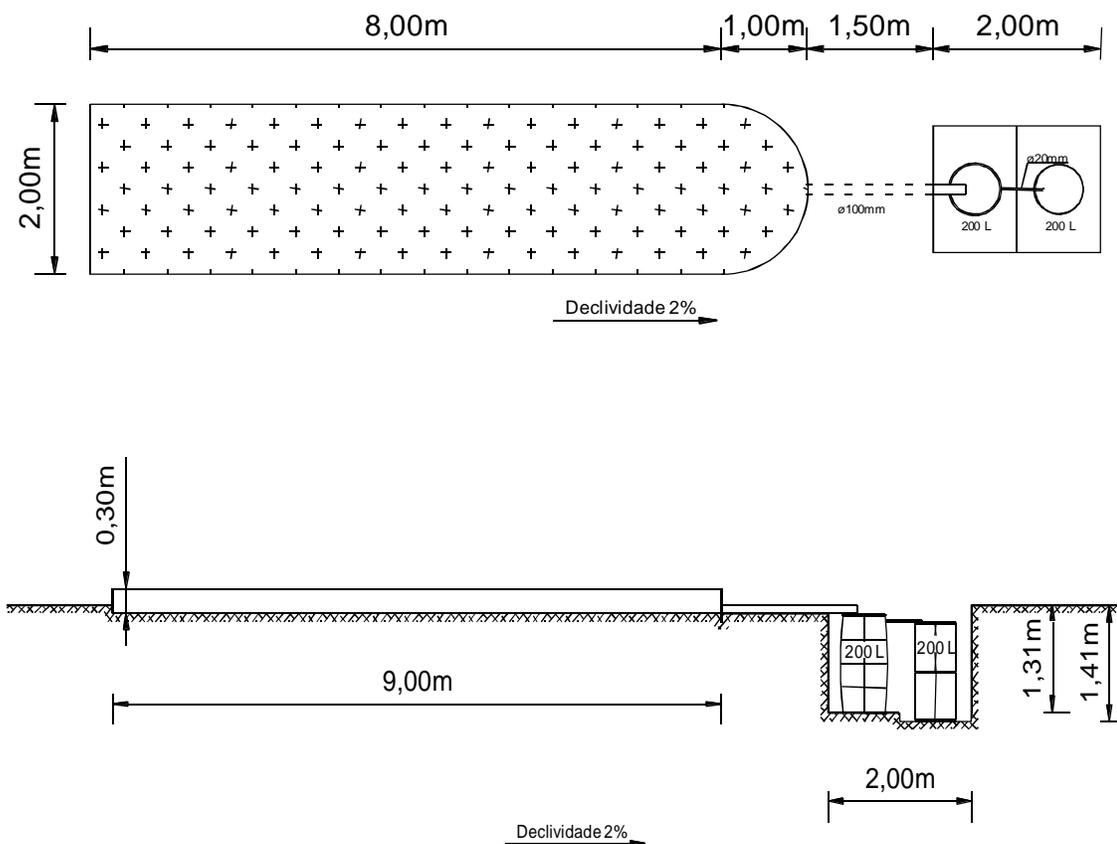


Figura 6 - Dimensões da quadra coletora de sedimentos e água utilizada nos sistemas de plantio feijão; milho; melancia/capim braquiária; cobertura natural e solo descoberto, no Campus do Cauamé da UFRR.

Antes da instalação dos tanques, aferições foram feitas com o uso de uma escala graduada, de 1,50 m de altura com o objetivo de determinar a altura da lâmina d'água correspondente a cada 5 litros de água acumulada.

Após a instalação das quadras foram feitos plantios de feijão caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp.), milho (*Zea mays* L.), melancia (*Citrillun canatus*) em junho de 2009 e mais dois plantios um em fevereiro e outro em maio de 2010 com feijão caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp.), milho (*Zea mays* L.), e capim braquiária (*B. brizantha*). O preparo do solo foi o de cultivo mínimo, ou seja, (preparo e plantio com revolvimento mínimo do solo). O semeio foi feito diretamente no solo com 10 plantas/metro linear e espaçamento entre linhas de 0,50 m para feijão; o espaçamento para milho foi de 0,80 m com 5 plantas/metro linear; para

melancia, 8 covas, distribuídas espaçadamente na parcela, receberam cinco sementes cada e posteriormente fez-se o desbaste, deixando-se duas plantas.

Para o capim, foram plantadas touceiras, perpendicularmente ao declive (figura 7 A, B, C e D).



Figura 7 - Exemplos de quadras com plantio de milho (A), cobertura natural B), feijão caupim (C) e capim braquiária (D), no Campus do Cauamé da UFRR.

3.6.1 Coleta de Dados

Com o auxílio da escala graduada de 1,50 m de altura, antes de cada coleta, media-se à altura da lâmina d'água que acumulava a cada chuva, nos respectivos tanques, sendo posteriormente convertida para litros e registrada em planilha de campo.

A coleta de sedimento consistiu em retirar o saco de algodão, do tubo coletor, com o material acumulado (areia, silte e argila), proveniente do run off, e acondicionado em bandejas plásticas devidamente etiquetadas e identificadas com o nome do sistema de cultivo e com respectiva identificação da repetição, datados (dia/mês/ano) e após agitar e homogeneizar a água do tanque, uma alíquota de 500 ml de água era retirada e acondicionada em garrafa plástica de 1,5 L, devidamente etiquetadas e identificadas com o nome do sistema de cultivo, e posterior esvaziamento dos tanques. Em seguida, as amostras eram conduzidas ao Laboratório de Manejo e Conservação de Solos do Núcleo de Pesquisa Agrícola, CCA, no *Campus* Cauamé, da Universidade Federal de Roraima.

3.6.2 Análises Estatísticas

Os dados resultantes das coletas de solo e água foram submetidos à Análise de Variância (ANOVA), e o delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com cinco tratamentos (Fe, CN, SD, Mi, Me/Br) e duas repetições por tratamento. Quando constatada significância, pelo teste F, as médias foram comparadas pelo Teste de Tukey, ao nível de 5 % de probabilidade.

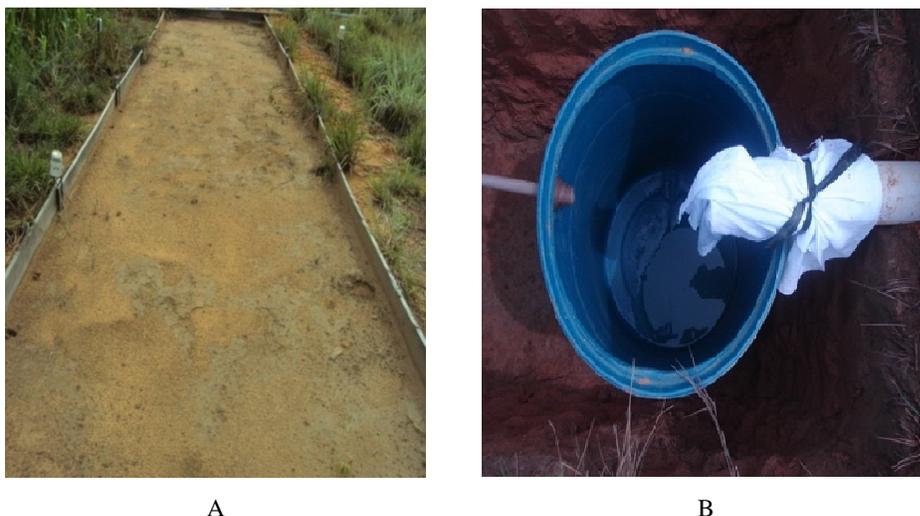


Figura 8 - Detalhes da quadra de solo descoberto (A) e tanque de coleta de material erodido (B), no Campus do Cauamé da UFRR.

No laboratório, as amostras de alíquota de água eram transferidas para Becks de vidro e as de sedimento, coletadas nos sacos e acondicionadas nas bandejas e conduzidas à estufa com ventilação forçada para secar a uma temperatura de 105 °C. Após um período de tempo, necessário a obtenção de massa constante, as amostras eram pesadas em balança de precisão (0,1 mg) e extraídos o peso dos sacos e dos Beckers.

A cada coleta era feito o monitoramento completo do experimento, observando-se as quadras, os tanques e os sacos, sendo estes últimos, substituídos quando apresentassem desgastes pelo uso e furos da trama, visando qualquer interferência externa.

3.6.3 Percentual de Cobertura Vegetal

O percentual de cobertura vegetal do solo foi avaliado pela evolução da parte aérea das plantas por meio de imagens digitais tomadas semanalmente após o plantio. As observações eram feitas entre 7 e 9 horas, buscando-se evitar, o sombreamento. A câmera era posicionada a uma distância de 2,0 m da superfície do solo, focada para uma área de 1,0 m² com um quadrado de madeira instalado, sempre nos mesmos locais, sobre as plantas (figura 9).

Em cada parcela experimental foram tiradas três fotografias, que após a contagem da área de cobertura foi extraída a média, constituindo a porcentagem de cobertura foliar da parcela. Para a contagem da área foliar o quadrado de 1,0 x 1,0 m foi subdividido em 10 partes iguais nos dois sentidos, vertical e horizontal, formando 100 subáreas de 100 mm², nas quais foi estimada a porcentagem de cobertura vegetal, em seguida, foi feita a soma total de todas as subáreas obtendo-se a porcentagem de cobertura vegetal por parcela, calculado pela equação 3:

$$\% \text{ Cobertura} = \frac{Acv \times 100}{Aq}$$

Sendo:

Acv - área de cobertura vegetal

Aq - área do quadrado (1,0 m²)

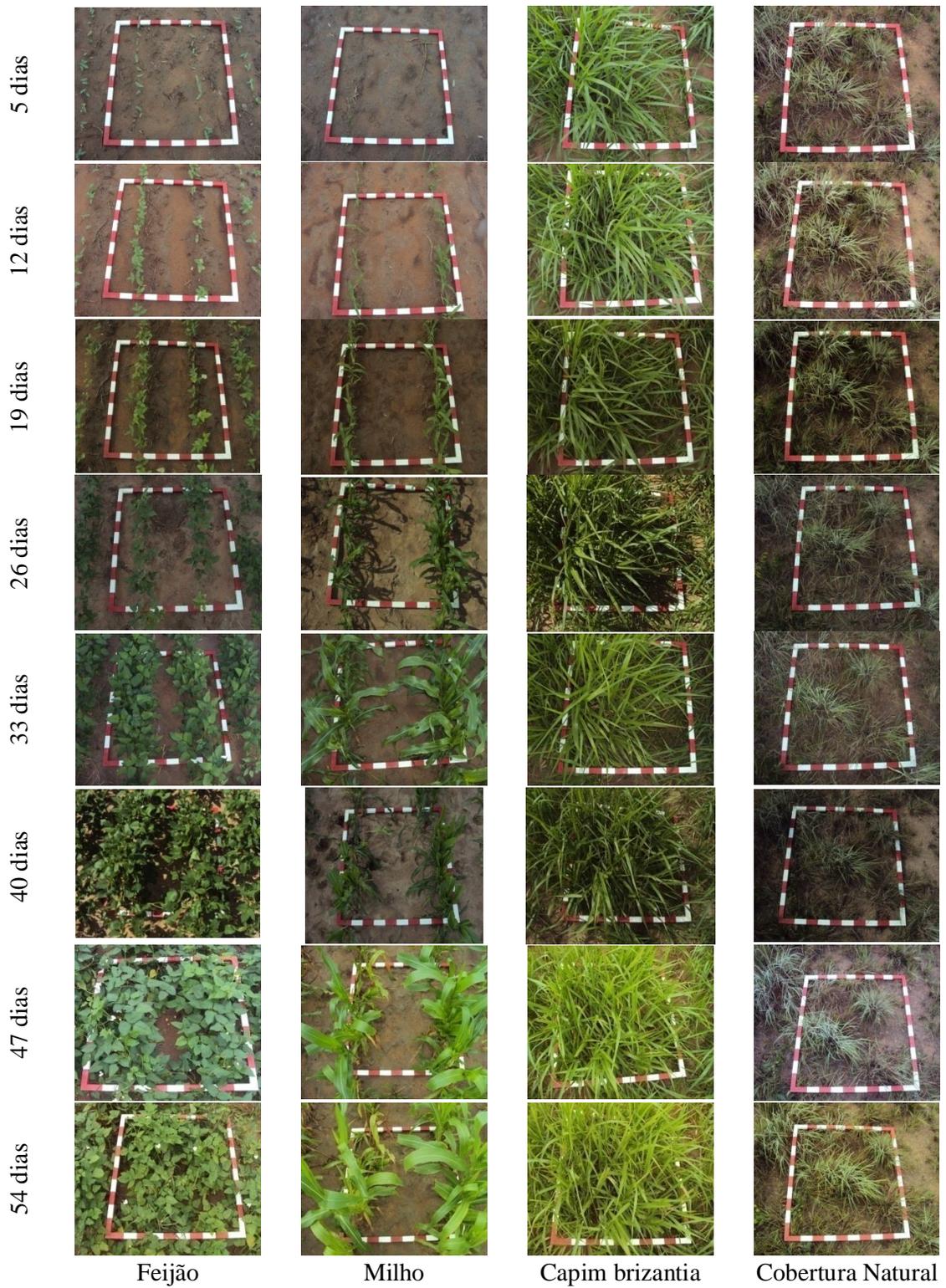


Figura 9 - Variação da cobertura foliar conforme o ciclo de desenvolvimento das plantas, período de 23/05 a 11/07/2010 do Experimento II, no Campus do Cauamé - UFRR.

3.6.4 Teste de Infiltração

O método do cilindro infiltrômetro ou infiltrômetro de anel foi utilizado para os testes de infiltração, segundo a metodologia proposta por (BERNARDO; SOARES; MANTOVANI, 2006). O método consiste de dois anéis, sendo o menor com diâmetro de 0,25 m e o maior de 0,50 m, ambos com 0,30 m de altura. Foram instalados concêntricos, na vertical, e cravados a 0,15 m do solo. O anel externo tem a finalidade de bordadura, impedindo que a água infiltre lateralmente.

Colocou-se água, ao mesmo tempo, nos dois anéis, e com régua graduada monitorou-se a infiltração vertical no cilindro interno, com intervalos de tempo 5, 5, 5, 5, 10, 10, 15, 30, 30, 30 minutos. A altura da lâmina d'água nos anéis foi mantida a 0,05 m, permitindo uma oscilação máxima de 0,02 m. Para facilitar as leituras, mediu-se a distância entre a borda superior do anel e a superfície d'água sincronizando a leitura da lâmina e o intervalo de tempo (figura 10 A).

3.6.5 Resistência Mecânica à Penetração

A resistência mecânica do solo à penetração foi medida através da avaliação direta do estado de compactação, com penetrômetro de impacto medido em kgf cm^{-2} . Três repetições foram realizadas em cada quadra coletora, nas profundidades de 0,00 - 0,10 m; 0,10 - 0,20 m; 0,20 - 0,30 m (figura 10 B).

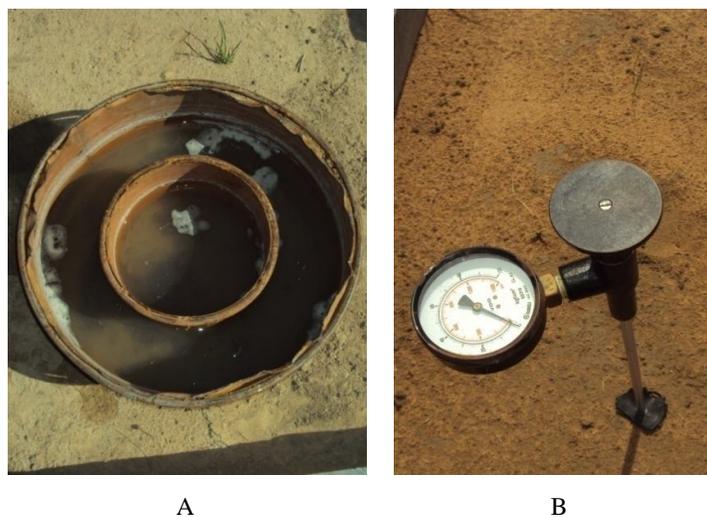


Figura 10 - Detalhe dos anéis de infiltrômetro (A) e do penetrômetro (B) na área experimental do Campus Cauamé – UFRR.

3.6.6 Composição Granulométrica do Solo

Coletas de solo foram realizadas para a análise da composição granulométrica em campo. Por meio do método de dispersão de 10 g de Terra Fina Seca a Estufa (TFSA) com 50 ml de NaOH 0,1 molL⁻¹, por 12 horas, e agitação em alta rotação, por 15 minutos. As frações areia grossa e fina foram separadas por tamisação em peneiras com malhas de 0,2 mm e 0,053 mm de abertura, respectivamente. A composição granulométrica foi determinada após dispersão da TFSA com NaOH 1 molL⁻¹ e agitação; a fração areia foi obtida por peneiramento úmido, a argila pelo método de Bouyoucos e o silte por diferença (EMBRAPA, 1997).

3.6.7 Densidade do Solo

A densidade aparente foi determinada pelo método do anel volumétrico de volume conhecido (método Koppec), pela equação 4:

$$D_s = m/v \text{ (g/cm}^3\text{)}$$

Sendo:

D_s = densidade do solo (g m⁻³)

m = massa do solo seco (g)

v = volume do anel (cm³).

A amostragem foi realizada em triplicata nas profundidades de 0,00 - 0,10 m; 0,10 - 20 m; 0,20 - 30 m, as amostras indeformadas foram secas em estufa com circulação de ar a 105°C por 24 horas.

3.6.8 Umidade Gravimétrica

Coletas de solos foram realizadas em campo nas profundidades de 0,00 - 0,10 m; 0,10 - 20 m; 0,20 - 30 m de profundidade, com três amostras por parcela que foram acondicionadas em recipientes de alumínio envolvido em película aderente, com a finalidade de evitar a evaporação e conduzidas ao laboratório.

Determinou-se a massa de cada amostra e estas foram levadas à estufa a 105°C por 24 horas, para efeito de comparação, segundo Embrapa (1997). Após a secagem, determinou-se

novamente a massa da amostra e calculou-se a porcentagem de umidade do solo pela equação 5:

$$\% U = \frac{M_1 - M_2}{M_2 - M_3} \cdot 100$$

Sendo:

M_1 = Peso do solo + Peso do recipiente (g);

M_2 = Peso do solo seco + Peso do recipiente (g);

M_3 = Peso do recipiente (g).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Perdas de Solo e Água por Escoamento Superficial - (*run off*)

Os valores absolutos de perda de solo para os diferentes usos da terra e a precipitação entre os meses junho a dezembro de 2009 e de março a junho de 2010, período experimental, estão registrados na tabela 1. As maiores taxas de perdas de solo foram para o tratamento Solo Descoberto (SD), com valores médios de 4,75 t ha⁻¹ mês⁻¹; seguido dos tratamentos Milho (Mi) com 2,01 t ha⁻¹ mês⁻¹; Feijão (Fe) com 1,51 t ha⁻¹ mês⁻¹, Capim braquiária (Cb) com 1,38 t ha⁻¹ mês⁻¹ e Cobertura Natural (CN) com 0,36 t ha⁻¹ mês⁻¹.

Tabela 1 - Valores totais de precipitação (mm), perda de solo (t ha⁻¹ mês⁻¹) e água (m³ ha⁻¹ mês⁻¹) por erosão hídrica para os tratamentos Feijão (Fe), Cobertura Natural (CN), Solo Descoberto (SD), Milho (Mi) e Melancia (Me) /Capim braquiária (Cb) nos meses de junho, agosto, outubro e dezembro de 2009 e de março a junho de 2010

Período	Precipitação	Perdas de solo					Perdas de água						
		(t ha ⁻¹ mês ⁻¹)					(m ³ ha ⁻¹ mês ⁻¹)						
Mês	mm	Tratamentos							Fe	CN	SD	Mi	Me
Ano 2009													
Junho	13,8	0,20	0,08	0,25	0,18	0,15	0,08	0,01	0,01	0,01	0,08	0,13	
Agosto	4,4	0,29	0,09	0,32	0,34	0,33	0,01	0,00	0,02	0,02	0,01	0,04	
Outubro	108,2	1,02	0,31	0,75	0,27	1,45	0,05	0,02	0,01	0,01	0,05	0,06	
Dezembro	25,2	0,05	0,01	0,22	0,01	0,63	0,02	0,01	0,03	0,03	0,01	0,05	
Total	151,6	1,56	0,49	1,54	0,8	2,56	0,16	0,04	0,07	0,07	0,15	0,28	
Média	37,9	0,39	0,12	0,38	0,2	0,64	0,04	0,01	0,02	0,02	0,04	0,07	
Ano 2010													
Março	8,8	0,00	0,00	0,05	0,00	0,07	0,00	0,00	12,94	0,00	0,00	14,56	
Abril	125,8	2,92	0,30	6,78	2,92	3,73	601,91	187,65	1.058,24	636,47	935,44	935,44	
Maio	530,4	2,00	0,54	8,62	3,95	1,34	1.094,26	710,29	1.424,26	1.348,68	1.344,85	1.344,85	
Junho	312	1,11	0,60	3,54	1,17	0,40	832,65	676,03	1063,53	798,38	693,09	693,09	
Total	977	6,03	1,44	18,99	8,04	5,54	2.528,82	1.573,97	3.558,97	2.783,53	2.987,94	2.987,94	
Média	244,25	1,51	0,36	4,75	2,01	1,38	632,20	393,49	889,74	695,88	746,98	746,98	
Total Geral	1.129	7,59	1,93	20,53	8,84	8,1	2.529	1.574	3.559	2.784	2.988	2.988	
Perda/relat.													
Total (%)	-	37,0	9,4	100	43,0	39,4	71	44,2	100	78,2	83,9	83,9	
Média/mês													
Total	141,075	0,95	0,24	2,07	1,11	1,01	316,12	196,75	444,88	347,96	373,53	373,53	

Em relação às perdas totais mensais de solo e água, a distribuição irregular de chuvas e o baixo índice pluviométrico no ano de 2009, podem explicar os baixos valores encontrados (tabela 1). Considerado como sendo um ano atípico, fato observado no baixo índice

pluviométrico e nas mudanças ocorridas no regime das chuvas, geralmente, entre os meses de abril e setembro com chuvas bem distribuídas.

O alto valor de perdas de solo, para os tratamentos Fe, CN, SD, Mi e Cb, observado no mês de outubro em relação aos outros meses, está relacionado à ocorrência de um evento de 74,6 mm de precipitação e conseqüentemente, maior erosão laminar.

As chuvas de fraca intensidade e eventos isolados ao longo dos meses de junho a dezembro foram importantes fatores que inviabilizaram uma melhor avaliação das perdas de solo e água por escoamento superficial, nos diferentes tratamentos com Feijão (Fe), Cobertura Natural (CN), Solo Descoberto (SD), Milho (Mi) e Melancia (Me) (tabela 1).

Tabela 2 - Valores de perda de solo ($t\ ha^{-1}\ mês^{-1}$) e água ($m^3\ ha^{-1}\ mês^{-1}$) para os tratamentos Feijão (Fe), Cobertura Natural (CN), Solo Descoberto (SD), Milho (Mi) e Capim braquiária (Cb) em 2010

		Perda de Solo ($t\ ha^{-1}\ mês^{-1}$)							
Tratamento	Março		Abril		Maio		Junho	Média/mês	
Fe	0,00	n.s	2,92	b	2,00	c	1,11	ab	1,51
CN	0,00	n.s	0,30	c	0,54	c	0,60	b	0,36
SD	0,05	n.s	6,78	a	8,62	a	3,54	a	4,75
Mi	0,00	n.s	2,92	b	3,95	b	1,17	ab	2,01
Cb	0,07	n.s	3,73	b	1,34	c	0,40	b	1,38
Média	0,024		3,33		3,29		1,36		2,00
		Perda de Água ($m^3\ ha^{-1}\ mês^{-1}$)							
Tratamento	Março		Abril		Maio		Junho	Média/mês	
Fe	0,00	b	601,91	b	1.094,26	ab	832,65	ab	632,21
CN	0,00	b	187,65	c	710,29	b	676,03	b	393,49
SD	12,94	ab	1.058,24	a	1.424,26	a	1.063,53	a	639,74
Mi	0,00	b	636,47	b	1.348,68	a	798,38	ab	695,88
Cb	14,56	a	935,44	ab	1.344,85	a	693,09	ab	746,99
Média	5,50		683,94		984,47		812,74		621,66

Valores seguidos da mesma letra, na coluna, não diferem significativamente entre si, segundo o teste de Tukey a 5% de probabilidade. n.s - não significativo

Os valores médios de perda de solo diferiram significativamente ($P < 0,05$) nos meses de abril, maio e junho de 2010 (tabela 2). O alto valor de perdas de solo e água, observado no ano de 2010 em relação ao de 2009, está relacionado ao regime normal das chuvas, ocorridas neste ano, com chuvas bem distribuídas, maiores intensidades e com um índice pluviométrico médio de 244 mm, durante os quatro meses avaliados (tabela 1).

Deve-se considerar ainda quanto aos valores de perda de solo, no ano 2010, à desagregação propiciada pelos dois preparos e dois plantios do solo, às maiores intensidades das chuvas e a textura argilosa subsuperficial que pode ter contribuído com uma menor

infiltração e uma menor permeabilidade do solo, favorecendo maior escoamento superficial e maior arraste de partículas.

Outro fator importante a ser considerado, está relacionado aos valores discrepantes de perdas médias de solo, observados entre os tratamentos Fe, CN, SD, Mi e Cb, no mês de junho (tabela 2). Este fato pode estar relacionado ao comportamento diferenciado dos tipos de cobertura foliar e considerando a maior intensidade das precipitações observadas no mês, resultou numa maior energia cinética e promoveu maior carreamento de solo, conduzindo a uma diferenciação entre os tratamentos.

Observou-se, também, uma tendência de redução da taxa média de perdas de solo em relação ao tratamento com solo descoberto, o mais afetado, seguidos pelos de milho, feijão, capim braquiária e cobertura natural (tabela 2).

As perdas de água apresentaram diferenças significativas ($P < 0,05$) para os diferentes tratamentos Feijão (Fe), Cobertura Natural (CN), Solo Descoberto (SD), Milho (Mi) e Melancia (Me)/Capim braquiária (Cb) (tabela 2). A inversão da cobertura natural, o revolvimento do solo para o plantio de feijão, milho e capim braquiária, somado a maior intensidade, duração e frequência das precipitações dos meses de abril, maio e junho do ano de 2010, tornou o solo mais suscetível ao escoamento superficial, demonstrando que a cobertura vegetal oferece proteção necessária ao solo, mesmo sob fortes chuvas, estando em acordo com Segnfredo; Eltz; Brum (1997); Cogo; Levin; Levien; Schwarz (2003); Leite; Amorim; Couto (2006).

Os resultados indicam ainda que, a média por mês de perdas de solo foram superiores em relação à cobertura natural para os tratamentos com feijão de 419,4 %, milho de 558,3 % e de 383,3 % para o capim braquiária, enquanto às perdas de água corresponderam a 160,7 %, 176,8 % e 189,8 % para o feijão, milho e capim braquiária, respectivamente. Portanto, os diferentes tipos de cobertura foliar podem proporcionar maior ou menor proteção ao solo, tornando-o mais ou menos suscetível ao *splash* das gotas da chuva, conseqüentemente, ao escoamento superficial, corroborando com trabalhos desenvolvidos por Bertoni (1959), Alvarenga; Souza (1997), Bertoni; Lombardi Neto (2008).

O valor médio de perda de solo quantificado para a Cobertura Natural (CN) de $0,36 \text{ t ha}^{-1} \text{ mês}^{-1}$, quando comparado ao valor médio do tratamento Solo Descoberto de $4,75 \text{ t ha}^{-1} \text{ mês}^{-1}$ (tabela 2), confirma a participação da cobertura vegetal natural na proteção do solo e seu papel na diminuição do material erodido (DEDECECK; RESCK; FREITAS JR., 1986; SEGAFREDO; ELTZ; BRUM, 1997; LEITE; AMORIM; COUTO, 2006).

Estabelecendo uma análise comparativa entre os cultivos de Capim braquiária e Feijão, constatou-se que o Capim braquiária foi mais eficaz na diminuição das perdas de solo e água, em todos os estádios de desenvolvimento da planta, sendo atribuído este fato ao sistema radicular das gramíneas, do tipo fasciculado, que atua como importante agente reestruturador da camada arável, tornando-a mais resistentes à ação do impacto desagregador das gotas de chuva, em acordo com Dechen et al. (1981).

Observações em campo constataram ainda que, o Capim braquiária também é eficiente na retenção de sedimento fino (silte e argila), fato observado na transparência da água de escoamento. No tratamento com cobertura natural, o escoamento superficial foi amenizado, devido à presença de savana que contribuiu com a proteção necessária contra o impacto das gotas de chuva e com a maior capacidade de infiltração do solo, reduzindo as perdas de solo e água de escoamento para $0,36 \text{ t ha}^{-1} \text{ mês}^{-1}$ e $393,5 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ mês}^{-1}$, respectivamente (tabela 2).

Os valores obtidos dos atributos avaliados não são considerados críticos, o que pode estar relacionado aos baixos valores de perda de solo e água em relação à tolerância estabelecida para esta classe de solo Latossolo entre 9,6 a $15 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}$, proposto por Bertoni; Lombardi Neto (2008), tais resultados, também, foram beneficiados pela declividade que reduziu a energia cinética do escoamento superficial. Além deste tipo de solo apresentar diversas características que ajudam a reduzir a erosão, entre elas à permeabilidade acentuada e uma coerência entre os agregados, conforme descrito em Resende (1985).

Na área experimental, não foram observadas diferenças significativas ($P < 0,05$) na textura do solo entre os tratamentos, reforçando que o experimento foi locado sobre uma mesma classe de solo, em uma área de pequena extensão, não havendo, portanto, variação na textura. Mas, observou-se que o predomínio da fração areia em superfície e o aumento da fração argila em profundidade, contribuíram com o menor volume de sedimento escoado, quando o solo era submetido à baixa intensidade de chuva, possibilitando um maior tempo para a infiltração (figura 11 C).

A textura média a argilosa do horizonte A no Solo Descoberto (26,22 %), Feijão (24,54 %), Cobertura Natural (24,86 %), Capim braquiária (23,57 %) e Milho (23,99 %) de argila, proporcionou taxas médias de infiltração de $16,97 \text{ mm h}^{-1}$, sem mostrar grande diferença entre os tratamentos com Solo Descoberto, Feijão, Cobertura Natural, Capim braquiária e Milho, (Tabela 3), estando os dados em acordo com (BERTONI; LOMBARDI NETO, 2008).

A textura leve, solo com maior percentual de areia, predominante na superfície do solo experimental, foi um fator importante que permitiu uma maior capacidade de retenção de

umidade, não oferecendo, assim, resistência à penetração das raízes para os tratamentos feijão, milho e capim braquiária (figura 11 A, B e C).

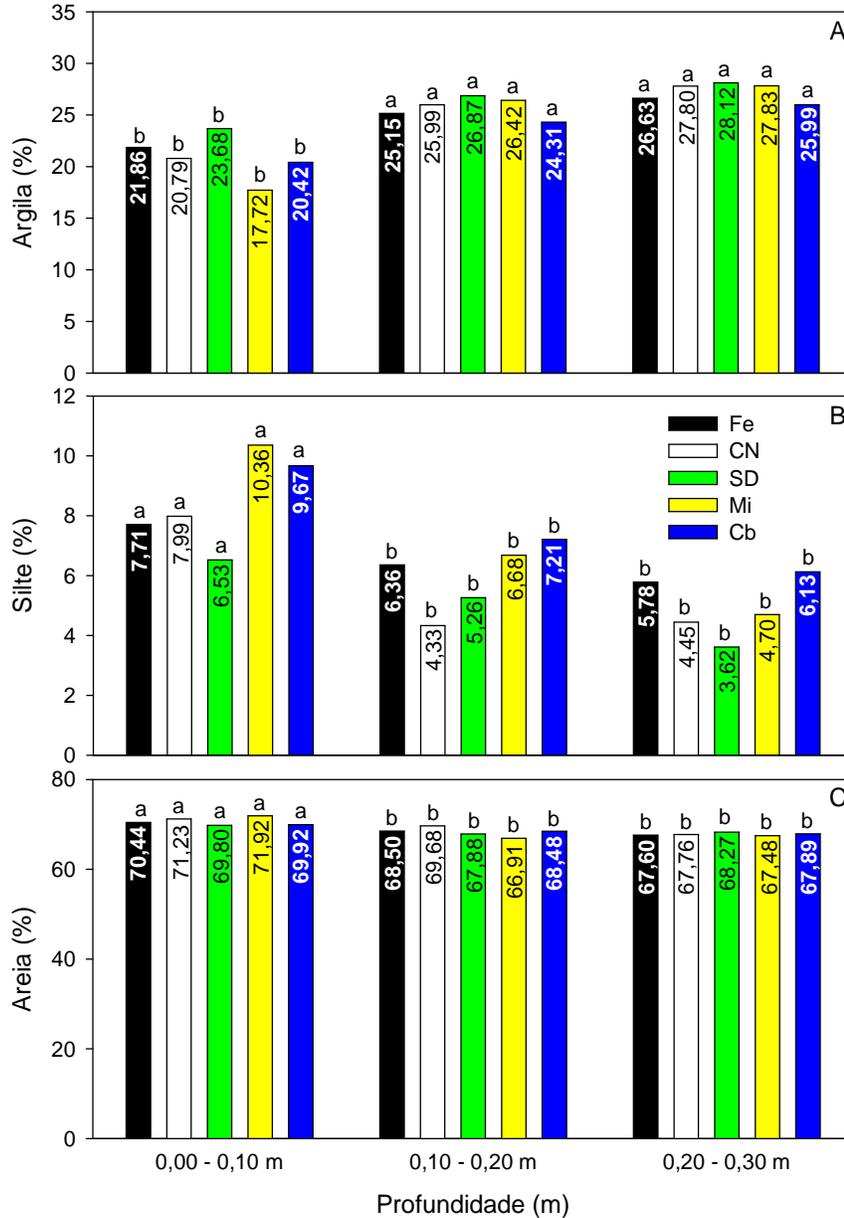


Figura 11 - Composição granulométrica A (argila), B (silte) e C (areia) nos tratamentos com Feijão (Fe), Milho (Mi), Capim braquiária (Cb), Cobertura Natural (CN) e Solo Descoberto (SD). Médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente entre si, segundo o teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

Embora, os valores médios de infiltração não tenham apresentado diferenças significativas, observa-se uma menor taxa de infiltração para o tratamento com Solo

Descoberto de 12,56 mm h⁻¹. Tal fato pode ser justificado pelas chuvas de maior intensidade durante o ano de 2010, que estando o solo desprotegido de cobertura vegetal e de resíduos culturais, provocou o selamento superficial pelo impacto das gotas da chuva e a redução da infiltração.

Tabela 3 - Valores médios de infiltração

Tratamentos	VIB média (mm h ⁻¹)
Feijão	17,98
Cobertura Natural	12,31
Solo Descoberto	12,56
Milho	21,80
Capim braquiária	20,20
Média	16,97

Diferença de médias não significativas

Os valores médios de infiltração não diferiram significativamente ($P < 0,05$) entre os tratamentos, apresentando uma média geral da velocidade básica de infiltração (VBI) de 16,97 mm h⁻¹. Provavelmente, o fato de o solo ser recém cultivado, ainda preserva as características físico-hídricas naturais, devendo-se atentar para a boa conservação de práticas culturais para a manutenção dessas características.

Segundo Bernardo, Soares e Mantovani (2006), valores de VBI entre 15,0 e 30,0 mm h⁻¹ são considerados elevados. De acordo com Monegat (1991), a taxa de infiltração de água é a característica que melhor reflete a qualidade estrutural de um solo. Uma boa qualidade estrutural pode determinar, além de maior infiltração, uma redução do escoamento superficial e, em consequência, um melhor controle da erosão. Silva, Andrade e Silva (2006) não observaram diferença na infiltração acumulada ($P < 0,05$) quando compararam o cultivo convencional com os sistemas de plantio direto e plantio direto com guandu, considerando oito anos desse manejo.

A precipitação ocorrida na área experimental e à elevada infiltração do solo pode ter resultado no menor processo erosivo evidenciado pelo volume total de água escoada, 3.559,04 m³ ha⁻¹, conseqüentemente, menor taxa de perda de solo. Mas os altos teores de areia, em superfície, associados aos baixos teores de argila dispersa, pode ter contribuído para deixar o solo mais suscetível à desagregação e transporte de suas partículas pela água. Tal fato pode ser reforçado quando associado à maior concentração de argila, em profundidade, podendo ter

colaborado na redução da infiltração e com o maior arraste de partículas do solo (figura 11 A e C).

A densidade do solo não diferiu entre os tratamentos, mas mostrou que a camada superior (0,00 a 0,10 m) possui densidade significativamente menor que as demais camadas (0,10 a 0,20 m e 0,20 a 0,30 m), podendo este fato estar relacionado à maior concentração de matéria orgânica, em superfície, bem como, à relação textural de argila alta, indicando uma capacidade de infiltração menor nos horizontes de subsuperfície, confirmando o já mencionado.

Pode ser observado ainda que, mesmo no tratamento onde o solo não sofreu qualquer revolvimento houve diferenças de densidade entre as camadas. Isso reforça a presença de uma camada coesa no solo experimental. É possível que a densidade tenha influenciado nas perdas de solo por erosão, conforme os resultados obtidos verificam-se valores absolutos relativamente elevados, principalmente em profundidade, indicando processo de compactação ou coesão; embora, não tenha sido verificada significância estatística entre os tratamentos (figura 12 B).

O aumento da densidade do solo em profundidade comprometeu a permeabilidade, impactando também nas perdas de solo em acordo com (ALVARENGA; SOUZA, 1997; BEUTLER et al, 2003). Beltrame et al. (1981) afirmam que, em geral, uma mudança na densidade, é acompanhada de uma mudança da resistência do solo à penetração, podendo um manejo inadequado do solo acarretar tais alterações (figura 12 A, B e C). Mesmo tendo ocorrido o aumento de densidade, em profundidade, possivelmente isto não comprometeu o sistema radicular das plantas, devido ao crescimento e desenvolvimento das plantas de feijão, milho e capim braquiária.

A resistência do solo aumentou progressivamente com o aumento da densidade do solo. Este fato pode estar relacionado à alternância de umedecimento e secagem, em consequência das precipitações e do período de estiagem observados durante o ciclo de desenvolvimento da planta. As menores umidades ocorreram nas camadas superficiais do solo, possivelmente não afetando as condições físicas do solo criando um ambiente ideal sem restrições ao desenvolvimento das plantas.

As condições físicas da área experimental ofereceram uma boa cobertura vegetal ao solo que somadas aos restos culturais deixados dos plantios anteriores promoveram maior quantidade de umidade conservada além, do plantio perpendicular ao declive e a cobertura permanente de savana, foram fatores essenciais para o aumento da infiltração,

consequentemente, o aumento da umidade do solo, embora, tenha havido o aumento de densidade nas camadas mais profundas (figura 12 A, B e C).

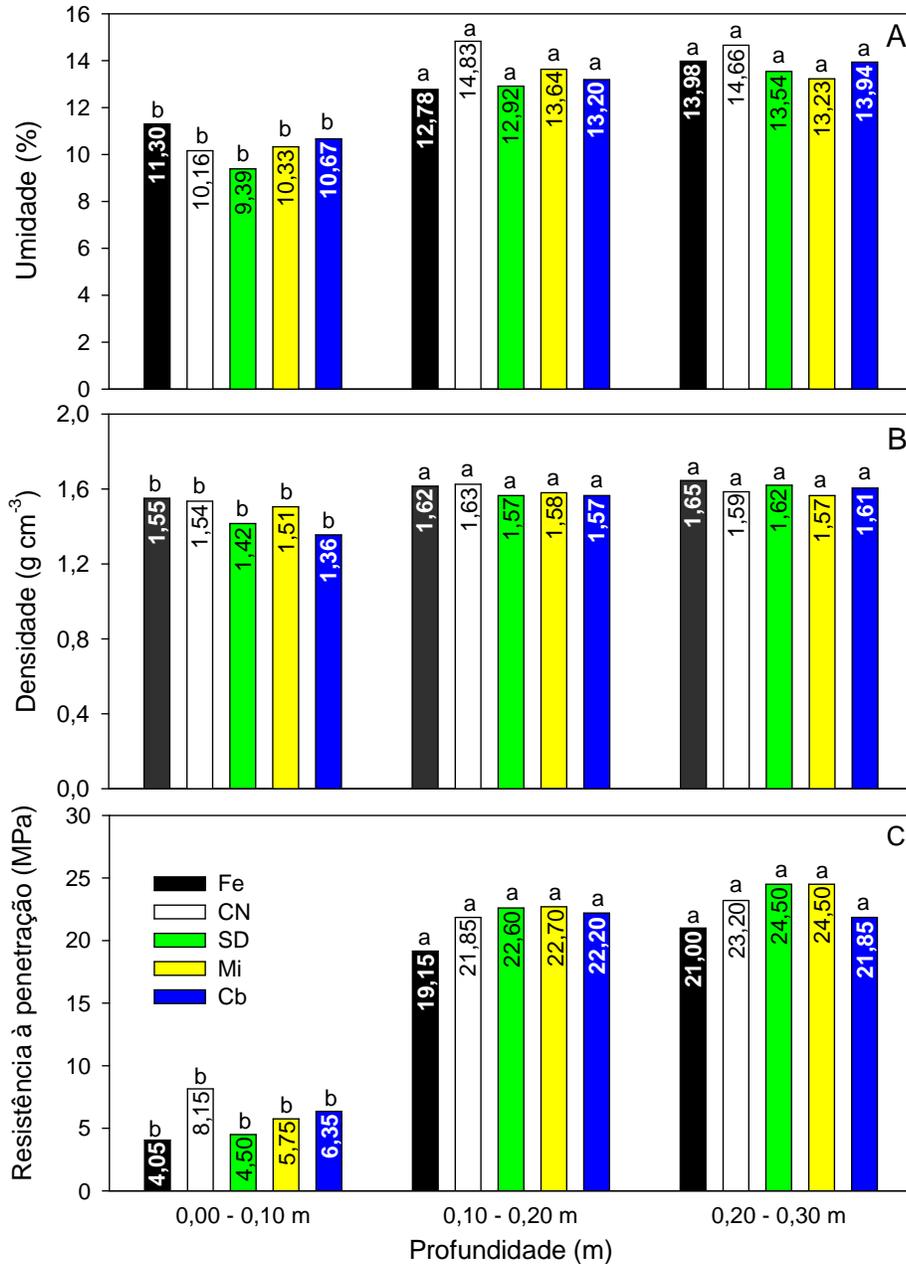


Figura 12 - Umidade (A), densidade (B) e resistência à penetração (C) nos tratamentos com Feijão (Fe), Milho (Mi), Capim braquiária (Cb), Cobertura Natural (CN) e Solo Descoberto (SD). Médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente entre si, segundo o teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O índice médio de precipitação de 322,7 mm nos meses de abril, maio e junho de 2010, também foi responsável pelo adensamento de folhas das culturas temporárias, podendo-se observar o resultado da ação das diferentes coberturas vegetais nas perdas de solo e água

por escoamento superficial, por meio das curvas de percentual de cobertura vegetal no Experimento I e Experimento II.

O acompanhamento do ciclo de desenvolvimento das plantas, por imagem, para o Experimento I, iniciou-se a partir do primeiro evento de chuva, encontrando-se as plantas de feijão e milho em estágio de desenvolvimento vegetativo acelerado (figura 13).

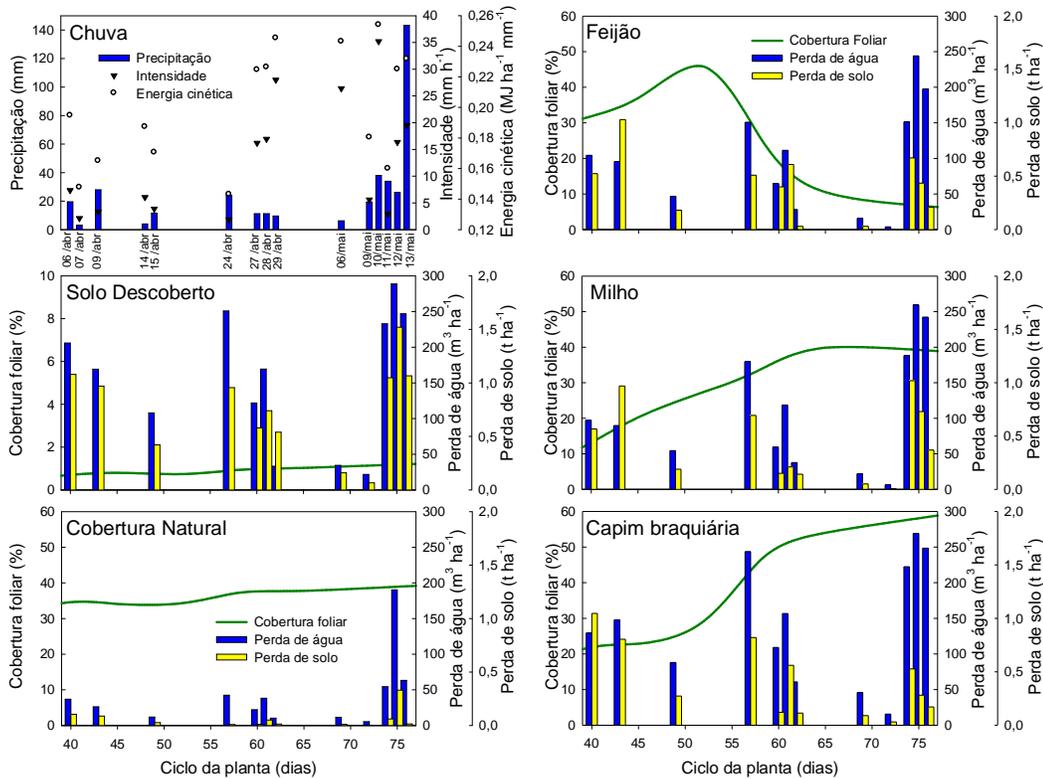


Figura 13 - Experimento I: Precipitação, intensidade, energia cinética e perdas de solo e água em relação à cobertura vegetal para os tratamentos com Solo Descoberto e Cobertura Natural, Milho, Feijão e Capim braquiária, ano de 2010.

Enquanto no Experimento II as culturas de feijão e milho encontravam no estágio de emergência da plântula, permitindo assim, avaliar a importância da cobertura vegetal na proteção do solo contra a erosão hídrica nos diferentes estádios de desenvolvimento da planta (figura 14).

Durante o ciclo de desenvolvimento das plantas os tratamentos com maior percentual de cobertura foliar foram os que tiveram valores mais baixos quanto ao transporte de sedimentos, podendo ser observado ainda, que na projeção da curva de percentual de

cobertura foliar, o sedimento transportado pelo tratamento com Solo Descoberto permaneceu crescente com a maior intensidade da chuva (figura 14).

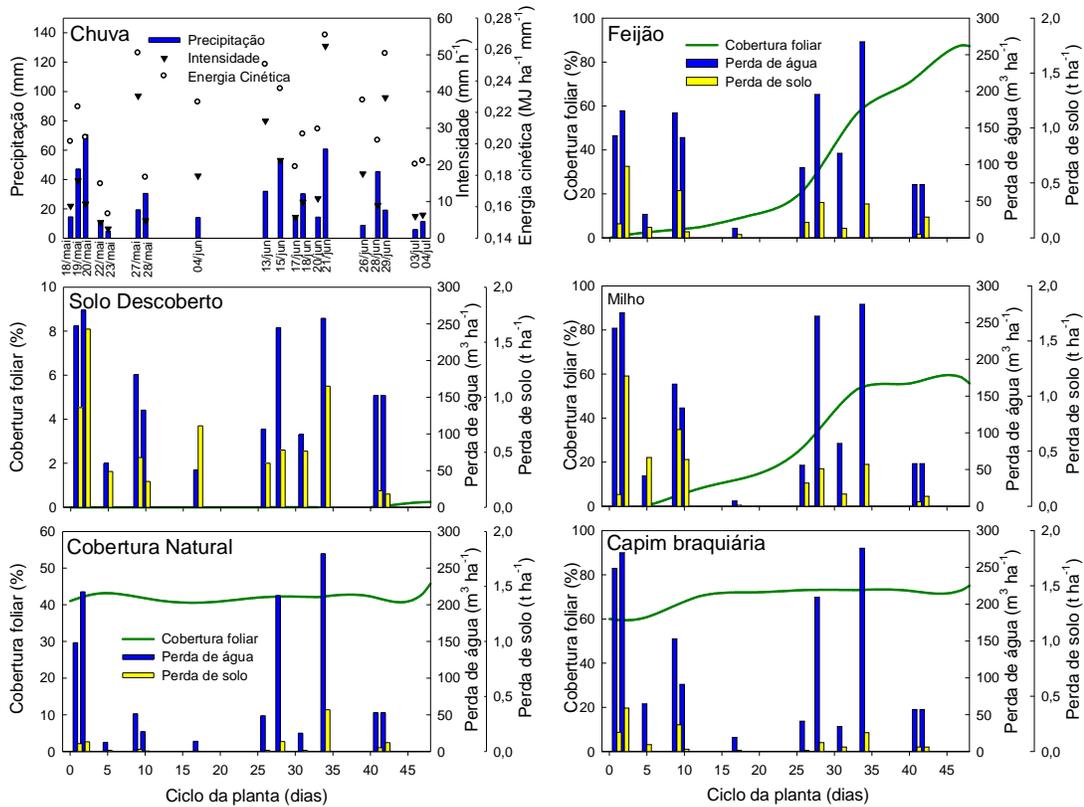


Figura 14 - Experimento II: Precipitação, intensidade, energia cinética e perdas de solo e água em relação à cobertura vegetal para os tratamentos com Solo Descoberto e Cobertura Natural, Feijão, Milho e Capim braquiária, no ano de 2010.

Para os demais tratamentos com cobertura de Feijão, Milho e Capim braquiária a curva percentual de cobertura foliar acompanhou o ciclo de vida da planta atingindo valores máximos, de cobertura foliar, correspondendo a 45 % para o feijão, 38 % para o milho e de 59,64 % para o Capim braquiária, no primeiro plantio (figura 13).

Observa-se que a perda de solo e água manteve-se elevada no tratamento com solo descoberto, enquanto nos demais houve uma redução em função da cobertura vegetal, estágio de desenvolvimento e da intensidade de precipitação (figura 13 e 14). Os valores de perda de água foram gradativamente diminuindo com o desenvolvimento das plantas, fato observado tanto no experimento I quanto no experimento II.

Os resultados sobre a influência da cobertura vegetal na proteção do solo contra a erosão hídrica comprovaram a importância de qualquer tipo de vegetação na proteção do solo, garantindo a interceptação das chuvas, infiltração e a diminuição do escoamento superficial e

produção de sedimentos. É importante ressaltar que entre plantios a exposição do solo para o preparo e novo plantio, tornou-o mais vulnerável à ação das águas da chuva.

No experimento II, as precipitações ocorridas com maior intensidade, geraram um volume maior de enxurrada capaz de promover um arraste médio de solo significativo para o mês de junho de $1,36 \text{ t ha}^{-1}$ (tabela 2) (figura 14).

A Cobertura Natural foi mantida entre plantios com 39,46 % de cobertura foliar no final do experimento I (figura 13) e 41,00 % no início do experimento II, atingindo 43,08 % no final do mês de junho (figura 14); aos 45 dias do ciclo da planta. Enquanto, o Solo Descoberto apresentou uma cobertura foliar de 1,07 % no final do Experimento I (figura 13), caindo para praticamente 0,00 % durante o Experimento II (figura 14), não oferecendo assim, nenhuma proteção ao solo, que ficou suscetível aos impactos das gotas de chuva e ao livre escoamento superficial.

Sob a mesma intensidade de chuva as perdas de solo, no mês de junho, representaram para os tratamentos com Feijão de $1,11 \text{ t ha}^{-1}\text{mês}^{-1}$, Milho $1,17 \text{ t ha}^{-1}\text{mês}^{-1}$ e Capim braquiária $0,40 \text{ t ha}^{-1}\text{mês}^{-1}$ (tabela 2), com uma cobertura foliar máxima correspondendo a 87,67 %, 58,40 % e 73,07 %, respectivamente (figura 14). A proteção ao solo refletida pela redução das perdas de água e solo nos tratamentos com feijão e milho assemelhou-se ao longo do experimento. Enquanto a cobertura com capim foi mais eficiente (figura 14).

Uma atenção especial deve ser dada às áreas com solo descoberto ou mesmo sob cultivo ainda que, sejam áreas de declividades inexpressivas. Na área experimental, o declive foi de 2,0 % e, associado ao clima e à cobertura ou não do solo, resultou numa perda considerável para um pequeno intervalo de tempo.

Assim, uma atenção especial deve ser dada às áreas mais declivosas onde a erosão pode ser muito mais acelerada. Portanto, é preciso cuidado no manejo de uso do solo a cada plantio, para que se possa equilibrar o uso às fragilidades do ambiente.

Desta forma, as diferentes formas de coberturas e manejos do solo podem proporcionar maior ou menor redução das perdas de solo e água por erosão. Os resultados sugerem o cuidado que se deve ter com os solos da Amazônia brasileira pelas baixas condições físicas favoráveis à agricultura. Medidas simples como cultivo mínimo sugerida por Leite; Amorim; Couto (2006) reduzem em 70 % as perdas de solo comparado ao sistema convencional e morro abaixo, visto estas terem reduzido a velocidade, tensão e cisalhamento do escoamento superficial.

Os resultados da avaliação das perdas de solo e água no ambiente de savana revelam a necessidade de um estudo continuado. Não se pretende esgotar nenhuma questão aqui

apresentada, mas levantar novos questionamentos do quanto de solo e água ainda poderão ser perdidos enquanto novos estudos não sejam realizados e, novas políticas não sejam implementadas para solucionar muitas questões socioeconômicas e ambientais presentes na Amazônia brasileira.

5 CONCLUSÕES

A remoção da savana para os diferentes usos do solo influenciou no *run off* e na produção de sedimentos:

- As maiores perdas de solo foram de $20,53 \text{ t ha}^{-1} \text{ mês}^{-1}$ e de água de $3.559,04 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ mês}^{-1}$, para o tratamento sem proteção vegetal;
- Em relação ao solo descoberto houve uma redução de 63,0 % de perda de solo e 29,0 % de água para o tratamento com cobertura de feijão e uma redução de perda de solo de 57,0 % e de 21,8 % de água para a cobertura de milho;
- A cobertura com gramínea foi mais eficiente no controle da erosão, com redução de perdas de solo de 90,6 % e de água de 55,8 % para gramínea nativa e de 60,0 % de solo e 16,1 % de água para a gramínea exótica.

REFERÊNCIAS

ALVARENGA, M. I. N.; SOUZA, J. A. **Atributos do solo e impacto ambiental**. 2. ed. Lavras: UFLA/FAEPE, 1997. 205p.

BACCARO, C. A. D. Processos erosivos no Domínio do Cerrado. In: GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S.; BOTELHO, R. G. M. (Org.). **Erosão e Conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999. 195-227.

BARBOSA, R. I. Distribuição das chuvas em Roraima. In: BARBOSA, R. I.; FERREIRA, E. J. G.; CASTELLON, E. G. (Ed.), **Homem, Ambiente e Ecologia no Estado de Roraima**: INPA. Manaus, 1997, p. 325-335.

BARBOSA, R. I.; FEARNSTIDE, P. M. Erosão do solo na Amazônia: estudo de caso na região do Apiaú, Roraima, Brasil. **Acta Amazônica**. v.30, n.4, p.601-613, out./dez. 2000.

BARBOSA, R. I.; MIRANDA, I. S. Fitofisionomia e Diversidade Vegetal das Savanas de Roraima. In: BARBOSA, R. I.; XAUD, H. A.; COSTA e SOUZA, J. M. **Savanas de Roraima: Etnoecologia, Biodiversidade e Potencialidades Agrossilvipastoris**, Boa Vista: FEMACT. Boa Vista, 2005. p. 61-78.

BARROS, L. S.; VALE JÚNIOR, J. F.; SCHAEFER, C. E. G. R.; MOURÃO JÚNIOR, M. Perdas de solo e água em plantio de *Acacia mangium* Wild e savana em Roraima, norte da Amazônia. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.33, p.447-454, mar./abr. 2009.

BELTRAME, L. F. S.; GOLDIN, L. A. R.; TAYLOR, J. C. Estrutura e compactação na permeabilidade de solos do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 5, p.145-149, mar./abr. 1981.

BENEDETTI, U. G. **Estudo detalhado dos solos do Campus do Cauamé da UFRR, Boa Vista, Roraima**. Boa Vista, RR, 2007. 103f. Dissertação (Mestrado em solos) - Universidade Federal de Roraima.

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de Irrigação**. 8.ed. Viçosa: UFV. Imp. Univ. 2006. 66-72 p.

BERTOL, I. SCHICK, J.; BATISTELA, O.; LEITE, O.; AMARAL, A. J. Erodibilidade de um Cambissolo húmico alumínio léptico, determinada sob chuva natural entre 1989 e 1998 em Lages (SC). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.26, p.465-471, mai/jun. 2002.

BERTOL, I.; COGO, N. P.; LEVIEN, R. Erosão hídrica em diferentes preparos do solo logo após as colheitas de milho e trigo, na presença e ausência de resíduos culturais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.21, p.409-418, mar./abr. 1997.

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**, Viçosa, v.11, p.187-192, mai/jun. 1987.

BERTOL, I.; COGO, N. P.; MIQUELLUTI, D. J. Sedimentos transportados pela enxurrada relacionados à cobertura e rugosidade superficial do solo e taxa de descarga. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, v.3, p.199-206, out./dez. 1997.

BERTOL, I.; ENGEL, F. L.; MAFRA, Á. L.; BERTOL, O. J.; RITTER, S. R. Phosphorus, potassium and organic carbon concentrations in runoff under different soil tillage systems during soybean growth. **Soil & Tillage Research**, v.94, n.1, p.142-150, mai. 2007.

BERTOL, I.; MIQUELLUTI, D. J. Perdas de solo, água e nutrientes reduzidas pela cultura do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.28, n.10, p.1205-1213, jun. 1993.

BERTONI, J. O espaçamento de terraços em culturas anuais, determinado em função das perdas por erosão. **Bragantia**, Campinas, São Paulo. v. 18, p. 113-140, 1959.

BERTONI, J., LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. 4. ed. São Paulo, Ícone, 2008, 355p.

BERTONI, R.; PESTANA, F. I. Relação chuva/perdas por erosão em diferentes tipos de solos. Campinas, **Bragantia**, SP. v.23, p. 3-11, out./dez. 1964.

BEUTLER, J. F.; BERTOL, I.; VEIGA, M.; WILDNER, L. P. Perdas de solo e água num Latossolo vermelho aluminoférrico submetido a diferentes sistemas de preparo e cultivo sob chuva natural. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.27, n.3, p.509-517, mai./jul. 2003.

BEZERRA, S. A.; CANTALICE, J. R. B. Erosão em sulco em diferentes condições de cobertura do solo, sob cultivo da cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.30, n.3, p.565-573, jul./set. 2006.

BRASIL. Projeto RADAMBRASIL. Folha NA. 20 Boa Vista e parte das Folhas NA. 21. Tumucumaque, NA. 20 Roraima e NA. 21. Rio de Janeiro: Ministério das Minas e Energia, 1975. v. 8.

BRAUN, W. A. G. Contribuição ao estudo da erosão no Brasil e seu controle. **Revista Brasileira de Geografia**, Rio de Janeiro, v.1, n.4, p.591-642, out./nov. 1962.

BRITO, L. de F.; SILVA, 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, n.67, p.27-36, mai./jul. 2005.

BROWN, G. W. **Forestry and water quality**. Corvallis: Oregon State University Bookstore, 1976, p. 69-74.

CARDOSO, D. P.; SILVA, M. L. N.; CURI, N.; SAFADI, T.; FONSECA, S.; FERREIRA, M. M.; MARTINS, S. G.; SÁ, J. J. G.; MARQUES, M. Erosão hídrica avaliada pela alteração na superfície do solo em sistemas florestais. **Scientia forestalis**, v.66, p.25-37, jun./jul. 2004.

CARSON, H. A.; KIRKBY, M. J. Hill slope form and process. Cambridge, Univ. Press, 1972.

CASSETI, V. **Ambiente e apropriação do relevo**. 2.ed. São Paulo: Contexto, 1991.

CASSOL E. A.; REICHERT J. M. Pesquisa em Erosão do solo. 2000. Disponível em: http://coralx.ufsm.br/ppgcs/congressos/XIIIREuniao_Brasileira_Ilheus/1020.pdf <Acesso em: 02.fev. de 2010.

COGO, N. P. **Effect of residue cover, tillage induced-roughness, and slope length on erosion and related parameters**. West Lafayette, Indiana, 1981. 173f. Tese (Doutorado em Solos) - Purdue University.

COGO, N. P. MOLDENHAUER, W. C., FOSTER, G. R. Soil loss reductions from conservation tillage practices. **Soil Sci. Soc. Am. J.** v.48, p.368-373, out.1984.

COGO, N. P.; DENARDIN, J. E.; BERTOL, I.; KOCHHANN, R. A. Retomada, redefinição e intensidade da pesquisa em erosão do solo no Brasil. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DE SOLO E DA ÁGUA: manejo integrado à ciência do solo na produção de alimentos, 15., Santa Maria, 2004. **Anais...** Santa Maria, Universidade Federal de Santa Maria, 2004. p.1-26.

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 de Solo**, Viçosa, MG, v.27, n.4, p.743-753, jul./ago. 2003.

DECHEN, S. L. F.; LOMBARDI NETO, F.; CASTRO, O. M. Gramíneas e leguminosas e seus restos culturais no controle da erosão em Latossolo Roxo. Campinas. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Piracicaba, v.5 n.1, p.133-137, jun./jul. 1981.

DECHEN, S. C. F.; DE MARIA, I. C.; CASTRO, O. M. DE; VIEIRA, S. R. Manejo de solos tropicais no Brasil. In: REUNIAO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA: manejo integrado à ciência do solo na produção de alimentos, 15. 2004 Santa Maria. **Anais ...** Santa Maria – RS: UFSM, 2004, p. 1-15.

DEDECECK, R. A.; RESCK, D. V.S.; FREITAS JR. E. Perdas de Solo, água e de nutriente por erosão em latossolo vermelho-escuro dos cerrados em diferentes cultivos sob chuva natural. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.10, n.3, p.256-272, jul. 1986.

DERPSCH, R. Importância da cobertura do solo e do preparo conservacionista. In: IMPÓSIO DE MANEJO DO SOLO E PLANTIO DIRETO NO SUL DO BRASIL, 1., SIMPÓSIO DE CONSERVAÇÃO DO SOLO DO PLANALTO, 3., 1983, Passo Fundo. **Anais...** Passo Fundo: PIVSCS/UPF, 1984.

DIAS JÚNIOR, M. S. Compactação do solo. In Novais, R. F. ALVAREZ U. H.; SCHAEFER, C. E. G. R. **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000, v.1, p.55-94.

ELTZ, F. L. F.; CASSOL, E.A.; GUERRA, M.; ABRÃO, P. U. R. Perdas de solo e água por erosão em diferentes sistemas de manejo e coberturas vegetais em solo São Pedro (Podzólico Vermelho Amarelo) sob chuva natural. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.8, p.245-249, jun. 1984.

ELTZ, F. L. F.; MEHL, H. U.; REICHERT, J. M. Perdas de solo e água em entressulcos em um Argissolo Vermelho-Amarelo submetido a quatro padrões de chuva. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.25, n.3, p.485-493, out. 2001.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de métodos de análise de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1997.

FOGLINO, E. La lotta antierosiva en Ecuador. **Revista Agropecuária Subtropical**, Ande, v. 59, p.10-12, set. 1965.

FARRES, P. The role of time and aggregate size in the crusting processes. **Earth Surface Processes**, Portsmouth, v.3, p. 243-254, ago./out. 1978.

FREITAS, F. J. DE; CANTALICE, J. R.; BEZERRA, S. A. SILVA, M. D. R. O.; SANTOS, P. M.; CORREA, R. M.; LIMA, P. A.; FIGUEIRA, S. B. Erosão em entressulcos sob caatinga e culturas agrícolas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.32, p.1743-1751, set. 2008.

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

GUERRA, A. J. T. O início do processo erosivo. In: Erosão e conservação dos solos. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999. P.17-55.

HARRIS, R. F.; KARLEN, D. L.; MULLA, D. J. A. A conceptual framework for assessment and management of soil quality and health. In: DORAN, J.W. & JONES, A.J., ed. Methods for assessing soil quality. Madison, **Soil Science Society of America**. p.61-82, 1996. (SSSA Special publication, 49).

KIEHL, E. J. **Fertilizantes orgânicos**. Piracicaba, São Paulo: Editora Ceres, p. 22-36, 1985.

LAL, R. Global soil erosion by water and carbon dynamics. In: LAL, R. KIMBLE, J.; LEVINE, E.; STEWART, B. **Soils and global change**. Boca Ratan, Fl: Lewis Publishers, 1995. v.1, p.131-142.

LEE, R. **Forest hydrology**. Columbia: Columbia University Press, p. 39-46, 1980.

LEITE, M. H. S.; AMORIM, A.; COUTO, R. Avaliação das perdas de solo sob diferentes condições de manejo do solo. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA: novos desafios do carbono no manejo conservacionista. 16, 2006, Aracaju-SE. 2006. **Anais...** Aracaju-SE. p.1-4.

LIRA, A. C. S. de. **Comparação entre povoamento de eucalipto sob diferentes práticas de manejo e vegetação natural de cerradão, através da respiração, infiltração de água da mesofauna do solo**. Piracicaba, SP, 1999. 70f. Dissertação (Mestrado em Manejo de Solo) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo.

LOMBARDI NETO, F.; BERTONI, J. Erodibilidade de solos paulistas. Campinas, SP: Instituto Agrônomo, n.27, 1975. Suplemento.

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 por erosão hídrica em sistemas florestais na

região de Aracruz (ES). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.27, n.3, p.395-403, ago./out. 2003.

MELLO, E. L. DE; BERTOL, I.; ZAPAROLLI, A. L. V.; CARRAFA, M. R. Perdas de solo e água em diferentes sistemas de manejo de um nitossolo háplico submetido à chuva simulada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.27, n.5, p.901-909, set./out. 2003.

MELO, V. F.; SCHAEFER, C. E. G. R.; VALE JÚNIOR, J. F.; UCHÔA, S. C. P. Aspectos pedológicos e de manejo dos solos de Roraima. In. MELO, V. F.; BARBOSA, R. I, **Roraima: homem, ambiente e ecologia**. Boa Vista: FEMACT, 2010, p. 391-408.

MIDDLETON, H. E. Properties of soils which influence soil erosion. Washington, D. C, USDA, 1930. Technical Bolletin, 178. 16 p.

MONEGAT, C. **Plantas de cobertura do solo**. 2.ed. Chapecó: Editora do autor, 1991.

MORIN, J.; BENYAMINI, Y.; MICHAELI, A. The effect of raindrop impact on the dynamics of soil surface crusting and water movement on the profile. **Journal of Hidrology**, New York, p.321-335, out. 1981.

PANACHUKI, E.; SOBRINHO, T. A.; VITORINO, A. C. T.; CARVALHO, D. F.; URCHEI, M. A. Parâmetros físicos do solo e erosão hídrica sob chuva simulada, em área de integração agricultura - pecuária. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v.10, n.2, p. 261-268, dez. 2006.

PEREIRA, S. B.; PRUSKI, F. F.; SILVA, D. D.; MATOS, A. T. Desprendimento e arraste do solo pelo escoamento superficial. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v.7, n.3, p.423-429, out./dez. 2003.

PIMENTEL, D.; HARVEY, C. RESOSUDARMO, P.; SINCLAIR, K.; KURZ, D.; MCNAIR, M.; CRIST, S.; SHPRIT, Z. L., FITTON, L.; SAFFOURI, R.; BLAIR, R. Environmental and economic cost of soil erosion and conservation benefits. **Science**, Ney York, v.267, p.1117-1124, jun. 1995.

PRUSKI, Fernando Falco. **Conservação de solo e água: práticas mecânicas para o controle da erosão hídrica**. 4.ed. Viçosa: UFV, 2006.

RAMALHO FILHO A.; BEEK, K. J. **Sistema de Avaliação da Aptidão Agrícola das Terras**. 3.ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA\CNPS, 1995.

REICHARDT, K. **A água em sistemas agrícolas**. São Paulo: Manole, 1987. 189p.

RIO GRANDE DO SUL. Secretaria da Agricultura. **Manual de conservação do solo**. 3. ed. Porto Alegre, 1987. 287p.

REICHERT, J. M.; REINERT, D. J. BRAIDA, J. A. Qualidade dos solos e sustentabilidade de sistemas agrícolas. **Revista Ciência & Ambiente**, Santa Maria, v.27, n. 27, p.29-48, jul./dez. 2003.

RESENDE, M. Aplicações de conhecimentos pedológicos à conservação de solos. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.11, n.128, p.3-18, ago. 1985.

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 de chuva. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.25, n.1, p.147-156, jan./mar. 2001.

SANTANA, D. P.; PEREIRA FILHO, I. A.; SANS, L. M. A. CRUZ, J. C.; ALVARENGA, R. C. Perda de solo e água e modificações de características de um Latossolo Vermelho-escuro submetido a diferentes métodos de manejo. In REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 10, 1994, Florianópolis.1994. Resumos: Florianópolis: Sociedade Brasileira de Ciências do Solo. 1994. 428p.

SARRANTONIO, M.; DORAN, J. W.; LIEBIG, M.A.; HALVORSON, J. J. On - farm assessment of soil quality and health. In: DORAN, J. W.; JONES, A.; J. (eds.) **Methods for assessing soil quality**. Madison: Soil Science Society of America, 1996. p.83-105 (SSSA Special Publication, 49).

SCHAEFER, C. E. G. R. **Ambientes no Nordeste de Roraima: Solos, Palinologia e implicações Paleoclimáticas**. Viçosa-MG, 1991. 108f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Viçosa.

_____. Ecogeography and human scenario in Northeast Roraima, Brazil. **Journal of the Brazilian Association for the Advancement of Science**, London, v.49, n.4, p.241-252, jun. 1997.

_____. **Landscape Ecology and Land Use Patterns in Northeast Roraima, Brazil**. London: Royal Holloway, University of London - CEDAR Research Papers: v.11, p.1-24, jun. 1994.

SCHAEFER, C. E. R.; SILVA, D. D.; PAIVA, K. W. N.; PRUSKI, F. F.; ALQUERQUE FILHO, M. R.; 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, mai. 2002.

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

SCHICK, J.; BERTOL, I.; BALBINOT JÚNIOR, A. A.; BATISTELA, 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, out. 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.4, p.287-291, out./dez.1997.

SILVA, E. L. S. A vegetação de Roraima. In: BARBOSA, R. I.; FERREIRA, E. J. G.; CASTELLON, E. G., **Homem, Ambiente e Ecologia no Estado de Roraima**. Manaus: INPA, 1997, p. 401-416.

SILVA, J. C. A.; ANDRADE, A. P. Avaliação da infiltração da água no solo como indicador de modificações edáficas em três sistemas de manejo. *Agropecuária Técnica*, Areia, PB, v.27, n.2, p.85-91, jan. 2006.

SOUZA, Z. M.; MONTANARI, R.; FILHO, M. V. M.; MARQUES JR. J. PEREIRA, G.T. Variabilidade espacial de fatores de erosão em latossolo sob diferentes formas de relevo: In REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA: manejo integrado à ciência do solo na produção de alimentos, 15. 2004 Santa Maria-RS. **Manejo e Conservação do Solo. Anais...** Santa Maria – RS: UFSM, 2004.

TAVARES FILHO, J.; RALISCH, R.; GUIMARÃES, M. F.; MEDINA, C. C.; BALBINO, L. C.; NEVES, C. C. V. J. Método do Perfil Cultural para a avaliação do estado físico de solos em condições tropicais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.23, n.1, p.93-399, mai. 1999.

TORMENA, C.A. **Caracterização e avaliação do intervalo hídrico ótimo de um Latossolo Roxo**. Piracicaba, SP, 1998. 180f. Tese (Doutorado em Solos) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia**: ciência e aplicação. 2.ed. Porto Alegre: ABRH/EDUSP, 1993.

VALE JÚNIOR, J. F. **Pedogênese e alterações dos solos sob manejo itinerante, em áreas de rochas vulcânicas ácidas e básicas, no nordeste de Roraima**. Viçosa, MG, 2000. 185f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Viçosa.

VILAR, O. M.; PRANDI, E. C. Erosão dos solos - Solos do interior de São Paulo. (Eds. J. C. A. Cintra & j. h. Albiero), ABMS, Departamento de Geotecnia, EESC, USP, p. 177-206. 1993.

WEILL, M. A. M. **Estimativa de erosão do solo e avaliação do seu impacto na Microbacia do Ceveiro (Piracicaba, SP) através do índice de tempo de vida**. Piracicaba, SP, 1999. 50f. Tese (Doutorado em Solo) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" - Universidade de São Paulo.

ZARTL, A. S. KLIK, A.; HUANG, C. Soil detachment and transport processes from interrill and rill areas. **Physics and Chemistry of the Earth**, v.26, n.1, p.25-26, jul. 2001.