



UNIVERSIDADE FEDERAL DE RORAIMA – UFRR
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA (POSAGRO)

FERNANDO GOMES DE SOUZA

PERDA DE SOLO, ÁGUA, CARBONO ORGÂNICO E NUTRIENTE POR EROSÃO
HÍDRICA EM DIFERENTES CULTIVOS E SAVANA NATURAL NO NORTE DA
AMAZÔNIA

Boa Vista – RR

2014

FERNANDO GOMES DE SOUZA

**PERDA DE SOLO, ÁGUA, CARBONO ORGÂNICO E NUTRIENTE POR EROSÃO
HÍDRICA EM DIFERENTES CULTIVOS E SAVANA NATURAL NO NORTE DA
AMAZÔNIA**

Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Federal de Roraima, em parceria com a Embrapa Roraima, como pré-quesito para obtenção de título de mestre em Agronomia, Área de Concentração: Produção Vegetal.

Orientador: Prof. Dr. Valdinar Ferreira Melo

Boa Vista – RR

2014

FERNANDO GOMES DE SOUZA

PERDA DE SOLO, ÁGUA, CARBONO ORGÂNICO E NUTRIENTE POR EROSÃO
HÍDRICA EM DIFERENTES CULTIVOS E SAVANA NATURAL NO NORTE DA
AMAZÔNIA

Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Federal de Roraima, em parceria com a Embrapa Roraima, como pré-quesito para obtenção de título de mestre em Agronomia, Área de Concentração: Produção Vegetal.

Aprovado em:

Prof. Dr. Valdinar Ferreira Melo
Orientador - UFRR

Prof. Dr. Wellington Farias Araújo
Coorientador - UFRR

Prof. Dr. José Frutuoso do Vale Júnior
UFRR

Pesquisador Dr. Roberto Dantas de Medeiros
Embrapa Roraima

DEDICATÓRIA

Dedico esse trabalho somente a **DEUS** e ao rei **JESUS**, que de forma tremenda transformou-me e mostrou-me que **todas as coisas foram feitas por intermédio dele; sem ele, nada do que existe teria sido feito.**

Ensinou-me a entender que **para tudo há uma ocasião certa; há um tempo certo para cada propósito debaixo do ceu: tempo para nascer, e tempo para morrer; tempo para plantar, e tempo para colher (ECLESIASTES 3:1-2). Ensinou-me que é melhor obter sabedoria do que ouro! É melhor obter entendimento do que prata! (PROVÉRBIOS 16:16).**

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus por está sempre ao meu lado, me protegendo e me fortalecendo em todos os momentos ao longo desta caminhada. Como diz o Provérbios 15:22 “Quando não há conselhos os planos se dispersam, mas havendo muitos conselheiros eles se firmam”. Após esta reflexão gostaria de dizer que não me faltaram conselheiros para que este trabalho ficasse pronto. Assim agradeço também:

À minha esposa, Jhennyffer Pereira de Souza, que demonstrou companherismo e amizade no decorrer dos anos, sempre apoiando e me incetivando a nunca desistir, dos meus planos e objetivos;

Ao programa de pós-graduação em Agronomia da UFRR

A Cordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, pela concessão de bolsa de estudo durante o curso;

À minha mãe Elisabete Gomes de Souza; ao meu padastro, Aroldo Benevenuto da Silva; e minha Avó Eusami Gomes Brito, pelos seus ensinamentos transmitidos durante toda minha criação, aos meus tios que me deram força para continuar toda esta caminhada deste minha Graduação, em especial, à minha tia, Elizete Gomes de Souza, que me ajudou financeiramente ao longo de todo o Curso Superior; e nessa nova etapa de meu crescimento profissional sempre me apoiou e incentivou, aos meus irmãos Luiz Eduardo, Clara Vitória e Edmilson Benevenuto, pelo apoio durante todo o projeto; à minha Sogra Maria Goretti Pereira Lima, pelo incetivo e força nos momentos de desanimo.

Ao meu Orientador, Prof. Valdinar Ferreira Melo, pela orientação e conselhos passados durante todo o periodo do curso de Pós-Graduação em Agronomia, sei que os mesmos serão de extrema importância para meu crescimento profissional;

Ao Prof. Wellington Farias Araújo pela contribuição de coorientação durante todo o processo de execução do experimento, dando sugestões e críticas que melhoraram a redação final deste trabalho;

Aos amigos Bolsistas de Graduação, Thiago Henrique e Nayara Pilonetto pela ajuda na execução deste trabalho; à toda equipe de trabalhadores de Campo pela ajuda nas etapas de campo, em especial ao funcionário Marcelo pela contribuição nas coletas realizadas; ao técnico agrícola Romito; aos amigos Josimar Chaves e Carlos Henrique pela ajuda na estatística e criação de gráficos; à laboratorista Semiramys Moreira, pelo acompanhamento e ajuda nas análises executadas no Laboratório de Solos.

Aos demais professores, pesquisadores da Universidade Federal de Roraima e Embrapa Roraima, e amigos do mestrado, que sempre estiveram direta ou indiretamente acreditando ou contribuindo para que o objetivo final deste trabalho fosse alcançado.

BIOGRAFIA

FERNANDO GOMES DE SOUZA, filho de Elisabete Gomes de Souza, nasceu em 27 de setembro de 1988, na cidade de Boa Vista, Roraima. Concluiu o ensino médio na Escola Estadual Ana Libória. No ano de 2006, ingressou no curso de Agronomia da Universidade Estadual de Roraima – UERR, onde concluiu o curso no ano de 2010. No mesmo ano casou-se com Jhenyffer Pereira de Souza. Ainda em sua trajetória profissional e acadêmica foi bolsista do Programa de Iniciação Científica na área de pesquisa, na Empresa Brasileira de Pesquisa e Agropecuária – EMBRAPA, por um período de dois anos. Em 2011 concluiu o curso de Pós-Graduação *Lato Sensu* em Produção Vegetal pela Faculdade Roraimense de ensino Superior – FARES. Em março de 2012, foi admitido ao Mestrado em Agronomia, da Universidade Federal de Roraima – UFRR, submetendo-se à defesa de dissertação em 27 de Março de 2014.

SOUZA, Fernando Gomes de. **Perda de solo, água, carbono orgânico e nutriente por erosão hídrica em diferentes cultivos e savana natural no norte da Amazônia.** 2014. 60p. Dissertação de Mestrado em Agronomia – Universidade Federal de Roraima, Boa Vista, 2014.

RESUMO

A erosão hídrica é uma das principais causas da degradação das terras no Brasil e no Mundo, causando sérios danos nas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, além de favorecer a redução da capacidade de infiltração de água no solo, e afetar diretamente a produtividade agrícola. Neste contexto, objetivou-se neste trabalho determinar as perdas de solo, água, nutrientes (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ e P) e carbono orgânico em diferentes culturas, solo descoberto e savana natural, sob chuva natural. O delineamento experimental adotado foi o de inteiramente casualizado com cinco tratamentos (solo descoberto - SD, feijão-caupi - FC, *Brachiaria brizantha* - BB, milho - MI e savana natural - SN) e duas repetições. As maiores perdas de solo e água ocorreram em solo descoberto, seguido pelo solo cultivado com feijão-caupi; Solos cultivados com *Brachiaria brizantha*, Milho e Savana Natural foram mais eficazes na diminuição das perdas de solo e água, durante todos os meses avaliados; O mês de agosto apresentou precipitações mais erosivas que os meses de junho e julho; As maiores perdas de Ca^{2+} e Mg^{2+} ocorreram no mês junho, sendo que as maiores perdas de Ca^{2+} ocorreram no tratamento de FC com $0,206 \text{ kg ha}^{-1}$, seguido do SD com $0,103 \text{ kg ha}^{-1}$ e MI com $0,114 \text{ kg ha}^{-1}$, para o Mg^{2+} as maiores perdas foram observadas no tratamento de SD com $0,270 \text{ kg ha}^{-1}$ seguido do FC com $0,161 \text{ kg ha}^{-1}$; O controle das perdas de nutrientes e carbono orgânico foi mais eficiente nos tratamentos com *Brachiaria brizantha* - BB, Milho - MI e Savana Natural – SN; Os maiores perdas P e K^+ ocorreram no tratamento de FC com $0,248 \text{ kg ha}^{-1}$ de P no início do desenvolvimento vegetativo, e $0,006 \text{ kg ha}^{-1}$ de K^+ durante o ciclo vegetativo. As perdas de fósforo e potássio, nos tratamentos seguiram a respectiva sequência de $\text{FC} > \text{SD} > \text{MI} > \text{SN} > \text{BB}$; As maiores perdas de CO ocorreram no mês de agosto, mês de maior precipitações de chuvas erosivas para o tratamento de SD com $1,875 \text{ kg ha}^{-1}$.

Palavras-chave: erosão hídrica; Roraima; chuva natural; produtividade agrícola.

SOUZA, Fernando Gomes de. **Loss soil, water, nutrient and organic carbon by water erosion in different crops and natural savannah in the northern Amazon.** 2013. 60p. Master's Degree Dissertation in Agronomy – Universidade Federal de Roraima, Boa Vista, 2013.

ABSTRACT

Water erosion is a major cause of land degradation in Brazil and worldwide, causing serious damage in the physical, chemical and biological soil properties, and promote the reduction of infiltration capacity of the soil water, and directly affect the agricultural productivity. In this context, this study aimed to determine the loss of soil, water, nutrients (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ and P) and organic carbon in different cultures, bare soil and natural savannah, under natural rainfall. The experimental design was a completely randomized design with five treatments (bare soil - SD, cowpea - CF *Brachiaria brizantha* - BB Corn - MI and natural savannah - SN) and two repetitions. Large losses of soil and water occurred in bare soil, followed by soil cultivated with cowpea; Soils under *Brachiaria brizantha*, Corn and Natural Savannah were more effective in reducing the loss of soil and water during all months evaluated; The month of August showed erosive rainfall over the months of June and July; The greatest losses of Ca^{2+} and Mg^{2+} occurred in the month June, with the largest losses of Ca^{2+} occurred in the treatment of CF with 0.206 kg ha^{-1} , followed by SD with 0.103 kg ha^{-1} and MI with 0.114 kg ha^{-1} for Mg^{2+} the greatest losses were observed in the treatment of SD with 0.270 kg ha^{-1} followed by FC with 0.161 kg ha^{-1} ; The control of nutrient losses and organic carbon was more effective in the treatments with *Brachiaria brizantha* - BB Corn - Natural and MI Savannah - SN; The biggest losses P and K^+ occurred in the treatment of CF with 0.248 kg ha^{-1} P at the beginning of vegetative growth, and 0.006 kg ha^{-1} of K^+ during growth. Losses of phosphorus and potassium treatments followed in their wake $\text{CF} > \text{SD} > \text{MI} > \text{SN} > \text{BB}$; The greatest losses of CO occurred in the month of August, the month of greatest rainfall for the treatment of erosive SD with 1.875 kg ha^{-1} rain.

Keywords : water erosion; Roraima; natural rainfall; agricultural productivity.

LISTA DE FIGURAS

RELAÇÃO DE FIGURAS CAPÍTULO I

- Figura 1 Localização da área Experimental – Mapa do Brasil, destacando o Estado de Roraima e a área de estudo no município de Boa Vista..... 27
- Figura 2 Área Experimental em área de Savana, com os tratamentos, solo descoberto (SD), plantio de feijão-caupi (FC), plantio com *Brachiaria brizantha* (BB), plantio de milho (MI) e savana natural (SN) no Campus do Cauamé da UFRR, Boa Vista/ RR..... 29
- Figura 3 Tanque de 200 litros utilizadas para determinar a altura da enxurrada (água da chuva e sedimentos finos transportados) conectada à calha de distribuição (A) e régua de 1m de comprimento utilizada para determinar o volume total em cada coleta (B)..... 30
- Figura 4 Comparação dos dados de precipitação das chuvas erosivas, com as perdas de solo (kg ha^{-1}) e água ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$) nos tratamentos de solo descoberto - SD (A), feijão-caupi - FC (B), savana natural - SN (C), milho - MI (D) e *Brachiaria brizhanta* - BB (E)..... 35

RELAÇÃO DE FIGURAS CAPÍTULO II

- Figura 1 Localização da área Experimental – Mapa do Brasil, destacando o Estado de Roraima e a área de estudo no município de Boa Vista..... 41
- Figura 2 Área Experimental com o tratamento de plantio de *Brachiaria Brizantha* - BB (A) e tratamento com savana natural – SN (B), no Campus Cauamé da UFRR, Boa Vista – RR..... 47

LISTA DE TABELAS

RELAÇÃO DE TABELAS CAPÍTULO I

Tabela 1	Análise química da disponibilidade inicial de nutrientes no solo da área experimental no Campus do Cauamé da UFRR, Boa Vista/ RR.....	28
Tabela 2	Valores de perda de solo (kg ha ⁻¹) para os tratamentos, solo descoberto (SD), plantio de feijão-caupi (FC), plantio com <i>Brachiaria brizantha</i> (BB), plantio de milho (MI) e savana natural (SN).....	32
Tabela 3	Valores de Perda de água (m ³ ha ⁻¹) para os tratamentos, solo descoberto (SD), plantio de feijão-caupi (FC), plantio com <i>Brachiaria brizantha</i> (BB), plantio de milho (MI) e savana natural (SN).....	34
Tabela 4	Umidade do solo (%), precipitação (mm), índice de erosividade (mm ⁻¹ ha ⁻¹ h ⁻¹) e energia cinética (MJ mm ⁻¹ mês), para os tratamentos, solo descoberto (SD), plantio de feijão-caupi (FC), <i>Brachiaria brizantha</i> (BB), plantio de milho (MI) e savana natural (SN).....	36

RELAÇÃO DE TABELAS CAPÍTULO II

Tabela 1	Análise química da disponibilidade inicial de nutrientes no solo da área experimental no Campus do Cauamé da UFRR, Boa Vista/ RR.....	42
Tabela 2	Valores de perda de nutrientes e carbono orgânico (kg ha ⁻¹) para os tratamentos, solo descoberto (SD), plantio de feijão-caupi (FC), plantio com <i>Brachiaria brizantha</i> (BB), plantio de milho (MI) e savana natural (SN).....	46
Tabela 3	Umidade do solo (%), precipitação (mm), índice de erosividade (MJ mm ⁻¹ ha ⁻¹ h ⁻¹) e energia cinética (MJ mm ⁻¹ mês), para os tratamentos, solo descoberto (SD), plantio de feijão-caupi (FC), <i>Brachiaria brizantha</i> (BB), plantio de milho (MI) e savana natural (SN).....	50

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
2. OBJETIVOS	14
2.1 Objetivo Geral	14
2.2 Objetivos Específicos	14
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
3.1 Erosão do Solo	15
3.2 Propriedades físicas e químicas do solo e as perdas de solo e água por erosão.	16
3.3 Relações da matéria orgânica com a agregação do solo	17
3.4 Relações da erosão hídrica com a precipitação	18
3.5 Erosão hídrica e o escoamento superficial	19
3.5.1 Fatores que influenciam o escoamento superficial	20
3.5.1.1 Agroclimáticos	20
3.5.1.2 Fisiográficos	20
3.6 Erosão hídrica e as perdas de nutriente do solo	21
3.7 Erosão em solos de savana	22
4. CAPÍTULO I: PERDA DE SOLO E ÁGUA, POR EROSÃO HÍDRICA EM DIFERENTES CULTIVOS E SAVANA NATURAL NO NORTE DA AMAZÔNIA. -	23
RESUMO	23
ABSTRACT	24
4.1 INTRODUÇÃO	25
4.2 MATERIAL E MÉTODOS	27
4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	32
4.4 CONCLUSÕES	37
5. CAPÍTULO II: PERDA DE CARBONO ORGÂNICO E NUTRIENTES POR EROSÃO HÍDRICA EM DIFERENTES CULTIVOS E SAVANA NATURAL NO NORTE DA AMAZÔNIA	38
RESUMO	38
ABSTRACT	39
5.1 INTRODUÇÃO	40
5.2 MATERIAL E MÉTODOS	41
5.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	46
5.4 CONCLUSÕES	51
REFERÊNCIAS	52
APÊNDICES	60

1. INTRODUÇÃO

A erosão hídrica é um processo de degradação dos solos que pode ser causado tanto por fatores naturais quanto por interferência antrópica. Nas terras cultivadas é a ação da chuva diretamente no solo, onde a quantidade final de erosão em um dado local irá depender da combinação da erosividade e erodibilidade (BAGATINI et al, 2011).

A erosão hídrica é uma das principais causas da degradação das terras, pois as perdas de nutrientes, a redução da capacidade de infiltração de água no solo, e na produtividade agrícola contribui para intensificar o processo de empobrecimento físico e químico do solo. Esse tipo de erosão é influenciado pela chuva, tipo de solo, topografia, cobertura e manejo do solo e por práticas conservacionistas de suporte a produção agrícola (BERTOL et al, 2007).

Para Romkens et al. (2001), a erosão do solo é um fenômeno complexo, que envolve a desagregação e o transporte das partículas de solo, a infiltração da água no solo, o armazenamento de parte da água precipitada e o escoamento superficial e, de acordo com Silva et al. (2005a), tem contribuído para o empobrecimento e redução ou perda de sustentabilidade dos agroecossistemas, decorrentes do arraste de solo, água, nutrientes e carbono orgânico a ela associada.

A ação da erosão hídrica além de causar a degradação de áreas agrícolas, resulta em prejuízos econômicos, sociais e ambientais, que poderão ser minimizados com a adoção de práticas conservacionistas de caráter mecânico, edáfico e vegetativo, de fundamental importância para o controle da erosão (RABELO; GRIEBELER, 2012).

A melhor forma de evitar os danos causados pela erosão é preconizar a manutenção ou recuperação das condições físicas, químicas e biológicas do solo, estabelecendo critérios para o uso e manejo das terras, de forma a não comprometer sua capacidade produtiva, visando aumentar a disponibilidade de água, de nutrientes e da atividade biológica do solo, criando condições adequadas ao desenvolvimento das plantas. Isso por que, a cobertura do solo proporcionada por vegetação natural, pelas culturas ou pelos restos de culturas é fundamental na redução das perdas de solo, água e nutrientes por erosão hídrica (PIRES et al., 2006; PANACHUKI et al., 2006). A cobertura do solo atuará, ainda, na redução da velocidade do escoamento superficial e, conseqüentemente, no potencial erosivo da enxurrada (ZHOU et al., 2002).

No Estado de 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 (MELO et al. 2010). Alguns Solos são extremamente duros quando seco

friáveis quando úmido e ligeiramente plástico e pegajoso quando molhado, denunciando característica de coesão com presença de erosão laminar severa (BENEDETTI, et al., 2011).

A utilização de práticas conservacionistas de manejo do solo tem recebido atualmente grande atenção, basicamente no que se refere à manutenção e à melhoria das propriedades físicas, químicas e biológicas dos solos cultivados e suas implicações no rendimento das culturas. A adoção destas práticas visa diminuir ou minimizar os efeitos dos principais processos erosivos, conciliando a exploração econômica com a preservação dos recursos naturais solo e água. Assim o presente trabalho se justifica sob a hipótese de que as perdas ocorridas no processo erosivo são influenciadas pelos diferentes padrões de precipitação, pelas condições de cobertura do solo, utilização de diferentes tipos de manejo e ações atópicas.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Avaliar as perdas de solo, água, nutrientes e carbono orgânico em plantio de *Brachiaria brizantha*, feijão-caupi, milho e cobertura natural em ambiente de savana, sob chuva natural.

2.2 Objetivos Específicos

Quantificar as perdas de solo ($\text{kg ha}^{-1} \text{mês}^{-1}$), nas diferentes coberturas do solo, sob chuva natural.

Quantificar perdas de água por escoamento superficial ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1} \text{mês}^{-1}$), nas diferentes coberturas do solo, sob chuva natural.

Quantificar as perdas de nutrientes (fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e carbono orgânico), nas diferentes coberturas vegetais, sob chuva natural.

Quantificar, os índices pluviais (intensidade, energia cinética da chuva (Ec) e Erosividade das chuvas (EI_{30}) e relaciona-los com as perdas de solo e água.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Erosão do Solo

A erosão é tão antiga quanto à própria Terra, sendo designada geológica a oriunda de fenômenos naturais que agem continuamente na crosta terrestre, com ocorrência natural do processo de modificação desta e constituindo processo benéfico para a formação do próprio solo (PRUSKI, 2006). Ela consiste num processo de desprendimento, arraste e deposição de partículas do solo, resultante de processo físico - energético gerado a partir das interações de agentes ativo (vento e chuva) e passivo (solo), que tem como produto final as perdas de solo, água e outros componentes do solo (AMORIM et al., 2001; CARVALHO et al., 2002).

A ação do splash, também conhecido por 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. Essa preparação se dá pela desagregação das partículas que salpicam com as gotículas de água e retornam à superfície, podendo vir a selar os poros superficiais, reduzindo a infiltração de água e, em alguns casos, aumentando a sua resistência à erosão pelas forças de coesão (OLIVEIRA et al., 2005).

A cada ano as perdas de solo e água por erosão acarretam enormes prejuízos econômicos (HERNANI et al., 1999). Uma estimativa dos custos anuais indica que estas, perdas, tanto no âmbito das propriedades rurais estão alcançando níveis catastróficos para um país em desenvolvimento. Estes custos estariam associados ao aumento na reposição de corretivos e fertilizantes aos solos, somados ainda aos maiores custos de produção e menores produtividades, como também à diminuição da capacidade acumulativa de reservatórios, aumento nas despesas de tratamento de água, manutenção de estradas de rodagens, entre outros (HERNANI et al., 1999). Neste sentido, erosão hídrica no Brasil está sendo tratada com maior ênfase, resultado de esforços conjuntos de técnicos de diversas instituições brasileiras.

Em áreas com pouca ou nenhuma cobertura vegetal, por exemplo, a desagregação do solo é mais intensa e acelera o processo erosivo. Pinese Junior et al. (2008), trabalhando com área exposta, monocultivo de milho, soja, sorgo, revegetação natural, brachiaria e mata, evidenciaram que a parcela com solo exposto perdeu cerca de quatro vezes mais material de solo do que qualquer outro uso da terra.

Em áreas agrícolas, a erosão hídrica é um processo impactante que altera as propriedades do solo, sendo considerada a forma mais prejudicial de degradação (COGO et al., 2003). As perdas de solo, água e nutrientes resultantes dela são as principais responsáveis

pelo empobrecimento das terras cultiváveis e declínio progressivo da produtividade (BERTOL et al., 2003, BERTOL et al., 2004a). Silva et al. (2005a) comentam que a minimização das perdas de solo, água, nutrientes e carbono orgânico do solo constituem importante aspecto do planejamento conservacionista.

Panachuki et al.,(2011), trabalhando com perdas de solo, água e infiltração de água em Latossolo Vermelho em diferentes sistemas de manejo observaram que as maiores perdas de solo e de água ocorreram no tratamento sob semeadura direta sem resíduo vegetal, enquanto nesse mesmo sistema de cultivo, com a presença dos resíduos, ocorreu à maior eficiência no controle da erosão hídrica, já no tratamento com grade aradora, observaram-se maiores perdas de solo e de água do que nos do preparo com escarificador. Em estudos semelhantes, Wu et al. (1992) constataram que na semeadura direta os poros conduzem água mais eficientemente do que no preparo com grade aradora, pois, embora o solo sob semeadura direta mostre, em geral, maior densidade e menor macroporosidade, nesse tipo de manejo a condutividade hidráulica é igual ou superior à do preparo com grade aradora.

3.2 Propriedades físicas e químicas do solo e as perdas de solo e água por erosão.

As propriedades físicas do solo influenciam diretamente o processo erosivo, pois estão relacionadas com a taxa de infiltração de água e permeabilidade do solo. Tais propriedades como textura, porosidade, densidade do solo, capacidade de retenção de água, capacidade de infiltração, umidade e saturação do solo influenciam a resistência do solo às forças de dispersão, salpico e transporte, consideradas de maior importância nos estudos de erosão do solo (CHAVES et al., 1993; SPOHR et al., 2009).

A remoção da cobertura vegetal natural e a implantação de atividades agrícolas, devido às ações que envolvem as diferentes formas de uso e manejo, provocam desequilíbrio no ecossistema, uma vez que o manejo adotado influenciará os processos físicos, químicos e biológicos do solo (CANELLAS et al., 2003; RANGEL & SILVA, 2007; COSTA et al., 2008).

Silva et al. (2005b) observaram que alguns atributos físicos do solo são modificados em função do manejo, e concluíram que as perdas de solo e água foram mais acentuadas no sistema de cultivo convencional, causado pela formação de uma camada compactada em profundidades abaixo da faixa de atuação do arado, ao contrário do sistema de plantio direto, que não apresenta formação de camadas compactadas em profundidades.

Portugal et al. (2010), avaliando as propriedades físicas e químicas do solo em áreas com sistemas produtivos e mata na região da zona da mata mineira, observaram que a pobreza

química no solo sob pastagem decorre da ausência de correções químicas do solo, que sofre grande ação exportadora pelo pastoreio do gado, além da facilidade de perda dos nutrientes arrastados pela erosão laminar, devido ao manejo inadequado, que expõe parcialmente o solo.

Já Mello et al. (2003), avaliando as perdas de solo e água em função do sistema de manejo aplicado a um Nitossolo Háplico, verificaram que o solo sob cultivo com soja, preparado com uma escarificação e uma gradagem sobre resíduos de aveia, apresentou redução nas perdas de solo e água da ordem de 85 e 34%, respectivamente, quando comparado ao solo preparado convencionalmente (uma aração e duas gradagens). Em relação ao solo preparado convencionalmente sem cultivo a redução das perdas de solo e água foram de 96 e 40%, respectivamente. Neste mesmo sentido Carmo et al. (2011), estudando as propriedades físicas de um Latossolo Vermelho Amarelo cultivado com cafeeiro em três sistemas de manejo no sul de Minas Gerais, observaram que as lavouras de café sob sistema de manejo adensado e sem mecanização preservaram, de modo geral, as propriedades físicas do solo no período de quatro anos pós-plantio.

Quanto às perdas de nutrientes, Bertol et al. (2004a), trabalhando em um Cambissolo Húmico, verificaram que nos preparos conservacionistas os valores de P e K transportados pela enxurrada da erosão foram maiores que nos preparos convencionais. A variação das concentrações de P e K na água de enxurrada foram de 0,11 a 0,92 mg L⁻¹ e 2,78 a 10,87 mg L⁻¹, respectivamente, para o solo com semeadura direta, cultivado a nove anos e, solo sem cultivo, no mesmo período de tempo, onde as perdas totais dos nutrientes foram maiores nos sistemas de preparo convencional. Guadagnin et al. (2005) verificaram o mesmo comportamento para o nitrogênio nas formas de NH₄⁺ e NO₃⁻, sendo as perdas totais de N, tanto na água como nos sedimentos da enxurrada, menores nos sistemas conservacionistas de manejo do solo (preparo mínimo e plantio semi direto), do que no preparo convencional.

3.3 Relações da matéria orgânica com a agregação do solo

A principal característica física do solo alterada com a redução do teor de matéria orgânica é a agregação que, indiretamente, tem contribuído para a alteração das demais características do solo, como a taxa de infiltração, a capacidade de retenção de água no solo, a densidade e a porosidade (BAYER et al., 2000; WOHLBERG et al., 2004).

As relações entre os agregados do solo e a matéria orgânica do solo (MOS) já foram alvo de muitos estudos, que identificaram, além da fração mineral, a fauna do solo, microrganismos, raízes, agentes inorgânicos e variáveis ambientais como os principais fatores

envolvidos na formação e estabilidade de agregados do solo (SIX et al., 2004; SALTON, et al., 2008)

Segundo Neves et al (2006), a agregação é um dos parâmetros que podem ser utilizados para medir a qualidade do solo, pois a manutenção da estrutura do solo facilita a aeração e a infiltração de água e reduz a erodibilidade. Já Panachuki et al (2011), demonstra que valores de diâmetro médio geométrico de agregados do solo (DMG), antes do preparo do solo, são semelhante aos preparos com semeadura direta, preparo com grade aradora e preparo com escarificador, apresentando, entretanto, no momento posterior ao do preparo do solo e aplicação das chuvas simuladas há tendência de ser superior na semeadura direta. Essa melhor estabilidade dos agregados nos tratamentos sob semeadura direta está relacionada à presença prolongada da matéria orgânica que atua como agente agregante do solo, que apresenta um tempo de permanência no solo maior do que a matéria orgânica livre, sendo esta proteção maior nos microagregados do que nos macroagregados (BAYER et al., 2004; CONCEIÇÃO et al., 2008).

A dinâmica de matéria orgânica no solo pode ser influenciada não somente pelas práticas de manejo e preparo do solo, mas também pela adição de fertilizantes minerais ou de origem orgânica, os quais podem atuar nos processos biológicos de decomposição e mineralização da matéria orgânica (LEITE et al., 2003). Schaefer et al. (2002), analisando as perdas de solo, nutrientes, matéria orgânica e os efeitos microestruturais na formação do selamento de um Argissolo Vermelho-Amarelo sob chuva simulada, observaram o desenvolvimento de crostas ou selamento, que contribuíram para intensificar os efeitos da enxurrada (*run off*), pois a destruição dos agregados do solo reduziu a taxa de infiltração.

3.4 Relações da erosão hídrica com a precipitação

Na agricultura brasileira, a precipitação pluvial é considerada o mais importante fator climático de risco, pois a seca e\ou a chuva excessiva que ocorrem em determinadas regiões do país respondem quase que pela totalidade dos prejuízos ocorrentes (KELLER FILHO et al., 2005). O regime pluvial e as características das chuvas em uma região determinam em grande parte os efeitos danosos da erosão, sendo a intensidade de precipitação uma de suas principais características (OLIVEIRA et al., 2010).

As características das chuvas mudam de região para região (KELLER FILHO et al., 2005). Assim, um único padrão utilizado para pesquisa pode não ser representativo para outras regiões (FLANAGAN et al., 1988). Segundo Carvalho et al. (2005), no Brasil ainda são inexpressivos os estudos básicos sobre as características físicas das precipitações pluviais,

os quais são imprescindíveis para a determinação de índices de erosividade de cada região do país.

3.5 Erosão hídrica e o escoamento superficial

O escoamento superficial é a parcela do ciclo hidrológico relacionado ao deslocamento das águas sobre a superfície do solo (SILVA et al, 2008). Para entender o escoamento superficial é necessário analisar a capacidade de infiltração que um solo possui e deve ser entendida como a quantidade máxima de água que pode infiltrar no solo em um dado intervalo de tempo (PRUSKI, 2006).

Segundo Spohr et al., (2009), os fatores que influenciam a infiltração de água no solo interferem também no escoamento superficial resultante, de modo que, sob uma intensidade constante de chuva, a infiltração e o escoamento superficial serão processos antagônicos: à medida que um diminui (infiltração) o outro aumenta (escoamento), até atingirem certo equilíbrio dinâmico (estabilização). Já Pruski et al. (2003) demonstraram que a cobertura e os tipos de uso do solo, além de seus efeitos sobre as condições de infiltração da água no solo, exercem importante influência na interceptação da água advinda da chuva.

Quanto mais protegida pela cobertura vegetal estiver à superfície do solo contra a ação da chuva, menor será nele a propensão de ocorrência da erosão, pois a infiltração da água das chuvas é favorecida pela cobertura foliar, amortecendo parte da água que atingiria o solo, por meio da interceptação pela folhas, liberando lentamente a água para a superfície do solo, e as raízes que abrem caminho para a água que infiltra no solo (PINESE JUNIOR et al., 2008).

Segundo Cabanêz (2011), quando o solo excede a sua capacidade de infiltração de água e de retenção superficial, inicia-se o escoamento superficial. Coelho et al. (2000), trabalhando em uma área sem vegetação, observaram a formação de canais preferenciais de escoamento de água no terreno, provavelmente em decorrência das elevadas intensidades de precipitação na área (22,77 e 48,04 mm h⁻¹); entretanto, em condições de baixa intensidade de precipitação, ocorre a formação de microbacias de acúmulo de água sobre a superfície do solo.

O baixo valor de rugosidade da superfície e o selamento da superfície do solo promovidos pelo impacto das gotas de chuva também favorecem o aumento do escoamento superficial (PANACHUKI et al., 2010). Além da ação destrutiva que promove no solo, o escoamento superficial constitui o principal meio de contaminação dos mananciais de água superficial devido ao transporte de sedimentos e produtos químicos (OLIVEIRA et al., 2005).

3.5.1 Fatores que influenciam o escoamento superficial

3.5.1.1 Agroclimáticos

- **Quantidade, intensidade e duração da precipitação**→As características das precipitações que mais interferem no processo de erosão do solo são a intensidade, a duração e a frequência da precipitação e a sua erosividade. A caracterização das chuvas intensas é imprescindível para solucionar problemas de interesse da engenharia, de modo especial o controle do escoamento superficial, em áreas urbanas e rurais (SANTOS et al., 2010).
- **Cobertura e condições de uso do solo**→A cobertura vegetal, neste sentido, atua no balanço hídrico de determinada região, reduzindo os efeitos maléficos da erosão, auxilia diminuindo a energia cinética das gotas da chuva e também da velocidade do escoamento superficial. E por isso, afirma-se que a cobertura vegetal é a defesa natural do solo contra todo processo erosivo (TARTARI et al., 2012; DIAS et al., 2013).
- **Evapotranspiração**→A evapotranspiração é um fenômeno complexo e não-linear, pois depende da interação entre os vários elementos climáticos (radiação solar, velocidade do vento, temperatura e umidade do ar) e do tipo e estágio de crescimento da cultura (KUMAR et al., 2002). Segundo Spohr et al. (2009), quanto maior a porcentagem de cobertura vegetal, a rugosidade da superfície do solo e a evapotranspiração da cultura, maiores serão as taxas de infiltração de água no solo quando ocorrer uma chuva e, conseqüentemente, menores serão as perdas por escoamento superficial.

3.5.1.2 Fisiográficos

- **Área, forma e declividade do terreno**→ Para Cogo et al. (2003), a inclinação do declive do terreno é um fator que influencia fortemente as perdas de solo e água por erosão hídrica, pois à medida que ela aumenta, aumentam o volume e a velocidade da enxurrada e diminui a infiltração de água no solo.
- **Condições de superfície**→ Práticas diferenciadas de manejo resultam em condições físicas de superfície e subsuperfície do solo distintas, as quais, por sua vez, resultam em níveis de erosão hídrica variada (VOLK et al., 2004). Assim quanto mais protegida

pela cobertura vegetal estiver à superfície do solo contra a ação da chuva, menor será nele a propensão de ocorrência da erosão (PINESE JUNIOR et al., 2008).

- **Tipo de solo**→ A concentração de determinadas perdas de solo, água e nutriente é influenciada pelo tipo de solo, pelas adubações e pelo tipo de manejo empregado, pois as características físicas, químicas e biológicas podem ser distintas de uma região para outra (GUADAGNIN et al., 2005).
- **Topografia**→ A topografia do terreno tem uma influencia acentuada nas perdas por erosão, especialmente em função do grau de declive e do comprimento de rampa (CAMPOS et al., 2008).
- **Rede de drenagem**→ O transporte de sedimentos para a rede de drenagem é complexo em razão da influência de muitos processos, como: a erosão do solo, o transporte de sedimentos e a deposição dentro da bacia (GBUREK et al., 2000).

3.6 Erosão hídrica e as perdas de nutriente do solo

A erosão acelerada do solo origina-se da combinação da intensificação agrícola com eventos de chuvas intensas, a qual é responsável por aproximadamente 85% da degradação dos solos (AMORIM et al., 2010). Cerca de 1,5 bilhões de hectares, ou seja, aproximadamente 10% da superfície terrestre, já foram degradados pelo processo de erosão, consequência do uso e manejo inadequados do solo (ANGIMA et al., 2003), o que diretamente proporcionará altas perdas de nutriente, principalmente por erosão hídrica (BERTOL et al., 2003).

Os nutrientes que se encontram no solo podem ser removidos pelo processo de erosão hídrica essencialmente de dois modos: adsorvidos às partículas sólidas (minerais e orgânicas) do solo e dissolvidos na água do escoamento superficial (GILLES et al., 2009). De modo geral, a perda de nutrientes por erosão hídrica é afetada pelo método de preparo do solo empregado no processo de cultivo (BERTOL et al., 2007b).

As concentrações de N, P, K, Ca e Mg perdidas por erosão hídrica são fortemente influenciadas pelo sistema de manejo do solo adotado, altas taxas de aplicação de fertilizantes e a intensidade de movimentação do solo (BERTOL et al., 2003).

3.7 Erosão em solos de savana

Barros et al. (2009), avaliando as perdas de solo e água por erosão hídrica em plantio de *Acacia mangium* em área de savana no Estado de Roraima, observaram que no período avaliado, houve notável redução das perdas de solo e água, inferior à área de savana natural, possivelmente devido à cobertura vegetal mais densa dos plantios de acácia o que caracteriza um fator que contribuiu para redução das perdas por erosão.

Barbosa et al. (2000), analisando a erosão do solo pela ação da água das chuvas, em dois usos da terra (floresta primária e pastagem derivada de floresta) entre agosto e fevereiro de 1992, na região do apiaú, no Estado de Roraima, observou que a taxa de erosão na pastagem ($1.128 \text{ kg ha}^{-1}\text{ano}^{-1}$) foi superior por um fator 7,5 à da floresta adjacente ($150 \text{ kg ha}^{-1}\text{ano}^{-1}$), isto causa degradação sucessiva na fertilidade do solo e sugere que pastagens derivadas de florestas na Amazônia são sistemas não sustentáveis de uso da terra para a região.

O uso intensivo da terra para a produção vegetal e animal tem causado degradação da estrutura do solo (FIGUEIREDO et al., 2009). À medida que se intensifica o uso agrícola, as propriedades físicas do solo sofrem alterações, geralmente desfavoráveis ao crescimento vegetal, e essas alterações são ainda mais nítidas quando os sistemas de uso do solo são comparados com a vegetação natural de cerrado (SPERA et al., 2004).

A presença de resíduos vegetais tem sido relacionada à qualidade física, principalmente por atuar na estabilidade de agregados do solo (VASCONCELOS et al., 2010). Silva; Kato (1997), avaliando o efeito de três sistemas de manejo do solo (cultivo convencional, plantio direto e cerrado virgem) e cinco tempos de chuvas simuladas (0, 2, 5, 10 e 20 minutos) sobre a formação do selo superficial e a condutividade hidráulica saturada em um Latossolo Vermelho Amarelo de cerrado, observaram que o solo de cerrado nativo possui uma maior resistência a formação do selamento superficial e conseqüentemente uma maior condutividade hidráulica saturada quando comparado aos solos de áreas cultivadas.

4. CAPÍTULO I: PERDA DE SOLO E ÁGUA, POR EROSÃO HÍDRICA EM DIFERENTES CULTIVOS E SAVANA NATURAL NO NORTE DA AMAZÔNIA.

RESUMO

A erosão hídrica é uma das principais formas de degradação dos solos, facilitada e acelerada pelo homem com práticas inadequadas de manejo do solo, fator que tem contribuído para redução da sustentabilidade nos agroecossistemas. Neste contexto, objetivou-se neste trabalho quantificar as perdas de solo ($\text{kg ha}^{-1} \text{mês}^{-1}$) e perdas de água por escoamento superficial ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1} \text{mês}^{-1}$) por erosão hídrica em Savana Natural - (SN), Solo descoberto - (SD), e em plantios de capim braquiária - BB (*Brachiaria brizantha*), feijão-caupi - FC (*Vigna unguiculata*) e milho - MI (*Zea mays* L.). O delineamento experimental adotado foi o de inteiramente casualizado com cinco tratamentos (SD, FC, BB, MI e SN) e duas repetições, sob plantio convencional. As maiores perdas de solo e água ocorreram em solo descoberto, seguido pelo solo cultivado com feijão-caupi; Solos cultivados com *Brachiaria brizantha*, Milho e Savana Natural foram mais eficazes na diminuição das perdas de solo e água, durante todos os meses avaliados; O mês de agosto apresentou precipitações mais erosivas que os meses de junho e julho;

Palavras-chave: degradação do solo, manejo do solo, perdas por erosão, Roraima.

4. CHAPTER I: LOSS OF SOIL AND WATER BY WATER EROSION IN DIFFERENT CROPS AND SAVANNAH NATURAL IN NORTHERN AMAZON.

ABSTRACT

Water erosion is a major form of land degradation, facilitated and accelerated by anthropogenic activities with inadequate soil management practices, a factor that has contributed to reduced sustainability in agroecosystems. In this context, this study aimed to quantify soil loss ($\text{kg ha}^{-1} \text{ month}^{-1}$) and water loss by runoff ($\text{m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ month}^{-1}$) by erosion in savannah natural - SN, solo discovered - SD, and plantations *Brachiaria* - BB (*Brachiaria brizantha*), cowpea - FC (*Vigna unguiculata*) and corn - MI (*Zea mays L.*). The experimental design was a completely randomized design with five treatments (SD, CF, BB, MI and SN) and two replications. Large losses of soil and water occurred in bare soil, followed by soil cultivated with cowpea; Soils under *Brachiaria brizantha*, corn and natural savannah were more effective in reducing the loss of soil and water during all months evaluated; The month of August showed erosive rainfall over the months of June and July;

Keywords : water erosion , soil management, soil loss and water, Roraima.

4.1 INTRODUÇÃO

Atualmente, no Brasil, uma das principais formas de degradação dos solos é a erosão hídrica, facilitada e acelerada pelo homem com práticas inadequadas de manejo do solo, fator que tem contribuído para redução da sustentabilidade nos agroecossistemas.

No geral, o processo de erosão hídrica compreende três fatores físicos distintos: desagregação, transporte e deposição: desagregação compreende o processo de redução e individualização das partículas agregadas do solo causado pelo impacto das gotas de chuva; as partículas desagregadas salpicam com as gotículas de água e retornam a superfície, selando-a e reduzindo a infiltração; inicia-se a segunda fase do processo (transporte); quando a energia do fluxo superficial, que depende do volume e velocidade da água, não é suficiente para transportar o material sólido, este se deposita, caracterizando a terceira fase do processo (deposição), e deste modo acarretando as perdas. Segundo Pinese Junior et al. (2008) a erosão acontece quando o potencial de transporte da água e/ou do vento ultrapassa o limite de agregação das partículas de solo, desprendendo-se umas das outras e permitindo que possam então ser transportadas.

Cogo et al. 2003 comentam que o processo erosivo é desencadeado pela combinação de formas de energia cinética e potencial. Segundo eles a energia cinética é gerada pela velocidade da massa de água proveniente das gotas da chuva e do escoamento superficial, que são associados à intensidade da chuva. A energia potencial, por sua vez, esta relacionada às maiores possibilidades de trabalho erosivo a ser realizado em função das maiores inclinações do terreno. No mesmo sentido, Carvalho et al. (2002) afirmam que as perdas de solo e água aumentam com o incremento da energia cinética da precipitação.

Isoladamente, a cobertura do solo por resíduos vegetais é o fator mais importante na dissipação da energia de impacto das gotas da chuva na superfície do solo (FOSTER, 1982), visto que ela pode evitar a desagregação de suas partículas, diminuindo assim as perdas de solo e água nas propriedades agrícolas.

Mannering; Meyer (1963) explicam que os resíduos vegetais na superfície do solo interceptam as gotas de chuva e dissipam a sua energia, evitando a desagregação das partículas e a formação do selo superficial. Além disso, há redução na velocidade da enxurrada e conseqüentemente redução na sua capacidade de desagregação e transporte de partículas do solo. No geral, quanto mais protegida pela cobertura vegetal estiver à superfície do solo contra a ação da chuva, menor será nele a propensão de ocorrência da erosão, pois a infiltração da água das chuvas é favorecida pela cobertura foliar, amortecendo parte da água

que atingiria o solo, através da interceptação pela folhas, liberando lentamente a água para a superfície do solo e as raízes que abrem caminho para a água descendente no solo (PINESE JUNIOR et al., 2008).

Segundo Bezerra, et al., (2006) de forma global e para todo ciclo de uma cultura observa-se diminuição das perdas de solo com o aumento das taxas de cobertura de solo. Isso por que as perdas de solo mais elevadas ocorrem durante o estabelecimento da cultura, período mais crítico tendo em vista a maior erosividade das chuvas e a menor cobertura do solo (LEITE, et al., 2009).

O objetivou-se com este trabalho quantificar as perdas de solo e água por erosão hídrica em plantio de *Brachiaria brizantha*, feijão-caupi, milho, savana natural e solo descoberto, sob chuva natural.

4.2 MATERIAL E MÉTODOS

4.2.1 Localização

O experimento foi conduzido na unidade experimental do Centro de Ciências Agrárias - CCA, no Campus do Cauamé da Universidade Federal de Roraima - UFRR, BR 174, s/n, Monte Cristo, no município de Boa Vista – RR, coordenadas geográfica (2° 52' 16'' N; 60° 42' 47'' W (Figura 1).

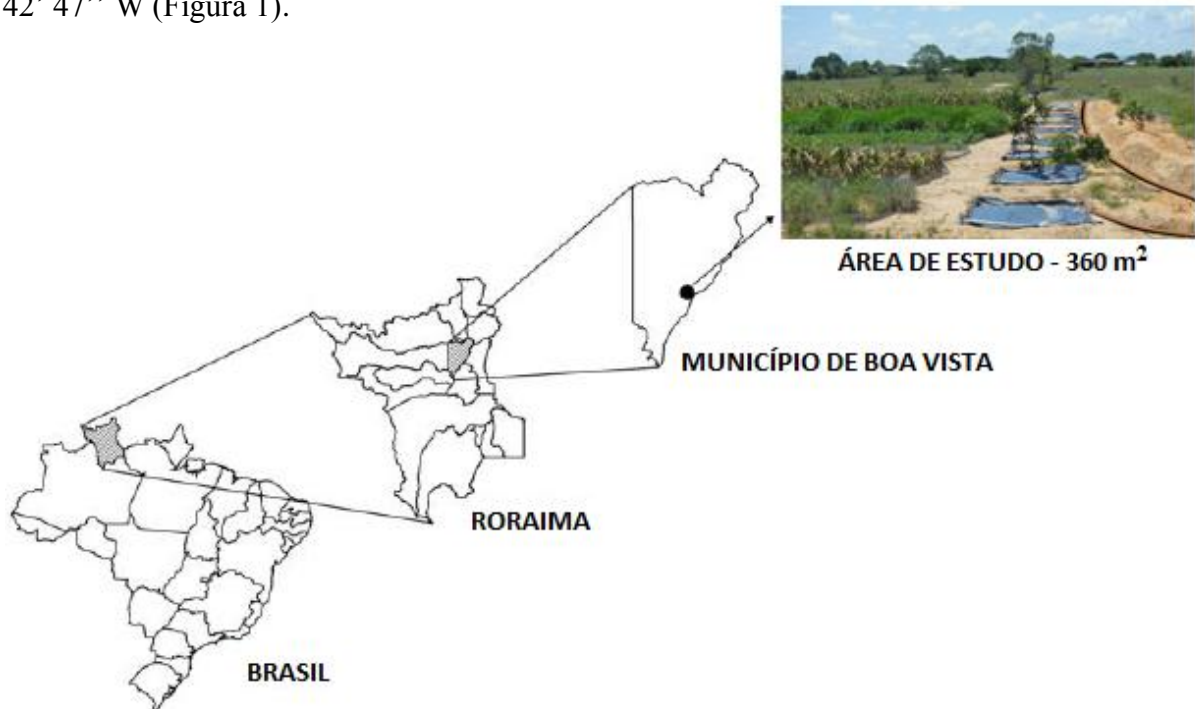


Figura 1- Localização da área Experimental – Mapa do Brasil, destacando o Estado de Roraima e a área de estudo no município de Boa Vista.

4.2.2 Caracterização da Área do Estudo

O solo da unidade experimental foi classificado como Latossolo Amarelo Distrocoeso, originado a partir de sedimentos pré-intemperizados argilo-arenosos da formação Boa vista, posicionado em relevo plano à suave ondulado com altitude em torno de 80 m, com declividade media de 2%, além de apresentar baixa fertilidade natural (Tabela 1), (BENEDETTI et al, 2011).

O Latossolo Amarelo Distrocoeso ocupa, em torno de 22% do estado de Roraima, em sua maioria são caracterizados como solos de baixa fertilidade natural, com problemas de natureza física (são duros ou coesos) quando secos com impedimento ao desenvolvimento radicular, possuem baixos valores de cátions trocáveis (Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^{+}), com Al^{+3} dominando o complexo de troca, embora dificilmente superiores a $0,5 \text{ cmolc kg}^{-1}$ de solo, o fósforo disponível é baixo e a matéria orgânica, principalmente pela ação constante do fogo é rapidamente mineralizada (MELO et al, 2010).

Tabela 1 – Análise química da disponibilidade inicial de nutrientes no solo da área experimental no Campus do Cauamé da UFRR, Boa Vista/ RR.

(pH) em água (1:2,5); (S): soma de bases trocáveis; (t): capacidade de troca catiônica (CTC) efetiva; T: CTC a pH 7,0; (V): índice de saturação por bases; (m): índice de saturação por alumínio e (P): fósforo disponível. (C): carbono orgânico

Prof.	pH	Complexo sortivo								V	m	P	C
		Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Al ³⁺	H ⁺ +Al ³⁺	S	t	T				
		-----cmolc dm ⁻³ -----								-----%-----	mg dm ⁻³	g dm ⁻³	
0-15	5,18	0,81	0,25	0,02	1,6	2,26	1,08	2,68	3,34	32,34	59,7	5,05	10,01
15-30	4,21	3,38	0,1	0,01	2,4	3,65	3,49	5,89	7,14	48,88	40,75	3,89	6,19

A caracterização climática da área, segundo a classificação de Koppen, é do tipo AW tropical chuvoso, quente e úmido, apresentando precipitação pluvial média anual de 1600 mm, com um período seco entre dezembro e março e outro chuvoso, entre abril e setembro (ARAÚJO et al., 2001).

4.2.3 Medição da precipitação pluvial

A precipitação pluvial foi registrada diariamente, por meio da estação meteorológica automatizada, instalada aproximadamente a 200 m da área experimental. A partir das precipitações obtidas no período foram calculadas as energias cinéticas das chuvas para cada evento. Os valores médios mensais de EI₃₀ foram determinados com base na metodologia de Wischmeier e Smith (1958), utilizando a Equação 1 proposta por Foster et al (1981) sendo:

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

Onde E_c = energia cinética por mm de chuva, em MJ ha⁻¹ mm⁻¹e;

I = intensidade de chuva, em mm h⁻¹.

Os valores de energia cinética (E_c) obtidos foram aplicados na Equação 2 para o cálculo do índice de erosividade EI₃₀, em mm ha⁻¹ h⁻¹.

$$EI_{30} = E_c \cdot I_{30}$$

4.2.4 Instalações da área experimental

O delineamento experimental adotado foi inteiramente casualizado com cinco tratamentos (solo descoberto - SD, plantio de feijão-caupi - FC, plantio com Brachiaria brizantha - BB, plantio de milho - MI e savana natural - SN) e duas repetições por tratamento. A instalação da área experimental foi realizada em terreno com declividade média de 2%. Após definidos os tratamentos, foram estabelecidas quadras coletoras, posicionadas no

sentido do declive da área experimental, com dimensões de 2,0 x 18,0 m (36 m²), espaçamentos entre as mesmas de 1,0 m. As quadras foram ladeadas com folhas de zinco galvanizado de 0,30 m de altura, cravadas 0,10 m no solo, para bloquear a entrada e saída do material erodido, evitando a interferência nos resultados do escoamento superficial obtidos nas quadras. Nas extremidades inferior de cada quadra, placas de aço galvanizado de 0,30m, de largura foram cravadas no solo, deixando-se 0,20m acima da superfície. Em seguida foram instalados tubos coletores de PVC (100 Ømm) acoplados a calha coletora e interligados a dois tanques de armazenamento, localizados em uma tricheira com dimensões de 1,00 m largura, por 2,00 m de comprimento em 1,50 m de profundidade, com capacidade para 200 L cada uma, cuja a função era o acúmulo de água e sedimentos, os mesmos, interligado por um tubo de PVC (25 mm) a um outro que serviu para armazenamento da água. Na saída de cada cano proveniente da quadra que desemboca no tanque, sacos de Bidim, 20,0 x 15,0 cm, foram colocados e amarrados com material elástico, para retenção dos sedimentos e liberar água e sedimentos finos (silte e argila). Na saída do primeiro tambor foram instaladas calhas com 10 saídas de igual vazão, sendo que apenas uma foi utilizada para coleta no segundo tambor e as demais descartadas, cuja função era evitar o transbordamento caso ocorresse chuvas com elevadas precipitações. Os valores de água obtidos foram multiplicados por 10 para o cálculo final das perdas ocorridas.

Após a instalação das quadras coletoras, realizou-se revolvimento do solo manualmente em todas as parcelas experimentais, e os plantios na área experimental, contendo os seguintes tratamentos: 1- cultivo de *Brachiaria brizantha* (BB); 2 – cultivo de milho (MI); 3 - cultivo de feijão-caupi (FC); 4 - solo descoberto (SD) e 5 - savana natural (SN) (Figura 2).

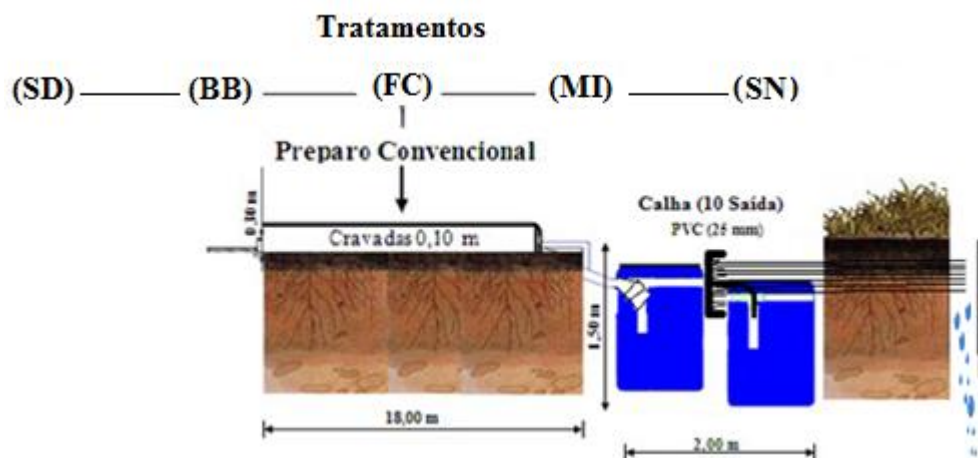


Figura 2 - Área Experimental em área de Savana, com os tratamentos, solo descoberto (SD), plantio de feijão-caupi (FC), plantio com *Brachiaria brizantha* (BB), plantio de milho (MI) e savana natural (SN) no Campus do Cauamé da UFRR, Boa Vista/ RR.

As parcelas experimentais adotadas em plantio convencional receberam adubação na forma de fertilizantes químicos, conforme a recomendação das culturas para a região, para o cultivo do milho e brachiaria, foram adotadas adubações na proporção de 110 kg ha^{-1} de N, dividido em duas aplicações: a primeira quando a planta apresentava quatro a seis folhas (± 15 dias após emergência), na quantidade de 50 kg ha^{-1} de N; e a segunda na diferenciação floral, 30 a 35 dias após a emergência, com 60 kg ha^{-1} , além de 120 kg ha^{-1} de P_2O_5 e 60 kg ha^{-1} de K_2O , para o cultivo de feijão-caupi, foram adicionados ao solo 40 kg ha^{-1} de P_2O_5 e 30 kg ha^{-1} de K_2O , as sementes de feijão-caupi foram submetida à inoculação com estirpe BR 3267, eficiente na fixação biológica de N_2 (FBN). Para complementação na cultura do feijão-caupi, realizou-se uma adubação de cobertura, com nitrogênio na dosagem de $20 \text{ kg de N. ha}^{-1}$, aos 15 dias após a fase de emergência das plantas. Além disso, três meses (90 dias) antes do plantio todas as parcelas experimentais em sistema de plantio convencional e os tratamentos (SD e SN), foram corrigidos com calcário dolomítico conforme recomendação de calagem para área experimental, equivalente a 2000 kg ha^{-1} . Os fertilizantes foram aplicados a lanço no solo, com objetivo de uniformizar a aplicação na área de plantio.

4.2.5 Determinação das perdas de solo, água pela erosão

As perdas de solo foram determinadas pelo método direto durante o ciclo da cultura e no período chuvoso, de junho a agosto de 2013. As amostragens dos sedimentos perdidos por erosão foram avaliadas, seguindo a metodologia preconizada por COGO (1978).

A altura da enxurrada (água da chuva e sedimentos finos transportados) nos tanques coletores conectados à calha foi medida utilizando uma régua de 1m de comprimento colocada no centro do mesmo (Figura 3A). Determinando o volume de água do tanque em função da altura da lâmina de água e o diâmetro dos tanques (Figura 3B).

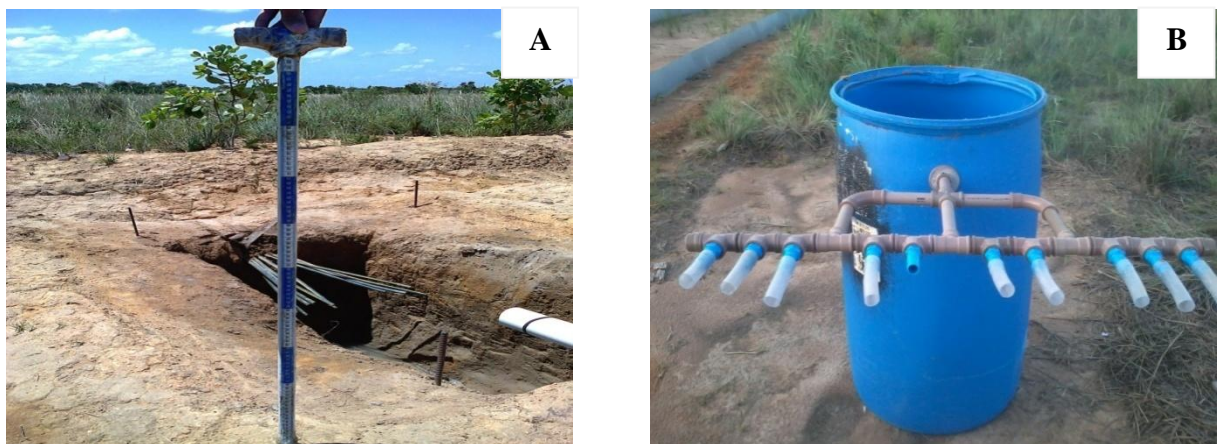


Figura 3- Tanque de 200 L utilizadas para determinar o altura da enxurrada (água da chuva e sedimentos finos transportados) conectados à calha de distribuição (A) e régua de 1m de comprimento utilizada para determinar o volume total em cada coleta (B).

Para obtenção das massas de solo e água perdidos na enxurrada, o material em suspensão coletado, correspondente a cada tempo de coleta, foi transferida para recipientes de vidro com massa conhecida. Posteriormente, foram determinadas as massas dos recipientes com a enxurrada em balança de precisão e levados para a estufa de circulação forçada a 60 °C, até atingirem massa constante. Para obtenção da massa de água, foi subtraída da massa total da enxurrada de cada amostra (já descontada a tara do recipiente) a massa de sólidos (g) presente após a evaporação em estufa. A massa de solo foi obtida pela pesagem direta de cada recipiente após evaporação da água em estufa. As fórmulas empregadas estão descritas abaixo:

$$PA = (PT - PR) - PS \quad (1)$$

$$PS = (PR + S - PR) \quad (2)$$

Onde: - PA - Massa de água da amostra, em g;

- PT - Massa total da amostra (água + solo + recipiente), em g;

- PR - Massa do recipiente, em g;

- PS - Massa de solo, amostra seca em estufa a 60°C, em g;

- PR+S - Massa do recipiente mais solo seco em estufa a 60 °C, em g.

Os valores obtidos foram extrapolados para o volume total da enxurrada coletada em cada parcela. Dessa forma, foram quantificadas as massas de solo e de água perdidos pelo escoamento superficial em cada evento de chuva.

Para complementação dos trabalhos foi realizada, análise de umidade em todos os tratamentos, durante junho a agosto de 2013, as mesmas foram determinadas ao longo da sequência de coleta de sedimentos por meio de sonda ICT-MPKit, nas profundidades de 0–10 cm, em cada parcela em estudo. As medidas foram realizadas através de um pulso em forma de uma onda constante, aplicável em superfície.

4.2.6 Análise Estatística

Os resultados obtidos das perdas de solo e água em cada coleta (repetições) foram submetidos à análise de variância (ANOVA), quando constatada significância, por intermédio do teste F, as medias foram comparadas pelo Teste de Tukey ao nível de 1 e 5% de probabilidade.

Para as perdas de solos, em virtude dos dados apresentarem coeficiente de variação elevado, e os mesmos não poderem ser estudados por meio da distribuição normal. Realizou-se a transformação matemática dos dados, através do software Assisat, adotando o modelo da Raiz Quadrada ($x = \sqrt{X}$), para todos os tratamentos.

4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Perda de solo e água por escoamento superficial

Quando avaliadas as perdas de solo no mês de junho, foi possível observar que as maiores perdas ocorreram nos tratamento de SD com 302,606 kg ha⁻¹ mês⁻¹, (Tabela 2), em virtude do mesmo não apresentar nenhum tipo de cobertura, algo que acaba possibilitando a desagregação e transporte do solo por salpicamento das partículas provocado pelo impacto das gotas de chuva, resultados que estão de acordo com os obtidos por Bertol et al. (2007), Barros et al. (2009) e Panachuki et al. (2011). Outro fator observado foi em relação ao FC com 149,006 kg ha⁻¹ mês⁻¹, onde o mesmo comparado com o SD não apresentou diferenças significativas, provavelmente este fato deve está relacionado ao comportamento diferenciado dos tipos de cobertura foliar, espaçamento adotado ou até mesma no que refere a estrutura da planta durante seu ciclo vegetativo inicial, o que proporcionou maiores perdas de solos em relação aos demais tratamentos BB com 12,743 kg ha⁻¹ mês⁻¹, MI 81,515 kg ha⁻¹ mês⁻¹ e SN 8,072 kg ha⁻¹ mês⁻¹ (Tabela 2). Segundo Cardoso et al., (2012) as plantas de cobertura exercem influência sobre essas perdas; portanto, espera-se que uma espécie com alto índice de cobertura e elevada produtividade de fitomassa propicie maior proteção ao solo, reduzindo o impacto da gota de chuva sobre a superfície do solo e, em consequência, o escoamento superficial e a erosão hídrica.

Tabela 2 – Valores de perda de solo (kg ha⁻¹) para os tratamentos, solo descoberto (SD), plantio de feijão-caupi (FC), plantio com *Brachiaria brizantha* (BB), plantio de milho (MI) e savana natural (SN)

Período	Precipitação das (Chuvas Erosivas) (mm)	EI ₃₀ (MJ mm ⁻¹ ha ⁻¹ h ⁻¹)	Perdas de Solo					C.V.(%) [®]
			(kg ha ⁻¹ mês ⁻¹)					
			SD	FC	BB	MI	SN	
Junho	86,8	1464,95	302,61 a**	149,01 ab**	12,74c**	81,52bc**	8,07 c**	22,26
Julho	107,4	2213,53	301,92 a*	99,80 ab*	0,00 b*	5,83 b*	3,30 b*	54,95
Agosto	177,8	3371,75	460,74 a*	59,55 b*	0,00 b*	44,91 b*	11,00 b*	45,03
Total	372	7050,23	1065,262	308,362	12,743	132,247	22,376	
Média	124	2350,08	355,087	102,787	4,248	44,082	7,459	

Valores seguidos da mesma letra, nas linhas, não diferem significativamente entre si, segundo o teste de Tukey a 1% ** e 5% * de probabilidade. n.s – não significativo. (Dados transformados: [®] Raiz Quadrada $X = \sqrt{X}$).

Quando avaliada as perdas de solo nos meses de julho, observou-se que o tratamento SD seguiu a mesma tendência do mês anterior, já os demais tratamentos FC, BB, MI e SN não apresentaram diferenças significativas. Fato este que pode esta relacionada à ocorrência de chuvas de fraca intensidade, e o já estabelecimento das culturas anuais durante o mês de julho,

levando em consideração que todas as culturas foram implantadas desde o plantio até o fim de seu ciclo vegetativo. Santos et al., (2010), avaliando as chuvas intensas relacionadas à erosão hídrica, constataram que as características das precipitações que mais interferem no processo de erosão do solo são a intensidade, a duração, frequência com que as chuvas ocorrem e a sua erosividade.

Durante as avaliações do mês de agosto, foi possível observar que as maiores perdas de solo ocorreram no tratamento de SD com $460,739 \text{ kg ha}^{-1} \text{ mês}^{-1}$, já os demais tratamentos FC, BB, MI e SN não houve diferenças significativas pelo teste Tukey a nível de 5% de probabilidade. O alto valor de perdas de solo, para o tratamento SD, possivelmente está relacionado à ocorrência de elevadas precipitações no período e alto grau de selamento superficial, proporcionado relativamente pela ausência de cobertura foliar no respectivo tratamento. Os resultados corroboram com os estudos de Alves; Cabeda (1999), onde demonstram que em preparo convencional do solo à superfície menos protegida proporciona maior taxa de decréscimo de infiltração, contudo, refletindo no selamento superficial. No mesmo sentido outros estudos confirmam os resultados obtidos, onde afirmam que após vários meses de chuva, o solo é, provavelmente, mais saturado e tem uma taxa reduzida de infiltração de água, provocando um aumento do escoamento superficial, resultando em altos níveis de perdas de solo e água (OLIVEIRA et al., 2013).

Os tratamentos BB, SN e MI apresentaram características mais protecionistas do solo quando comparada com os tratamentos de SD e FC, pois promoveram maior cobertura do solo pela copa, em razão do melhor desenvolvimento da biomassa de cobertura radicular, impedindo o escoamento superficial.

Em relação às perdas totais mensais de água, ocorridas durante o mês de junho, observou-se que os tratamentos estudados (SD, FC, BB, e SN) não apresentaram diferença estatística entre si, pelo teste Tukey a nível de 5% de probabilidade, a distribuição irregular de chuvas e o baixo índice pluviométrico no presente mês, podem explicar os baixos valores das perdas de água encontrados (Tabela 3).

Durante o mês de julho, em virtude da normalização do regime normal das chuvas, foi possível diagnosticar que as maiores perdas ocorreram no tratamento de SD com $253,921 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ mês}^{-1}$ (Tabela 3). Resultados semelhantes a estes foram obtidos por Beutler et al. (2003), Guadagnin et al. (2005), Carvalho et al. (2007), Pinese Junior et al. (2008), Panachuki et al. (2011) e Marioti et al. (2013).

Algo que se observou durante os eventos chuvosos do mês de julho foi que apesar das maiores perdas de água ocorrerem no tratamento com SD, o tratamento de FC com $134,466$

$\text{m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ mês}^{-1}$ também apresentou elevado valores de perdas de água, comparado com os demais tratamentos em estudo (BB, MI e SN) (Tabela 3).

Tabela 3 – Valores de Perda de água ($\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$) para os tratamentos, solo descoberto (SD), plantio de feijão-caupi (FC), plantio com *Brachiaria brizantha* (BB), plantio de milho (MI) e savana natural (SN)

Período	Precipitação das (Chuvas Erosivas) (mm)	EI ₃₀ (MJ mm ⁻¹ ha ⁻¹ h ⁻¹)	Perdas de Água					C.V(%)
			(m ³ ha ⁻¹ mês ⁻¹)					
			SD	FC	BB	MI	SN	
Junho	86,8	1464,95	69,32 a*	57,89 ab*	47,47 ab*	15,52 b*	24,44 ab*	29,1
Julho	107,4	2213,53	253,92a**	134,47 b**	0,390 c**	20,65 c**	49,70 c**	22,1
Agosto	177,8	3371,75	599,43a**	284,70 b**	0,000 c**	88,86 bc**	217,79bc**	28,2
Total	372	7050,23	922,675	477,047	47,857	125,029	291,929	
Média	124	2350,08	307,558	159,016	15,952	41,676	97,310	

Valores seguidos da mesma letra, nas linhas, não diferem significativamente entre si, segundo o teste de Tukey a 1% ** e 5% * de probabilidade. n.s – não significativo.

No mês de agosto, o tratamento de SD com $599,431 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ mês}^{-1}$ apresentou maiores perdas de água, seguido do tratamento de FC com $284,696 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ mês}^{-1}$. Já os demais tratamentos em estudo seguiram a mesma tendência do mês de julho onde em ambos os tratamentos (BB, MI e SN), não apresentando diferenças significativas (Tabela 3).

Estabelecendo uma análise comparativa entre as perdas de solo e água em todos os tratamentos, durante os três meses avaliados, e tendo como base a precipitação total das chuvas erosivas coletadas, foi possível constatar que os tratamentos com BB, MI e SN foram mais eficazes na diminuição das perdas de solo e água, em todos os meses avaliados (Tabela 2 e 3). Para o tratamento de BB atribui-se este fato ao sistema radicular das gramíneas ser do tipo fasciculado, atuando como importante agente reestruturador da camada arável, tornando o solo mais resistente à ação do impacto desagregador das gotas de chuva, conforme resultados obtidos por Cardoso et al., (2012). Os tratamentos de BB e MI explicam a eficaz das menores perdas de sedimentos pelo fato da cultura apresentar características mais protecionistas do solo em razão da maior cobertura do solo pela copa, desenvolvimento mais rápido, retardando o início do escoamento superficial, concordando com Marioti et al., (2013). Já para o tratamento com SN, o escoamento foi amenizado, devido a presença de savana que contribui diretamente com a proteção contra o impacto das gotas das chuvas e com maior capacidade de infiltração do solo, resultados obtidos por Cabanêz et al., (2011) confirmam que o escoamento superficial só tem início quando o solo excede sua capacidade de infiltração da água e tem relação direta com a intensidade da precipitação.

Após relacionar os dados de precipitação das chuvas erosivas, com as perdas de solo

(kg ha⁻¹) e água (m³ ha⁻¹) nos tratamentos, observou-se que as perdas de solo e água se mantiveram elevada no tratamento de SD, enquanto os demais tratamentos sofreram algumas variações, tendo em vista que no tratamento de BB, houve uma redução em função da cobertura vegetal e o estágio de desenvolvimento da planta (Tabela 2 e 3).

Foi possível observar que as precipitações ocorridas durante o mês de agosto geraram um volume maior de enxurrada, (Figura 4 A, B, C, D e E), promovendo um arraste de solo significativo em todos os tratamentos (SD, FC, MI e SN), com exceção do tratamento de BB.

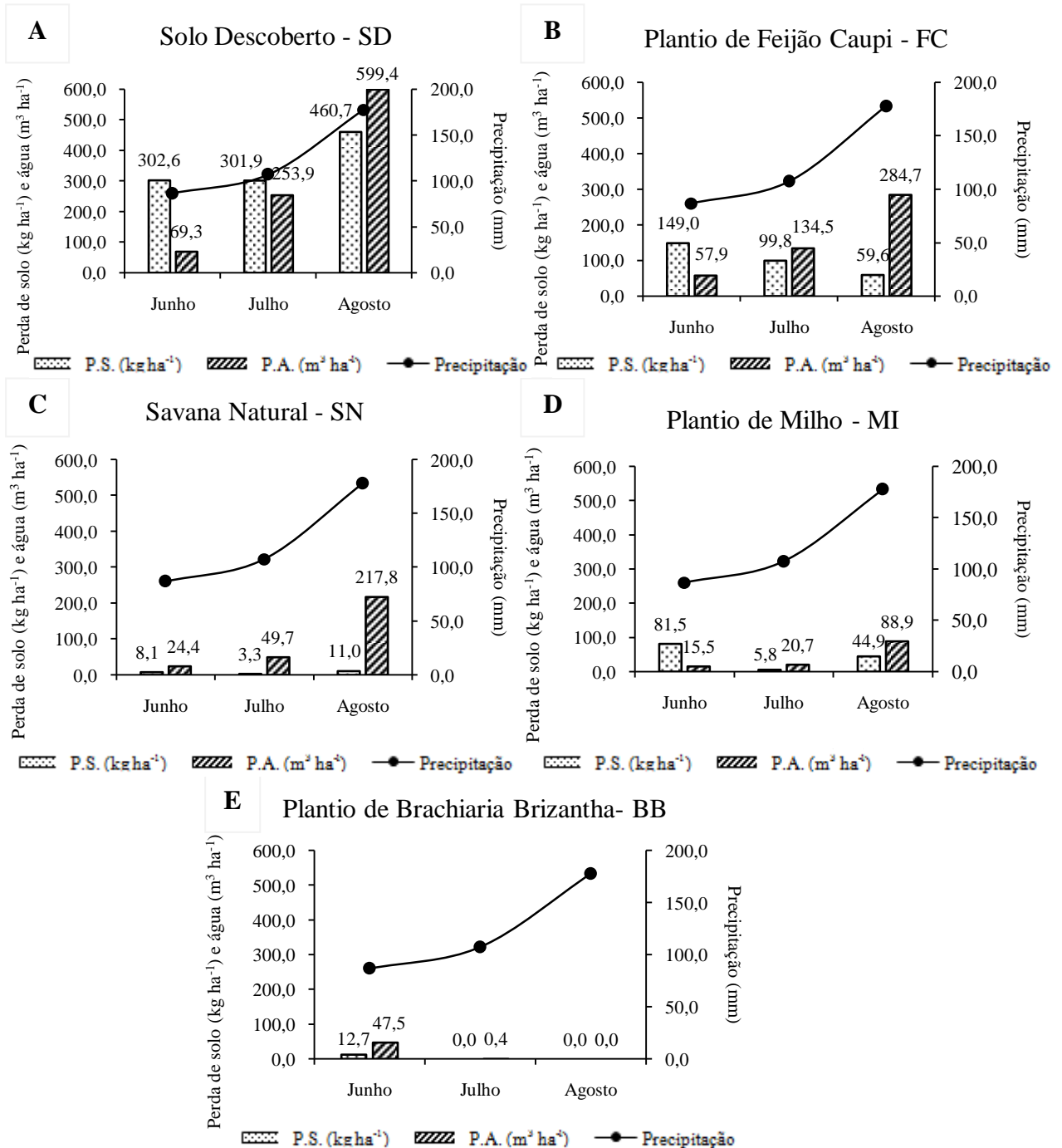


Figura 4 – Comparação dos dados de precipitação das chuvas erosivas, com as perdas de solo (kg ha⁻¹) e água (m³ ha⁻¹) nos tratamentos de solo descoberto - SD (A), feijão-caupi - FC (B), savana natural – SN (C), milho - MI (D) e *Brachiaria brizantha* - BB (E).

Quando se avaliou a umidade do solo em todos os tratamentos (Tabela 4), observa-se que as elevadas percentagem de umidade ocorreram nos tratamentos com plantio convencional de feijão-caupi, brachiaria e milho, já os tratamentos de solo descoberto e savana natural, apresentaram menores umidades no solo, durante os meses avaliados.

A umidade do solo no começo da chuva também afeta a velocidade de infiltração: o material coloidal tende a se dilatar quando molhado, reduzindo, com isso, o tamanho e o espaço poroso e, conseqüentemente, a capacidade de infiltração. De acordo com Eltz et al. (2001), as condições de superfície e a umidade do solo vão alterado com o passar do tempo a partir do início da chuva.

Tabela 4 – Umidade do solo (%), precipitação (mm), índice de erosividade ($\text{MJ mm}^{-1} \text{ha}^{-1} \text{h}^{-1}$) e energia cinética ($\text{MJ mm}^{-1} \text{mês}$), para os tratamentos, solo descoberto (SD), plantio de feijão-caupi (FC), *Brachiaria brizantha* (BB), plantio de milho (MI) e savana natural (SN)

Período	Precipitação das (Chuvas Erosivas) (mm)	Erosividade	Energia	Umidade do Solo (%)				
		(EI_{30}) ($\text{MJ mm}^{-1} \text{ha}^{-1} \text{h}^{-1}$)	Cinética ($\text{MJ mm}^{-1} \text{mês}$)	Tratamentos				
				SD	FC	BB	MI	SN
Junho	86,8	1464,95	0,63076	12,6	20,0	17,1	16,1	18,4
Julho	107,4	2213,53	0,94562	8,6	17,7	16,8	17,7	11,6
Agosto	177,8	3371,75	1,22993	8,7	16,5	17,4	16,7	15,4
Total	372	7050,23	2,80630	29,8	54,2	51,3	50,4	45,4
Média	124	2350,08	0,93543	9,93	18,05	17,10	16,80	15,12

Quando calculado os índices de erosividade, observou-se que quanto maior as precipitações das chuvas erosivas, maiores a energia cinética das chuvas, fator que acaba favorecendo um volume maior de sedimento carregado pela enxurrada. Tendo em vista ser a chuva um dos principais agentes ativos no processo da erosão hídrica, é de extrema importância avaliar a resposta do solo às diferentes precipitações, tanto em termos do volume precipitado quanto pela duração e característica do evento (CARVALHO et al., 2009). Associado ao potencial erosivo, o perfil dessas precipitações se torna elemento fundamental nos estudos de perda de solo e água, uma vez que as características das chuvas mudam de região para região (FLANAGAN et al., 1988).

De acordo Oliveira et al. (2010) o regime pluvial e as características das chuvas em uma região determinam em grande parte os efeitos danosos da erosão, sendo a intensidade de precipitação uma de suas principais características.

4.4 CONCLUSÕES

- ✓ As maiores perdas de solo e água ocorreram em solo descoberto, seguido pelo solo cultivado com feijão-caupi.
- ✓ Solos cultivados com *Brachiaria brizantha* - BB, Milho - MI e Savana Natural – SN, foram mais eficazes na diminuição das perdas de solo e água, durante todos os meses avaliados.
- ✓ O mês de agosto apresentou precipitações mais erosivas que os meses de junho e julho.

5. CAPÍTULO II: PERDA DE CARBONO ORGÂNICO E NUTRIENTES POR EROSÃO HÍDRICA EM DIFERENTES CULTIVOS E SAVANA NATURAL NO NORTE DA AMAZÔNIA

RESUMO

A erosão Hídrica é caracterizada como a principal forma de degradação dos solos brasileiros, promovendo danos ambientais e econômicos. Neste contexto, objetivou-se com este trabalho avaliar as perdas de nutrientes (kg ha^{-1}) e carbono orgânico (kg ha^{-1}) por erosão hídrica em Savana Natural - (SN), Solo descoberto - (SD), e em plantios de capim braquiária - BB (*Brachiaria brizantha*), feijão-caupi - FC (*Vigna unguiculata*) e milho - MI (*Zea mays* L.). O delineamento experimental adotado foi o de inteiramente casualizado com cinco tratamentos (SD, FC, BB, MI e SN) e duas repetições. As maiores perdas de Ca^{2+} e Mg^{2+} ocorreram no mês junho, sendo que as maiores perdas de Ca^{2+} ocorreram no tratamento de FC com $0,206 \text{ kg ha}^{-1}$, seguido do SD com $0,103 \text{ kg ha}^{-1}$ e MI com $0,114 \text{ kg ha}^{-1}$, para o Mg^{2+} as maiores perdas foram observadas no tratamento de SD com $0,270 \text{ kg ha}^{-1}$ seguido do FC com $0,161 \text{ kg ha}^{-1}$; O controle das perdas de nutrientes e carbono orgânico foi mais eficiente nos tratamentos com *Brachiaria brizantha* - BB, Milho - MI e Savana Natural – SN; Os maiores perdas P e K^+ ocorreram no tratamento de FC com $0,248 \text{ kg ha}^{-1}$ de P no início do desenvolvimento vegetativo, e $0,006 \text{ kg ha}^{-1}$ de K^+ durante o ciclo vegetativo. As perdas de fósforo e potássio, nos tratamentos seguiram a respectiva sequência de $\text{FC} > \text{SD} > \text{MI} > \text{SN} > \text{BB}$; As maiores perdas de CO ocorreram no mês de agosto, mês de maior precipitações de chuvas erosivas para o tratamento de SD com $1,875 \text{ kg ha}^{-1}$.

Palavras-chave: erosão, degradação do solo, danos ambientais e econômicos, Roraima.

5. CHAPTER I: LOSS OF ORGANIC CARBON AND NUTRIENTS BY WATER EROSION IN CROPS DIFFERENT AND SAVANNAH NATURAL IN NORTHERN AMAZON.

ABSTRACT

Water erosion is characterized as the main form of degradation of Brazilian soils , promoting environmental and economic damage. In this context, the objective of this study was to evaluate the losses of nutrients (kg ha^{-1}) and organic carbon (kg ha^{-1}) by erosion in Natural Savannah - (SN), discovered Soil - (SD), and in plantations Brachiaria grass - BB (*Brachiaria brizantha*), cowpea - FC (*Vigna unguiculata*) and corn - MI (*Zea mays L.*). The experimental design was a completely randomized design with five treatments (SD , CF, BB , MI and SN) and two repetitions. The greatest losses of Ca^{2+} and Mg^{2+} occurred in the month June, with the largest losses of Ca^{2+} occurred in the treatment of CF with 0.206 kg ha^{-1} , followed by SD with 0.103 kg ha^{-1} and MI with 0.114 kg ha^{-1} for Mg^{2+} the greatest losses were observed in the treatment of SD with 0.270 kg ha^{-1} followed by FC with 0.161 kg ha^{-1} ; The control of nutrient losses and organic carbon was more effective in the treatments with *Brachiaria Brizantha* - BB Corn - Natural and MI Savannah - SN; The biggest losses P and K^+ occurred in the treatment of CF with 0.248 kg ha^{-1} P at the beginning of vegetative growth, and 0.006 kg ha^{-1} of K^+ during growth. Losses of phosphorus and potassium treatments followed in their wake $\text{CF} > \text{SD} > \text{MI} > \text{SN} > \text{BB}$; The greatest losses of CO occurred in the month of August, the month of greatest rainfall for the treatment of erosive SD with 1.875 kg ha^{-1} rain.

Keywords : erosion, soil degradation, environmental and economic damage, Roraima

5.1 INTRODUÇÃO

A erosão Hídrica é caracterizada como a principal forma de degradação dos solos Brasileiros, onde a mesma 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 sérios prejuízos as atividades agrícolas (BERTOL *et al.*, 2007a). De forma geral, o processo erosivo ocorre pela ação combinada do salpico, fluxo difuso e fluxo concentrado. Esses processos erosivos possuem grande capacidade de produção e transporte de sedimento (THOMAZ, *et al.*, 2012).

Segundo Gilles *et al.* (2009) os nutrientes que se encontram no solo podem ser removidos pelo processo de erosão hídrica principalmente de dois modos: adsorvidos às partículas sólidas (minerais e orgânicas) do solo e dissolvidos na água do escoamento superficial. Desta forma, preparo do solo empregado no processo de cultivo tem forte influência nas perdas de nutrientes por erosão hídrica (BERTOL *et al.*, 2007b).

Estudos demonstram que as concentrações de N, P, K, Ca e Mg perdidas por erosão hídrica são fortemente influenciadas pelo sistema de manejo do solo adotado, melhoria da fertilidade e a intensidade de movimentação do solo (BERTOL *et al.*, 2003; GUADAGNIN *et al.*, 2005; BERTOL *et al.* 2007).

Segundo Spohr *et al.* (2009) quanto maior a porcentagem de cobertura vegetal, a rugosidade da superfície do solo e a evapotranspiração da cultura, maiores serão as taxas de infiltração de água no solo e, conseqüentemente, menores serão as perdas por escoamento superficial.

Estudos realizados por Rimal, *et al.* (2009) apontam que quando maior o escoamento superficial maiores será as quantidades de materiais perdidos. Além da ação destrutiva que promove no solo, o escoamento superficial constitui a principal causa de contaminação dos mananciais de água superficial devido ao transporte de sedimentos e produtos químicos (OLIVEIRA *et al.*, 2005). Segundo Bakker *et al.* (2004), o processo de degradação ocasionados pela erosão, podem refletir nas reduções das produtividades das culturas, embora isto dependa do contraste entre propriedades do solo e do subsolo em termos de textura, fertilidade e estágio do processo erosivo.

Objetivou-se com este trabalho avaliar as perdas de nutrientes e carbono orgânico por erosão hídrica em plantio de *Brachiaria brizantha*, feijão-caupi, milho, savana natural e solo descoberto, sob chuva natural.

5.2 MATERIAL E MÉTODOS

5.2.1 Localização

O experimento foi conduzido na unidade experimental do Centro de Ciências Agrárias - CCA, no Campus do Cauamé da Universidade Federal de Roraima - UFRR, BR 174, s/n, Monte Cristo, no município de Boa Vista – RR, coordenadas geográficas ($2^{\circ} 52' 16''$ N; $60^{\circ} 42' 47''$ W) (Figura 1).

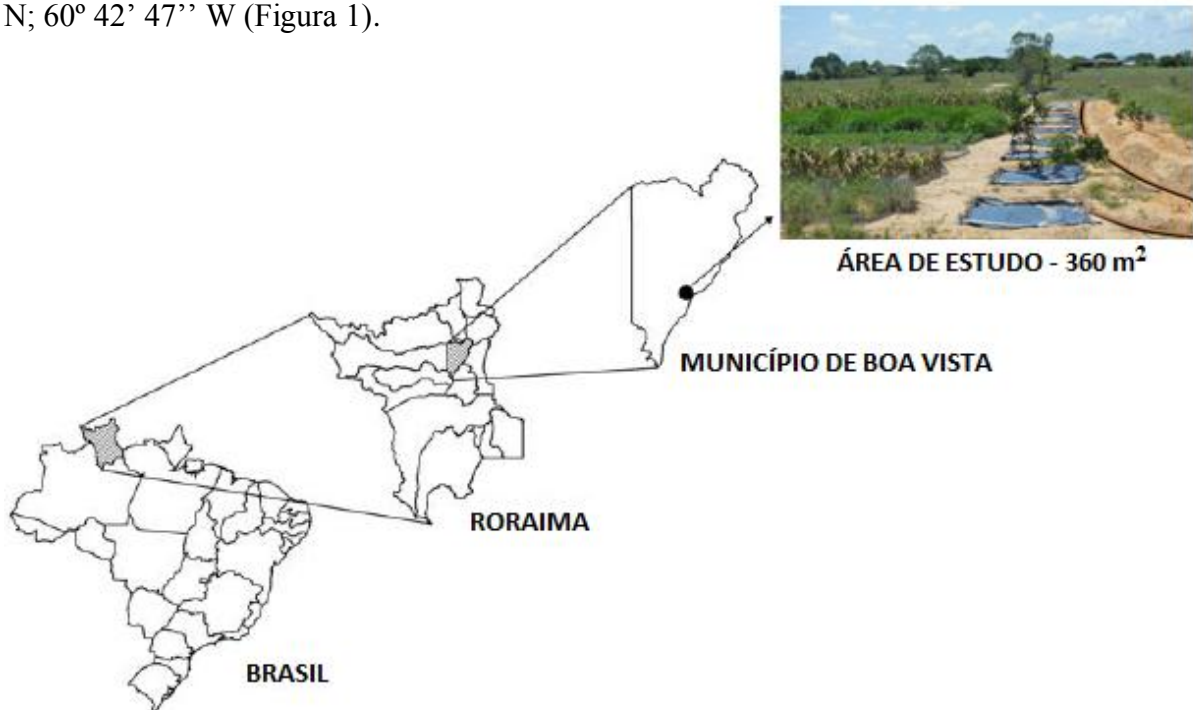


Figura 1- Localização da área Experimental – Mapa do Brasil, destacando o Estado de Roraima e a área de estudo no município de Boa Vista.

5.2.2 Caracterização da Área do Estudo

O solo da unidade experimental foi classificado como Latossolo Amarelo Distrocoeso, originado a partir de sedimentos pré-intemperizados argilo-arenosos da formação Boa vista, posicionado em relevo plano à suave ondulado com altitude em torno de 80 m, com declividade media de 2%, além de apresentar baixa fertilidade natural (Tabela 1), (BENEDETTI et al, 2011).

O Latossolo Amarelo Distrocoeso ocupa, em torno de 22% do estado de Roraima, em sua maioria são caracterizados como solos de baixa fertilidade natural, com problemas de natureza física (são duros ou coesos) quando secos com impedimento ao desenvolvimento radicular, possuem baixos valores de cátions trocáveis (Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^+), com Al^{+3} dominando o complexo de troca, embora dificilmente superiores a $0,5 \text{ cmolc kg}^{-1}$ de solo, o fósforo disponível é baixo e a matéria orgânica, principalmente pela ação constante do fogo é rapidamente mineralizada (MELO et al, 2010).

Tabela 1 – Análise química da disponibilidade inicial de nutrientes no solo da área experimental no Campus do Cauamé da UFRR, Boa Vista/ RR.

(pH) em água (1:2,5); (S): soma de bases trocáveis; (t): capacidade de troca catiônica (CTC) efetiva; T: CTC a pH 7,0; (V): índice de saturação por bases; (m): índice de saturação por alumínio e (P): fósforo disponível. (C): carbono orgânico

Prof.	pH	Complexo sortivo								V	m	P	C
		Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Al ³⁺	H ⁺ +Al ³⁺	S	t	T				
		-----cmolc dm ⁻³ -----								-----%	mg dm ⁻³		g dm ⁻³
0-15	5,18	0,81	0,25	0,02	1,6	2,26	1,08	2,68	3,34	32,34	59,7	5,05	10,01
15-30	4,21	3,38	0,1	0,01	2,4	3,65	3,49	5,89	7,14	48,88	40,75	3,89	6,19

A caracterização climática da área, segundo a classificação de Koppen, é do tipo AW tropical chuvoso, quente e úmido, apresentando precipitação pluvial média anual de 1600 mm, com um período seco entre dezembro e março e outro chuvoso, entre abril e setembro (ARAÚJO et al., 2001).

A savana em Roraima ocupa 17% do Estado, representa a maior área contínua de savana contida no bioma amazônico (BARBOSA, 2005). Com base nos estudos pedológicos do campus do cauamé, a área experimental apresenta domínio de savana, a qual varia entre savana parque e savana gramíneo-lenhosa (BENEDETTI, et al, 2011).

5.2.3 Medição da precipitação pluvial

A precipitação pluvial foi registrada diariamente, por meio da estação meteorológica automatizada, instalada aproximadamente a 200 m da área experimental. A partir das precipitações obtidas no período, foram calculadas as energias cinéticas das chuvas para cada evento. Os valores médios mensais de EI₃₀ foram determinados com base na metodologia de Wischmeier e Smith (1958), utilizando a Equação 1 proposta por Foster et al (1981) sendo:

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

Onde E_c = energia cinética por mm de chuva, em MJ ha⁻¹ mm⁻¹e;

I = intensidade de chuva, em mm h⁻¹.

Os valores de energia cinética (E_c) obtidos foram aplicados na Equação 2 para o cálculo do índice de erosividade EI₃₀, em mm ha⁻¹ h⁻¹.

$$EI_{30} = E_c \cdot I_{30}$$

5.2.4 Instalações da área experimental

O delineamento experimental adotado foi inteiramente casualizado com cinco tratamentos (solo descoberto - SD, plantio de feijão-caupi - FC, plantio com *Brachiaria brizantha* - BB, plantio de milho - MI e savana natural - SN) e duas repetições por tratamento. A instalação da área experimental foi realizada em terreno com declividade média de 2%. Após definidos os tratamentos, foram estabelecidas quadras coletoras, posicionadas no sentido do declive da área experimental, com dimensões de 2,0 x 18,0 m (36 m²), espaçamentos entre as mesmas de 1,0 m. As quadras foram ladeadas com folhas de zinco galvanizado de 0,30 m de altura, cravadas 0,10 m no solo, para bloquear a entrada e saída do material erodido, evitando a interferência nos resultados do escoamento superficial obtidos nas quadras. Nas extremidades inferior de cada quadra, placas de aço galvanizado de 0,30m, de largura foram cravadas no solo, deixando-se 0,20m acima da superfície. Em seguida foram instalados tubos coletores de PVC (100 Ømm) acoplados a calha coletora e interligados a dois tanques de armazenamento, localizados em uma tricheira com dimensões de 1,00 m largura, por 2,00 m de comprimento em 1,50 m de profundidade, com capacidade para 200 L cada uma, cuja a função era o acúmulo de água e sedimentos, os mesmos, interligado por um tubo de PVC (25 mm) a um outro que serviu para armazenamento da água. Na saída de cada cano proveniente da quadra que desemboca no tanque, sacos de Bidim, 20,0 x 15,0 cm, foram colocados e amarrados com material elástico, para retenção dos sedimentos e liberar água e sedimentos finos (silte e argila). Na saída do primeiro tambor foram instaladas calhas com 10 saídas de igual vazão, sendo que apenas uma foi utilizada para coleta no segundo tambor e as demais descartadas, cuja função era evitar o transbordamento caso ocorresse chuvas com elevadas precipitações. Os valores de água obtidos foram multiplicados por 10 para o cálculo final das perdas ocorridas.

Após a instalação das quadras coletoras, realizou-se revolvimento do solo manualmente em todas as parcelas experimentais, e os plantios na área experimental, contendo os seguintes tratamentos: 1- cultivo de *Brachiaria brizantha* (BB); 2 – cultivo de milho (MI); 3 - cultivo de feijão-caupi (FC); 4 - solo descoberto (SD) e 5 - savana natural (SN).

As parcelas experimentais adotadas em plantio convencional receberam adubação na forma de fertilizantes químicos, conforme a recomendação das culturas para a região, para o cultivo do milho e brachiaria, foram adotadas adubações na proporção de 110 kg ha⁻¹ de N, dividido em duas aplicações: a primeira quando a planta apresentava quatro a seis folhas (± 15 dias após emergência), na quantidade de 50 kg ha⁻¹ de N; e a segunda na diferenciação floral,

30 a 35 dias após a emergência, com 60 kg ha⁻¹, além de 120 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 60 kg ha⁻¹ de K₂O, para o cultivo de feijão-caupi, foram adicionados ao solo 40 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 30 kg ha⁻¹ de K₂O, as sementes de feijão-caupi foram submetida à inoculação com estirpe BR 3267, eficiente na fixação biológica de N₂ (FBN). Para complementação na cultura do feijão-caupi, realizou-se uma adubação de cobertura, com nitrogênio na dosagem de 20 kg de N. ha⁻¹, aos 15 dias após a fase de emergência das plantas. Além disso, três meses (90 dias) antes do plantio todas as parcelas experimentais em sistema de plantio convencional, inclusive os tratamentos de solo descoberto e savana natural, foram corrigidos com calcário dolomítico conforme recomendação de calagem para área experimental, equivalente a 2000 kg ha⁻¹. Os fertilizantes foram aplicados a lanço no solo, com objetivo de uniformizar a aplicação na área de plantio.

5.2.4 Determinação das perdas de nutrientes e carbono orgânico pela erosão.

As perdas de nutrientes foram determinadas durante o período chuvoso, de junho de 2013 a agosto de 2013. A cada evento de chuva com potencial erosivo foram coletadas amostras de solo para quantificar as perdas dos nutrientes P, K, Ca e Mg nos sedimentos.

Os nutrientes perdidos foram quantificados com base nos resultados da análise química dos sedimentos em cada coleta. Os teores totais de cátions trocáveis (Ca²⁺ e Mg²⁺), foram extraídos em KCl 1 mol L⁻¹, e determinação por titulação com EDTA (EMBRAPA, 2013). O fósforo (P) e o potássio (K) foram extraídos por extrator Mehlich⁻¹, determinando-se o K⁺ por fotometria de chama e o P por espectrometria no UV visível (EMBRAPA, 2013).

Para obtenção das massas de solo perdidos na enxurrada, o material em suspensão coletado, correspondente a cada tempo de coleta, foi transferida para recipientes de vidro com massa conhecida. Posteriormente, foram determinadas as massas dos recipientes com a enxurrada em balança de precisão e levados para a estufa de circulação forçada a 60 °C, até atingirem massa constante. A massa de solo foi obtida pela pesagem direta de cada recipiente após evaporação da água em estufa, assim os nutrientes e o carbono orgânico foram determinados apenas nos sedimentos retidos no bidim. A fórmula que foi empregada neste processo está descrita abaixo:

$$PS = (PR+S - PR) \quad (1)$$

Onde:- PS - Massa de solo, amostra seca em estufa a 60°C;

- PR - Massa do recipiente, em g;

- PR+S - Massa do recipiente mais solo seco em estufa a 60 °C;

Depois de quantificadas as massas de solo perdidos pelo escoamento superficial em cada evento de chuva, utilizou-se o material sólido para a determinação dos nutrientes, seguindo a mesma metodologia adotada para análise de solo descrita em Embrapa (2013) para os elementos: cálcio, magnésio, potássio e fósforo. Na análise foram utilizadas 20 g de solo, onde as perdas totais de nutrientes nos sedimentos (g m^{-2}) foram calculadas pelo produto das concentrações dos elementos nos sedimentos pela massa total perdida por unidade de área, durante os meses de junho a agosto de 2013.

As mesmas amostras de solo foram utilizadas para análise do teor de carbono orgânico, pelo método de Walkley-Black modificado (Jackson, 1982) (EMBRAPA, 2013).

Para complementação dos trabalhos foi realizada, análise de umidade em todos os tratamentos, durante junho a agosto de 2013, as mesmas foram determinadas ao longo da sequência de coleta de sedimentos por meio de sonda ICT-MPKit, nas profundidades de 0–10 cm, em cada parcela em estudo. As medidas foram realizadas através de um pulso em forma de uma onda constante, aplicável em superfície.

5.2.5 Análise Estatística

Os resultados obtidos das variáveis (perdas de nutrientes e matéria orgânica em cada coleta) foram submetidos à análise de variância (ANOVA), quando constatada significância, por intermédio do teste F, as médias foram comparadas pelo Teste de Tukey ao nível de 1 e 5% de probabilidade.

5.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As perdas de nutrientes podem ocorrer associadas ao transporte pelo fluxo ou adsorvidas ao sedimento carregado pela enxurrada (WALTON et al., 2000).

Tabela 2 – Valores de perda de nutrientes e carbono orgânico (kg ha^{-1}) para os tratamentos, solo descoberto (SD), plantio de feijão-caupi (FC), plantio com *Brachiaria brizantha* (BB), plantio de milho (MI) e savana natural (SN)

Perda de Nutrientes e Carbono Orgânico nos Sedimentos da Enxurrada						
Tratamento	Mês de Junho					
	EI_{30} ($\text{MJ mm}^{-1} \text{ha}^{-1} \text{h}^{-1}$)	(kg ha^{-1})				
	1464,95	Ca^{2+}	Mg^{2+}	P	K^+	CO
SD		0,103 ab*	0,270 a**	0,018 b**	0,003 ab*	1,678 a*
FC		0,206 a*	0,161 ab**	0,248 a**	0,004 a*	0,626 ab*
BB		0,013 b*	0,010 c**	0,092 b**	0,000 b*	0,082 b*
MI		0,114 ab*	0,092 bc**	0,051 b**	0,001 ab*	0,463 ab*
SN		0,004 b*	0,003 c**	0,002 b**	0,000 b*	0,034 b*
MÉDIA		0,088	0,107	0,107	0,0016	0,577
C.V.(%)		47,59	26,91	37,20	51,64	59,24
Mês de Julho						
Tratamento	Mês de Julho					
	EI_{30} ($\text{MJ mm}^{-1} \text{ha}^{-1} \text{h}^{-1}$)	(kg ha^{-1})				
	2213,53	Ca^{2+}	Mg^{2+}	P	K^+	CO
SD		0,098 n.s	0,076 n.s	0,013 b**	0,002 n.s	0,860 a**
FC		0,154 n.s	0,116 n.s	0,185 a**	0,006 n.s	0,566 ab**
BB		0,000 n.s	0,000 n.s	0,000 b**	0,000 n.s	0,000 b**
MI		0,005 n.s	0,006 n.s	0,006 b**	0,0004 n.s	0,028 b**
SN		0,003 n.s	0,003 n.s	0,003 b**	0,00013 n.s	0,012 b**
MÉDIA		0,052	0,040	0,065	0,0017	0,293
C.V.(%)		103,68	98,06	9,48	106,78	53,46
Mês de Agosto						
Tratamento	Mês de Agosto					
	EI_{30} ($\text{MJ mm}^{-1} \text{ha}^{-1} \text{h}^{-1}$)	(kg ha^{-1})				
	3371,75	Ca^{2+}	Mg^{2+}	P	K^+	CO
SD		0,143 n.s	0,155 n.s	0,049 n.s	0,003 n.s	1,875 a**
FC		0,085 n.s	0,068 n.s	0,171 n.s	0,004 n.s	0,225 b**
BB		0,000 n.s	0,000 n.s	0,000 n.s	0,000 n.s	0,000 b**
MI		0,025 n.s	0,030 n.s	0,035 n.s	0,0014 n.s	0,090 b**
SN		0,007 n.s	0,006 n.s	0,006 n.s	0,005 n.s	0,068 b**
MÉDIA		0,052	0,052	0,052	0,0027	0,452
C.V.(%)		75,22	92,30	157,61	105,41	32,51

Valores seguidos da mesma letra, nas linhas, não diferem significativamente entre si, segundo o teste de Tukey a 1% ** e 5% * de probabilidade. n.s – não significativo.

Após as avaliações realizadas durante o mês de junho, foi possível observar para o nutriente Ca^{2+} que as maiores perdas ocorreram no tratamento de FC com $0,206 \text{ kg ha}^{-1}$, onde

o mesmo não diferiu estatisticamente dos tratamentos de SD com $0,103 \text{ kg ha}^{-1}$ e MI com $0,114 \text{ kg ha}^{-1}$. Os demais tratamentos, BB com $0,013 \text{ kg ha}^{-1}$ e SN com $0,004 \text{ kg ha}^{-1}$, apresentaram menores perdas destes nutrientes, provavelmente em virtude de apresentar cobertura foliar capaz de minimizar as perdas de nutrientes nos sedimentos da enxurrada (Figura 1), fato este, também observado por outros autores Bertol et al. (2004a), Carvalho et al. (2007), Barros et al. (2009) e Oliveira et al. (2010).

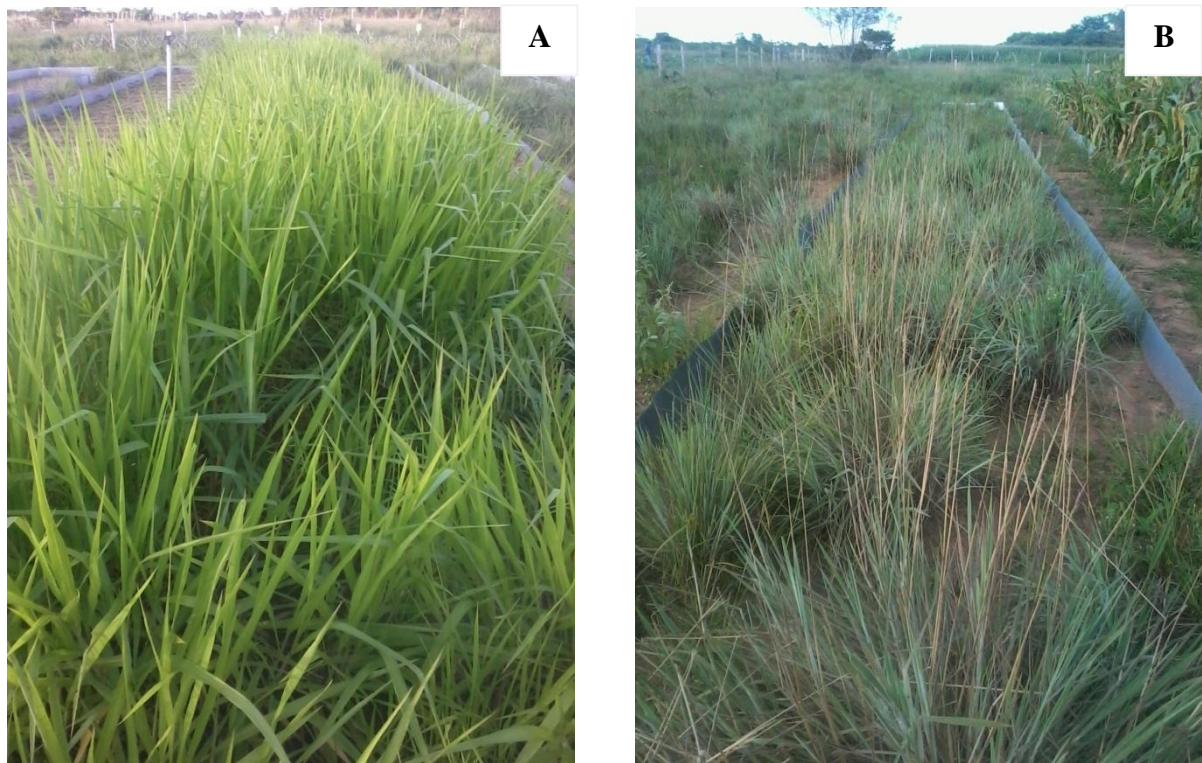


Figura 2 - Área Experimental com o tratamento de plantio de *Brachiaria brizantha* - BB (A) e tratamento com savana natural – SN (B), no Campus do Cauamé da UFRR, Boa Vista – RR.

Quando avaliadas as perdas de Mg^{2+} , as maiores perdas foram observadas no tratamento de SD com $0,270 \text{ kg ha}^{-1}$ não diferindo estatisticamente do tratamento de FC com $0,161 \text{ kg ha}^{-1}$, resultados semelhantes foram obtidos por (DIAS et al., 2013). Para o tratamento FC, possivelmente o crescimento da planta durante seu ciclo vegetativo tenham influenciado as perdas nutrientes neste sistema, tendo em vista que em estudos realizados por Dias et al. (2013), avaliando plantas de cobertura no controle da erosão hídrica, afirmam que a velocidade em que uma determinada planta cobre superfície do solo, influencia altamente o processo de erosão. Isto ocorre porque, no período inicial de crescimento das culturas, a superfície do solo se encontra desprotegida, sendo assim susceptível à erosão. No mesmo sentido, Cardoso et al. (2012), avaliando plantas de cobertura no controle das perdas de solo,

água e nutrientes por erosão hídrica, afirmam que quanto mais entrelaçada fica a parte aérea das plantas, menores serão as perdas por erosão.

As menores perdas de Mg^{2+} seguiram a mesma tendência do nutriente Ca^{2+} , pois os tratamentos BB com $0,01 \text{ kg ha}^{-1}$ e SN com $0,003 \text{ kg ha}^{-1}$ foram os que apresentaram menores perdas deste nutriente.

Para o nutriente P as maiores perdas ocorreram no tratamento de FC com $0,248 \text{ kg ha}^{-1}$, os demais tratamentos de SD, MI, SN e BB não houve diferenças significativas pelo teste Tukey a nível de 1 e 5% de probabilidade (Tabela 2). As perdas P, nos tratamentos seguiram a sequência de $FC > SD > MI > SN > BB$.

As maiores perdas de K^+ se observou nos tratamentos de FC com $0,004 \text{ kg ha}^{-1}$, seguido do SD com $0,003 \text{ kg ha}^{-1}$, e MI com $0,001 \text{ kg ha}^{-1}$, estudos tem demonstrado que o K^+ devido à sua menor retenção pelos constituintes do solo, facilita o transporte pela água da enxurrada, corroborando trabalhos de Schick et al. (2000b); Silva et al. (2005a). De acordo com Aguiar et al. (2006), as perdas de K^+ está relacionada com o conteúdo deste nutriente no solo e sua inferior capacidade de fixação em minerais de argila, facilitando seu transporte pelo escoamento superficial.

Analisando as perdas de carbono orgânico no mês de junho, observou-se que as perdas foram maiores nos tratamentos de SD com $1,678 \text{ kg ha}^{-1}$ seguido do FC com $0,626 \text{ kg ha}^{-1}$ e MI $0,463 \text{ kg ha}^{-1}$, neste mesmo sentido não houve diferenças significativas entre os tratamentos de FC, BB, MI e SN (Tabela 2). A elevada perda de carbono orgânico no SD é justificada por estudos que demonstram que a fração coloidal e a matéria orgânica são os primeiros constituintes a serem removidos pela erosão hídrica, tendo em vista a sua baixa densidade (SEGANFREDO et al., 1997; SCHICK et al., 2000a).

Quando avaliada as perdas de nutrientes e carbono orgânico, no mês julho foi possível observar que não houve diferenças significativas entre todos os tratamentos estudados SD, FC, BB, MI e SN, para as perdas de Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^+ . Resultados semelhantes foram encontrados por (AGUIAR et al., 2006; DIAS et al., 2013). Já para o nutriente K^+ pode ser justificado, provavelmente em virtude de que no mês julho as culturas já se apresentavam estabelecidas, fato que diminui consideravelmente as perdas deste nutriente. Estas afirmações corroboram com os trabalhos de Foster (1982) e Seganfredo et al. (1997), os quais afirmam que entre as muitas variáveis que interferem com o processo erosivo, a cobertura vegetal é o fator que tem a maior influência, e pode ser fornecida por resíduos vegetais no solo ou pelo dossel das plantas acima do solo.

Para as perdas de P, foi possível observar que as maiores perdas seguiram a mesma

tendência das avaliações realizadas no mês de junho, onde o mesmo apresentou maiores perdas para o tratamento de FC com $0,185 \text{ kg ha}^{-1}$, o elevado teor deste nutriente pode estar relacionado a sua seletividade natural, pois o fósforo está associado principalmente com partículas pequenas da fração mineral (argila) e matéria orgânica, as quais são preferencialmente transportadas pelo escoamento superficial. Neste mesmo sentido, outros estudos indicam que a aplicação de adubos nas lavouras, durante longo período de tempo, tende a aumentar a concentração de P e K na superfície do solo (SCHICK et al., 2000b). Isto proporciona aumento das concentrações desses nutrientes tanto na água quanto nos sedimentos presentes na enxurrada (SCHICK et al., 2000b; GUADAGNIN et al., 2005). Outro fator que pode ter contribuído com as referidas perdas no tratamento do FC podem estar relacionadas ao comportamento diferenciado dos tipos de cobertura foliar, espaçamento adotado ou até mesmo no que refere a estrutura da planta durante seu ciclo vegetativo, o que proporcionou maiores perdas de solos em relação aos demais tratamentos avaliados, tendo em vista que os demais tratamentos de SD, BB, MI e SN não apresentaram diferenças significativas.

Quando avaliadas as perdas de carbono orgânico no mês julho observou-se que as maiores perdas de carbono, ocorreram nos tratamentos de SD com $0,860 \text{ kg ha}^{-1}$ e FC com $0,566 \text{ kg ha}^{-1}$, apresentando mesmo comportamento do mês anterior, com exceção do MI, que no presente mês não houve diferenças significativas em relação aos tratamentos de SN, ambos os tratamentos citados diferiram apenas do tratamento de BB, algo justificável tendo em vista que o tratamento com BB, já se encontrava estabelecida, fato que proporcionou maiores quantidades de cobertura foliar em relação aos demais tratamentos. Nessa perspectiva, de acordo com Pruski (2006) a retirada da cobertura vegetal de um solo pode ser responsável pela destruição da matéria orgânica e dos microorganismos em uma camada de aproximadamente 5 cm. Spohr et al. (2009) complementam que quanto maior a porcentagem de cobertura vegetal, a rugosidade da superfície do solo e a evapotranspiração da cultura, maiores serão as taxas de infiltração de água no solo quando ocorrer uma chuva e, conseqüentemente, menores serão as perdas por escoamento superficial.

As avaliações realizadas no mês de agosto mostram que para as perdas de Ca^{2+} , Mg^{2+} , P e K^+ não apresentaram diferenças significativas pelo teste Tukey a nível de 5% de probabilidade, em todos os tratamentos avaliados, SD, FC, BB, MI e SN, fato que pode ter ocorrido em virtude das culturas implantadas se encontrarem em final de ciclo vegetativo, algo que proporcionou cobertura foliar, suficiente para minimizar as perdas destes nutrientes, para o tratamento de SD, deve estar relacionado ao fato das parcelas em estudos, não terem

recebido nenhuma aplicação de calagem e adubação.

Quando avaliadas as perdas de carbono orgânico, para o mês de agosto, foi possível observar que as maiores perdas ocorreram para o tratamento de SD com $1,875 \text{ kg ha}^{-1}$, nos demais tratamentos FC, BB, MI e SN, não houve diferença significativa. Segundo Carvalho et al. (2007), estes resultados são atribuídos principalmente à barreira física propiciada pela cobertura vegetal, reduzindo a energia cinética de transporte de sedimentos na enxurrada, dificultando o escoamento superficial e a quebra dos agregados. Já no caso do solo descoberto, o efeito foi o inverso devido à ausência de proteção da cobertura vegetal, o que obviamente proporcionou maiores perdas de carbono orgânico.

Quando se avaliou a umidade do solo em todos os tratamentos (Tabela 3), observa-se que as elevadas percentagem de umidade ocorreram nos tratamentos com plantio convencional de feijão-caupi, brachiaria e milho, já os tratamentos de solo descoberto e cobertura natural, apresentaram menores umidades no solo, durante os meses avaliados.

A umidade do solo no começo da chuva também afeta a velocidade de infiltração: o material coloidal tende a se dilatar quando molhado, reduzindo, com isso, o tamanho e o espaço poroso e, conseqüentemente, a capacidade de infiltração. De acordo com Eltz et al. (2001), as condições de superfície e a umidade do solo vão alterado com o passar do tempo a partir do início da chuva.

Tabela 3 – Umidade do solo (%), precipitação (mm), índice de erosividade ($\text{MJ mm}^{-1} \text{ ha}^{-1} \text{ h}^{-1}$) e energia cinética ($\text{MJ mm}^{-1} \text{ mês}$), para os tratamentos, solo descoberto (SD), plantio de feijão-caupi (FC), *Brachiaria brizantha* (BB), plantio de milho (MI) e savana natural (SN)

Período	Precipitação das (Chuvas Erosivas) (mm)	Erosividade	Energia	Umidade do Solo (%)				
		(EI_{30}) ($\text{MJ mm}^{-1} \text{ ha}^{-1} \text{ h}^{-1}$)	Cinética ($\text{MJ mm}^{-1} \text{ mês}$)	Tratamentos				
				SD	FC	BB	MI	SN
Junho	86,8	1464,95	0,63076	12,6	20,0	17,1	16,1	18,4
Julho	107,4	2213,53	0,94562	8,6	17,7	16,8	17,7	11,6
Agosto	177,8	3371,75	1,22993	8,7	16,5	17,4	16,7	15,4
Total	372	7050,23	2,80630	29,8	54,2	51,3	50,4	45,4
Média	124	2350,08	0,93543	9,93	18,05	17,10	16,80	15,12

Quando calculado os índices de erosividade, observou-se que quanto maior as precipitações das chuvas erosivas, maiores a energia cinética das chuvas, fator que acaba favorecendo um volume maior de sedimento carregado pela enxurrada. Tendo em vista ser a chuva um dos principais agentes ativos no processo da erosão hídrica, é de extrema importância avaliar a resposta do solo às diferentes precipitações, tanto em termos do volume precipitado quanto pela duração e característica do evento (CARVALHO et al., 2009).

5.4 CONCLUSÕES

- ✓ As maiores perdas de Ca^{2+} e Mg^{2+} ocorreram no mês junho, sendo que as maiores perdas de Ca^{2+} ocorreram no tratamento de FC com $0,206 \text{ kg ha}^{-1}$, seguido do SD com $0,103 \text{ kg ha}^{-1}$ e MI com $0,114 \text{ kg ha}^{-1}$, para o Mg^{2+} as maiores perdas foram observadas no tratamento de SD com $0,270 \text{ kg ha}^{-1}$ seguido do FC com $0,161 \text{ kg ha}^{-1}$.
- ✓ O controle das perdas de nutrientes e carbono orgânico foi mais eficiente nos tratamentos com *Brachiaria brizantha* - BB, Milho - MI e Savana Natural - SN.
- ✓ Os maiores perdas P e K^+ ocorreram no tratamento de FC com $0,248 \text{ kg ha}^{-1}$ de P no início do desenvolvimento vegetativo, e $0,006 \text{ kg ha}^{-1}$ de K^+ durante o ciclo vegetativo. As perdas de fósforo e potássio, nos tratamentos seguiram a respectiva sequência de FC > SD > MI > SN > BB.
- ✓ As maiores perdas de CO ocorreram no mês de agosto, mês de maior precipitações de chuvas erosivas para o tratamento de SD com $1,875 \text{ kg ha}^{-1}$.

REFERÊNCIAS

- AGUIAR, M. I.; MAIA, S. M. F.; OLIVEIRA, T. S.; MENDONÇA, E. S.; ARAUJO FILHO, J. A. Perdas de solo, água e nutrientes em sistemas agroflorestais no município de Sobral, CE. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.37, n.3, p.270-278, 2006.
- ALVES, M. C.; CABEDA, M. S. V. Infiltração de água em um Podzólico Vermelho-Escuro sob dois métodos de preparo, usando chuva simulada com duas intensidades. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Viçosa, v.23, p.753-761, 1999.
- AMORIM, R. S. S.; SILVA, D. D.; PRUSKI, F. F.; MATOS, A. T. Influência da declividade do solo e da energia cinética de chuvas simuladas no processo de erosão entre sulcos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.5, n.1, p.124-130, 2001.
- AMORIM, R. S. S.; SILVA, D. D. da; PRUSKI, F. F.; MATOS, A. T. de. Avaliação do desempenho dos modelos de predição da erosão hídrica USLE, RUSLE e WEPP para diferentes condições edafoclimáticas do Brasil. **Engenharia Agrícola**, v.30, n.6, p.1046-1049, 2010.
- ANGIMA, S. D.; STOTT, D. E.; O'NEILL, M. K.; ONG, C. K.; WEESIES, G. A. Soil erosion prediction using RUSLE for central Kenyan highland conditions. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v.97, p.295-308, 2003.
- ARAÚJO, W. F.; ANDRADE JÚNIOR, A. S.; MEDEIROS, R. D.; SAMPAIO, R. A. Precipitação pluviométrica mensal provável em Boa Vista, Estado de Roraima, Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.5, n.3, p.563-567, 2001.
- BAGATINI, T.; COGO, N. P.; GILLES, L.; PORTELA, J. C.; PORTZ, G.; QUEIROZ, H. T. Perdas de solo e água por erosão hídrica após mudança no tipo de uso da terra, em dois métodos de preparo do solo e dois tipos de adubação. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v.35, n.3, p. 999-1011, 2011.
- BAKKER, M., GOVERS, G., ROUNSEVELL, M. The crop productivity-erosion relationship: an analysis based on experimental work. **Catena**, v.57, p.55-76. 2004.
- BARBOSA, R. I.; FEARNESIDE, P. M. Erosão do Solo na Amazônia: estudo de caso na região do apiaú, Roraima, Brasil. **Revista Acta Amazonica** v.30, n.4, p.601-613, 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 JUNIOR, J. F.; SCHAEFER, C. E. G. R.; MOURÃO JUNIOR, M. Perdas de solo e água em plantio de *Acacia mangium wild* e savana em Roraima, norte da Amazônia. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Viçosa, v.33, n.2, p.447-454, 2009.
- BAYER, C.; MIELNICZUK, J.; AMADO, T.J.C.; MARTIN-NETO, L.; FERNANDES, S.V. Organic matter storage in a sandy clay loam Acrisol affected by tillage and cropping systems

in southern Brazil. **Soil & Tillage Research**, v.54, p.101-109, 2000.

BAYER, C.; NETO, L. M.; MIELNICZUK, J.; PAVINATO, A. Armazenamento de carbono em frações lábeis da matéria orgânica de um latossolo vermelho sob plantio direto. **Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, n7, p.667-683, 2004.

BENEDETTI, U. G.; VALE JUNIOR, J. F.; SCHAEFER, C. E. G. R.; MELO, V. F.; UCHÔA, S. C. P. Gênese, química e mineralogia de solos derivados de sedimentos pliopleitocênicos e de rochas vulcânicas básicas em Roraima, norte Amazônico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.35, n.1, p.299-312, 2011.

BERTOL, I.; COGO, N. P.; SCHICK, J.; GUDAGNIN, J. C.; AMARAL, A. J. Aspectos financeiros relacionados às perdas de nutrientes por erosão hídrica em diferentes sistemas de manejo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.31, n.1, p.133-142, 2007.

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. 2007a.

BERTOL, I.; GONZÁLEZ, A. P. & VÁZQUEZ, E. V. Rugosidade superficial do solo sob diferentes doses de resíduo de milho submetido à chuva simulada. **Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 42: 103- 110, 2007b.

BERTOL, I.; GUADAGNIN, J. C.; CASOL, P. C.; AMARAL, A. J.; BARBOSA, F. T. Perdas de fósforo e potássio por erosão hídrica em um Inceptisol sob chuva natural. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.28, n.3, p.485-494, 2004a.

BERTOL, I.; MELO, E. L.; GUADAGNIN, J. C.; ZAPAROLLI, A. L.V; CARRAFA, M. R. Nutrient losses by water erosion. **Scientia Agricola**, v.60, n.3, p.581-586, jul./Sept., 2003.

BEUTLER, J. F.; BERTOL, I.; VEIGA, M. and 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 Ciência do Solo**, v.27, n.3, p.509-517, 2003.

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

CABANÊZ, P. A.; FERRARI, J. L.; PAULA, M. F.; CABANÊZ, P. A.; Precipitação efetiva: uma perspectiva para os estudos em Agroecologia. **Revista Verde** (Mossoró – RN – Brasil) v.6, n.5, p.15, 2011.

CAMPOS, M. C. C; JÚNIOR, J. M; FILHO, M. V. M; PEREIRA, G. T; SOUZA, Z. M; BARBIERI, D. M. Variação espacial da perda de solo por erosão em diferentes superfícies geomórficas. **Revista Ciência Rural**, v.38, p.2485-2492, 2008.

CANELLAS, L. P.; VELLOSO, A. C. X.; MARCIANO, C. R.; RAMALHO, J. F. G. P.; RUMJANEK, V. M.; REZENDE, C. E. & SANTOS, G. A. Propriedades químicas de um Cambissolo cultivado com cana-de-açúcar, com preservação do palhico e adição de vinhaça por longo tempo. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v.27, p.935-944, 2003.

CARDOSO, D. P.; SILVA, M. L. N.; CARVALHO, G. J.; FREITAS, D. A. F.; AVANZI, J. C. Plantas de cobertura no controle das perdas de solo, água e nutrientes por erosão hídrica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, n.6, p.632-638. 2012.

CARMO, D. L.; NANNETTI, D. C.; DIAS JÚNIOR, M. S.; SANTO, D. J. E.; NANNETTI, A. N.; LARCEDA, T. M. Propriedades físicas de um latossolo vermelho-amarelo cultivado com cafeeiro em três sistemas de manejo no sul de minas gerais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.35, p.991-998, 2011.

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

CARVALHO, D. F.; MONTEBELLER, C. A.; CRUZ, E. S. DA.; CEDDIA M. B.; LANA, A. M. Q. Perdas de solo e água em um Argissolo Vermelho amarelo, submetidos a diferentes intensidade de chuva simulada. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.6, n.3, p.385-389, 2002.

CARVALHO, R.; SILVA, M. L. N.; AVANZI, J. C.; CURI, N.; SOUZA, F. S. Erosão hídrica em latossolo vermelho sob diversos sistemas de manejo do cafeeiro no Sul de Minas Gerais. **Ciência e Agrotecnologia**, vol.31, n.6, pp. 1679-1687. 2007.

CARVALHO, D. F. CRUZ, E. S.; PINTO, M. F.; SILVA, L. D. B.; GUERRA, J. G. M. Características da chuva e perdas por erosão sob diferentes práticas de manejo do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.13, n.1, p. 3-9, 2009.

CHAVES, H. M. L.; ORLOWSKI, E.; ROLOFF, G. Previsão da infiltração sob condições dinâmicas de selamento superficial. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.17, n.2, p.141-147, 1993.

COELHO, R. D.; MIRANDA, J. H. de; DUARTE, S. N. Infiltração da água no solo: parte II acúmulo de água sobre a superfície do terreno. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.4, n.2, p.142-145, 2000.

COGO, N. P. Uma contribuição à metodologia de estudo das perdas de erosão em condições de chuva natural. I. **Sugestões gerais, medições dos volumes, amostragem e quantificação de solo e água da enxurrada**. In: Encontro Nacional de Pesquisa sobre conservação do solo. Anais. Passo Fundo. 1978, EMBRAPA. CNPT, 1978. p. 75-98.

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

CONCEIÇÃO, P. C.; BOENI, M.; DIECKOW, J.; BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Fracionamento densimétrico com politungstato de sódio no estudo da proteção física da matéria orgânica em solos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, vol.32 n.2 Viçosa Mar./Abr. 2008.

COSTA, F.S.; BAYER, C.; ZANATTA, J.A. & MIELNICZUK, J. Estoque de carbono

orgânico no solo e emissões de dióxido de carbono influenciadas por sistemas de manejo no sul do Brasil. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v.32, p.323-332, 2008.

DIAS, A. C.; SILVA, M. L. N.; FREITAS, D. A. F.; BATISTA, P. V. G.; CURI, N.; CARVALHO, G. J. Soil cover plants on water erosion control in the South of Minas Gerais. **Ciência e Agrotecnologia**, v.37, n.5, p.410-418. 2013.

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, p.485-493, 2001.

EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solos**. 2. Ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2013. 225p.

FIGUEIREDO, C. C.; SANTOS, G. G.; PEREIRA, S.; NASCIMENTO, J. L.; JÚNIOR, J. A. Propriedades físico-hídricas em Latossolo do Cerrado sob diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, vol.13, n.2, p.146-151. 2009.

FLANAGAN, D. C., FOSTER, G. R., MODENHAUER, W. C. Storm pattern effect on infiltration, runoff and erosion. **Transactions of the ASAE, St. Joseph, Michigan**, v. 31, n. 2, p. 414-420, 1988.

FOSTER, G. R.; MCCOOL, D. K.; RENARD, K. G.; MOLDEBHAUER, 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.

FOSTER, G.R. Modeling the erosion process. In: HAAN, J.; BRAKENSIEK. D.L. Hydrological Modeling of Small Watersheds. Michigan: **American Society of Agricultural Engineering**, p.297-300, 1982.

GBUREK, W.J.; SHARPLEY, A.N.; HEATHWAITE, L. & FOLMAR, G.J. Phosphorus management at the watershed scale: A modification of the phosphorus index. **Journal of Environmental Quality**, v.29, p.130-144, 2000.

GILLES, L.; COGO, N. P.; BISSANI, C. A.; BAGATINI, T.; PORTELA, J. C. Perdas de água, solo, matéria orgânica e nutriente por erosão hídrica na cultura do milho implantada em área de campo nativo, influenciadas por métodos de preparo do solo e tipos de adubação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.33, p.1427-1440, 2009.

GUADAGNIN, J. C.; BERTOL, I.; CASSOL, P. C.; AMARAL, A. J. Perdas de solo, água e nitrogênio por erosão hídrica em diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.29, p.277-286, 2005.

HERNANI, L. C.; KURIHARA, C. H.; SILVA, W. M. Sistemas de manejo de solo e perdas de nutrientes e matéria orgânica por erosão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa**, v.23, p.145-154, 1999.

KELLER FILHO, T.; ASSAD, E. D.; LIMA, P. R. S. R. Regiões pluviometricamente homogêneas no Brasil. **Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.40, n.4, p.311-322, 2005.

KUMAR, M., RAGHUWANSHI, N. S., SINGH, R., WALLENDER, W. W., PRUITT, W. O. Estimating Evapotranspiration using Artificial Neural Network. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, v.128, n.4, p.224-233, 2002.

LEITE, L. F. C.; MENDONÇA, E. S.; NEVES, J. C. L.; MACHADO, P. L. O. A. GALVÃO, J. C. C. Estoques de carbono orgânico e seus compartimentos em argissolo sob florestas e sob milho cultivado com adubação mineral e orgânica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.27, p.821-832, 2003.

LEITE, M. H. S. COUTO, E. G.; AMORIM, R. S. S.; COSTA, E. L.; MARASCHIN, L. Perdas de solo e nutrientes num latossolo vermelho-amarelo ácrico típico, com diferentes sistemas de preparo e sob chuva natural. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.33, n.3, p.689-699, 2009.

MANNERING, J. V.; MEYER, L. D. The effects of various rates of surface mulch on infiltration and erosion. **Soil Science Society of American Proceedings**, Madison, v.27, n.1, p.84-86, 1963.

MARIOTI, J.; BERTOL, I.; RAMOS, J. C.; WERNER, R. S.; PADILHA, J.; BANDEIRA, D. H. Erosão hídrica em semeadura direta de milho e soja nas direções da pendente e em contorno ao declive, comparada ao solo sem cultivo e descoberto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, vol. 37, n.5, p. 1361-1371. 2013.

MELLO, E. L.; BERTOL, I.; ZAPAROLLI, A. L. V.; CARRAFA, M. R. Perdas de solo e água em diferentes sistemas de manejo de um Nitossolo Háplico submetido a chuva simulada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.27, p.901-909, 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.

NEVES, C. S. V. J.; FELLER, C.; KOUAKOUA, E. Efeito do manejo do solo e da matéria orgânica solúvel em água quente na estabilidade de agregados de um latossolo argiloso. **Revista Ciência Rural**, vol.36, n.5, p.1410-1415. 2006.

OLIVEIRA, A.H.; SILVA, M. L. N.; CURTI, N.; AVANZI, J. C.; NETO, G. K.; ARAÚJO, E. F.. Water erosion in soils under eucalyptus forest as affected by development stages and management systems. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.37, n.1, p.159-169, jan./feb. 2013.

OLIVEIRA, J. R. D; PINTO, M. F; SOUZA, W. J.; GUERRA, J. G. M.; CARVALHO, D. F. Erosão hídrica em um Argissolo Vermelho-Amarelo, sob diferentes padrões de chuva simulada. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, p.140-147, 2010.

OLIVEIRA, L. F. C. de; MARTINEZ, M. A.; PRUSKI, F. F.; GRIEBELER, N. P.; OLIVEIRA, G. C. de. Rotina computacional para a determinação da velocidade de sedimentação das partículas do solo em suspensão no escoamento superficial. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.25, n.1, p.126-136, 2005.

PANACHUKI, E.; BERTOL, I.; SOBRINHO, T. A.; ANTÔNIO CARLOS TADEU VITORINO, A. C. T.; SOUZA, C. M. A.; URCHEI, M. A. Rugosidade da superfície do solo

sob diferentes sistemas de manejo e influenciada por chuva artificial. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.34, p.443-451, 2010.

PANACHUKI, E.; BERTOL, I.; SOBRINHO, T. A.; OLIVEIRA, P. T. S.; RODRIGUES, D. B. B.; Perdas de solo e de água e infiltração de água em latossolo vermelho sob sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.35, p.1777-1785, 2011.

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, v.10, n.2, p.261-268, 2006.

PINESE JUNIOR, J. F.; CRUZ, L. M.; RODRIGUES, S. C. Monitoramento de erosão laminar em diferentes usos da terra, Uberlândia - MG. **Sociedade e Natureza (Online)**, Uberlândia, v.20, n.2, p.157-175, 2008.

PIRES, L. S.; SILVA, M. L. N.; CURI, N.; LEITE, F. P.; BRITO, L. F. Erosão hídrica pós-plantio em florestas de eucalipto na região centro-leste de Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.41, n.4, p. 678-695, 2006.

PORTUGAL, A. F.; COSTA, O. D. A. V.; COSTA, L. M. D. Propriedades físicas e químicas do solo em áreas com sistemas produtivos e mata na região da Zona da Mata mineira. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.34, p.575-585, 2010.

PRUSKI, F. F. Prejuízos decorrentes da erosão hídrica e tolerância de perdas de solo. In: PRUSKI, F. F. **Conservação do solo e água: práticas mecânicas para o controle da erosão hídrica**. Viçosa: UFV, 2006.

PRUSKI, F. F.; BRANDÃO, V.S.; SILVA, D. D. **Escoamento superficial**. Viçosa: UFV, 2003. 88 p.

RABELO, M. W. O.; GRIEBELER, N. P. Determinação de incremento de altura de camalhão na integração terraço-estrada. **Pesquisa Agropecuária Tropical**. Goiânia, v.42, n.1, p.49-55 jan./mar. 2012.

RANGEL, O. J. P. & SILVA, C. A. Estoques de carbono e nitrogênio e frações orgânicas de Latossolo submetido a diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.3, p.1609-1623, 2007.

RIMAL, B. K.; LAL, R. Soil and carbon losses from five different land management areas under simulated rainfall. **Soil & Tillage Research**, v.106, n.1, p.62-70, Dec 2009.

ROMKENS, M. J. M.; HELMING, K.; PRASAD, S. N. Soil erosion under different rainfall intensities, surface roughness, and soil water regimes. **Catena**, Amsterdam, v.46, p.103-123, 2001.

SANTOS, G. G.; GRIEBELER, N. P.; OLIVEIRA, L. F. C. Chuvas intensas relacionadas à erosão hídrica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, n.2, p.115-123, 2010.

SCHAEFER, C. E. R.; SILVA, D. D.; PAIVA, K. W. N.; PRUSKI, F. F.; ALBUQUERQUE 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**, v.37, p.669-678, 2002.

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, p.437-447, 2000b.

SCHICK, J.; BERTOL, I.; BATISTELA, O.; BALBINOT JÚNIOR, A. A. Erosão hídrica em cambissolo húmico alumínico submetido a diferentes sistemas de preparo e cultivo do solo: I. Perdas de solo e água. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.24, n.2, p.427-436, 2000a.

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, MG, v.21, n.2, p.287-291, 1997.

SALTON, J. C.; MIELNICZUK, J.; BAYER, C.; BOENI, M.; CONCEIÇÃO, P. C.; FABRÍCIO, A. C.; MOTTA MACEDO, M. C.; BROCH, D. L. Agregação e estabilidade de agregados do solo em sistemas agropecuários em Mato Grosso do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, vol.32, n.1, p.11-21. 2008.

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

SILVA, C. G.; ALVES SOBRINHO, T.; VITORINO, A. C. T.; CARVALHO, D. F. Atributos físicos, químicos e erosão hídrica entressulcos sob chuva simulada, em sistema de plantio direto e convencional. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.25, n.1, p.144-153, 2005b.

SILVA, C. L.; KATO, E. Efeito do selamento superficial na condutividade hidráulica saturada da superfície de um solo sob cerrado. **Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.32, n.2, p.213-220, 1997.

SILVA, P. M. O.; MELLO, C. R.; SILVA, A. M.; COELHO, G. Modelagem da hidrógrafa de cheia em uma bacia hidrográfica da região Alto Rio Grande. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, vol.12 n.3, Campina Grande May/June 2008.

SIX, J.; BOSSUYT, H.; DEGRYZE, S. & DENEFF, K. A history of research on the link between (micro) agregates, soil biota, and soil organic matter dynamics. **Soil & Tillage Research**, v.79, p.7-31, 2004.

SPERA, S. T.; SANTOS, H. P.; FONTAENLI, R. S.; TOMM, G. O. Efeito de sistemas de produção de grãos envolvendo pastagens sob plantio direto nos atributos físicos do solo e sua produtividade. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.28, n.3, p.533-542, 2004.

SPOHR, R. B.; CARLESSO, R.; GALLÁRRETA, C. G.; PRÉCHAC, F. G.; PETILLO, M. G. Modelagem do escoamento superficial a partir das características físicas de alguns solos do Uruguai. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria, v.39, n.1, p.74-81, jan-fev, 2009.

TARTARI, D. T.; NUNES, M. C. M.; SANTOS, F. A. S.; JUNIOR, C. A. F.; SERAFIM, M. E. Perda de solo e água por erosão hídrica em argissolo sob diferentes densidades de cobertura vegetal. **Revista Brasileira de Agroecologia**, 7 (3), pp. 85-93. 2012.

THOMAZ, E. L. Runoff and sediment transport in a degraded area. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.36, p.243-252, 2012.

VASCONCELOS, R. F. B.; CANTALICE, J. R. B.; OLIVEIRA, V.S.; COSTA, Y. D. J. & CAVALCANTE, D. M. Estabilidade de agregados de um Latossolo Amarelo distrocoeso de tabuleiro costeiro sob diferentes aportes de resíduos orgânicos da cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.34, p.309-316, 2010.

VOLK, L. B. S.; COGO, N. P.; STRECK, E. V. Erosão hídrica influenciada por condições físicas de superfície e subsuperfície do solo resultantes do seu manejo, na ausência de cobertura vegetal. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.28, p.763-774, 2004.

WALTON, R.S.; VOLKER, R.E.; BRISTOW, K.L.; SMETTEM, K.R.J. Experimental examination of solute transport by surface runoff from low-angle slopes. **Journal of Hydrology**, Amsterdam, v.233, n.1-4, p.19-36, 2000.

WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. D. Rainfall energy and its relationship to soil loss. **Transaction American Geophysical Union**. Washington v.39 p.285-291 1958.

WOHLENBERG, E. V.; REICHERT, J. M.; REINERT, D. J. and BLUME, E.. Dinâmica da agregação de um solo franco-arenoso em cinco sistemas de culturas em rotação e em sucessão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.28, n.5, p.891-900. 2004.

WU, L.; SWAN, J.B.; PAULSON, W.H. & RANDALL, G.W. Tillage effects on measured soil hydraulic properties. **Soil & Tillage Research**, v.25, p.17-33, 1992.

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

APÊNDICES

Apêndices 1 – Instalação das Parcelas Experimentais, com instalações dos tanques de 200 litros acoplados às calhas de distribuição e alocados nas trincheiras.



Apêndices 2 – Vista frontal do experimento, demonstrando a abertura do canal para distribuição das perdas de água em excesso, e as trincheiras de todos os tratamentos estudados em área de Savana, no Campus do Cauamé da UFRR, Boa Vista/ RR

