

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

INSTITUTO DE GEOGRAFIA

PROGRAMA DE PÓS – GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

**AVALIAÇÃO DE PROCESSOS EROSIVOS HÍDRICOS EM
DIFERENTES USOS AGRÍCOLAS, UTILIZANDO SIMULADOR
DE CHUVAS NO AMBIENTE DE CERRADO**



UBERLÂNDIA

2019

Jefferson Gomes Confessor

**AVALIAÇÃO DE PROCESSOS EROSIVOS HÍDRICOS EM
DIFERENTES USOS AGRÍCOLAS, UTILIZANDO SIMULADOR
DE CHUVAS NO AMBIENTE DE CERRADO**

**Dissertação de mestrado
apresentada ao Programa de Pós-
Graduação em Geografia, do
Instituto de Geografia, da
Universidade Federal de
Uberlândia, como pré-requisito à
obtenção do título de Mestre em
Geografia.**

**Área de Concentração: Análise,
Planejamento e Gestão
Ambiental.**

**Orientador: Professor Doutor
Silvio Carlos Rodrigues**

UBERLÂNDIA

2019

BANCA EXAMINADORA

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE GEOGRAFIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO ANÁLISE, PLANEJAMENTO E
GESTÃO AMBIENTAL**

Jefferson Gomes Confessor

**AVALIAÇÃO DE PROCESSOS EROSIVOS HÍDRICOS EM
DIFERENTES USOS AGRÍCOLAS, UTILIZANDO SIMULADOR
DE CHUVAS NO AMBIENTE DE CERRADO**

Comissão julgadora

Prof. Dr. Silvio Carlos Rodrigues - UFU (orientador)

Prof. Dr. Vanderlei de Oliveira Ferreira- UFU

Prof. Dr. Renato Emanuel Silva - IFTM

Data: ____ / ____ / ____

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da UFU, MG, Brasil.

C748a Confessor, Jefferson Gomes, 1991-
2019 Avaliação de processos erosivos hídricos em diferentes usos agrícolas, utilizando simulador de chuvas no ambiente de cerrado [recurso eletrônico] / Jefferson Gomes Confessor. - 2019.

Orientador: Silvio Carlos Rodrigues.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia, Programa de Pós-Graduação em Geografia.
Modo de acesso: Internet.
Disponível em: <http://dx.doi.org/10.14393/ufu.di.2019.606>
Inclui bibliografia.
Inclui ilustrações.

1. Geografia. 2. Solos - Erosão. 3. Erosão hídrica. 4. Morfologia vegetal. I. Rodrigues, Silvio Carlos, 1965- (Orient.) II. Universidade Federal de Uberlândia. Programa de Pós-Graduação em Geografia. III. Título.

CDU: 910.1

Gerlaine Araújo Silva - CRB-6/1408



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
Programa de Pós-Graduação em Geografia

IG

JEFFERSON GOMES CONFESSOR

AVALIAÇÃO DE PROCESSOS EROSIVOS HÍDRICOS EM
DIFERENTES USOS AGRÍCOLAS, UTILIZANDO SIMULADOR DE
CHUVAS NO AMBIENTE DE CERRADO

Professor Dr. Sílvio Carlos Rodrigues - UFU

Professor Dr. Renato Emanuel Silva - IFTM

Professor Dr. Vanderlei de Oliveira Ferreira - UFU

Data: 06/02 de 2019

Resultado: Aprovado com louvor

AGRADECIMENTOS

Os agradecimentos que constam aqui não se limitam apenas a realização deste trabalho, mas se estendem a toda ajuda que obtive neste processo de crescimento, tanto acadêmico como pessoal, pessoas nas quais cruzaram meu caminho e de certa forma contribuíram para formação de quem sou.

Queria agradecer primeiramente aos dois grandes responsáveis por me fundamentarem, por me instruírem, auxiliarem a formar meu caráter, não apenas com palavras, mas atos que sempre mantive como espelho, e se sou o que sou hoje é devido ao suor e boa vontade de meus pais, que sempre mantiveram meus estudos acima de qualquer dificuldade, sou grato a cada gesto de vocês, espero um dia poder agradecer a altura ao meu pai Luiz e minha mãe Maria de Lourdes.

Ao meu orientador Silvio que me ofereceu a grande oportunidade de poder estar ao lado do objeto de trabalho que sempre me identifiquei, que me proporcionou grandes oportunidades e me guiou nesta caminhada. Meus grandes colegas de curso que se tornaram amigos de vida, Giliander, Vínicius, Jean, Anna e todos os demais, agradeço por cada ajuda.

Ao Fabio, grande parceiro de campo, que debaixo de muito sol e chuva enfrentamos vários dias de campo juntos, tendo grande importância neste trabalho, meu sincero obrigado.

Ao Diego pela grande parceria, por seus ensinamentos e discussões em campo, pela ajuda no trabalho duro ou nos momentos de alegria, te deixo de verdade um grande obrigado.

Também deixo meu agradecimento a pessoa em que estive sempre ao meu lado, me auxiliando em trabalhos laboratoriais, conselhos e apoio moral, um grande obrigado de coração a minha eterna namorada Lara Luíza.

Também deixo meu grande obrigado á todos os funcionários da instituição, os quais mesmo em anonimato são indispensáveis ao funcionamento de tal, passando pelos técnicos administrativos, seguranças, pessoal da limpeza, cozinheiras do restaurante universitário, e a todos funcionários da Fazenda Experimental do Campus Glória, em especial ao Onacir, Flávio e Marcelo; Obrigado por toda ajuda.

Por fim, deixo meu agradecimento ao CNPQ pelo financiamento da pesquisa através do projeto CNPQ 302654/2015-1, e a CAPES pela bolsa de mestrado, obrigado!

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Fluxograma das Fases do Trabalho	51
Figura 2- Fluxograma das etapas de confecção do simulador de chuvas.....	53
Figura 3- Modelo de simulador de Simulador de chuvas exposto por Luck, Abrahams e Parsons (1986).....	55
Figura 4- Simulador portátil de chuvas e parcela de erosão.....	56
Figura 5- Bandeja preenchida com farinha (A); Simulação sobre bandeja a 30 cm do solo (B); Separação dos grânulos por peneiramento (C).....	59
Figura 6- Fluxograma de funcionamento do programa ENERCHUVA	60
Figura 7- Jato Cone Cheio pulverizador FullJet ½ HH-30WSQ.....	62
Figura 8- Bico Pulverizador FullJet ½ HH-30WSQ	62
Figura 9- Malha de recipientes coletores para expor intensidades de precipitações pontuais. ...	63
Figura 10- Calibração da sobreposição da área molhada dos bicos pulverizadores.....	64
Figura 11- Malha de recipientes coletores para expor intensidades de precipitações pontuais e calibração da sobreposição da área molhada dos bicos pulverizadores.	65
Figura 12- Transporte de água para simulações (A); Líquido límpido para evitar possíveis contaminações das amostras (B).	66
Figura 13- Tomada de água próxima ao local de experimentos.....	66
Figura 14 - Recipientes de armazenagens de água (1500 Litros).....	67
Figura 15 - Moto bomba auto propelida necessária para funcionamento do simulador de chuvas.	68
Figura 16- Parcela de Erosão de 1m ² de área cercada, com calha coletora inserida na lateral inferior do terreno.	69
Figura 17 - Calha coletora, direcionamento do fluxo de água e sedimentos para coleta em recipientes.	70
Figura 18 - Parcelas de erosão de 1m ² sob simulador de chuvas.	70
Figura 19 - Figura 20: Equipamento de corte para inserir calhas de coleta de escoamento superficial.....	71
Figura 20 - Coleta de escoamento superficial, calha coletora e recipiente de coleta inserido no solo em profundidade.....	72
Figura 21 - Recipientes de Coleta inseridos no solo, possibilitando a condução do fluxo superficial de água mais sedimentos para posterior coleta.....	73
Figura 22 - Recipientes de coleta para amostragem de sedimentos	73
Figura 23 - Procedimento de filtração de alíquotas coletadas em campo. Filtros previamente secos, profetas e funis para procedimento de filtração (A); Filtros com sedimentos, pós filtração e secagem.....	74

Figura 24 - Sensor de potencial matricial do solo.....	75
Figura 25 - Análises de amostra de solo para ensaio de Densidade aparente com anel volumétrico de 100cm ³	76
Figura 26 - Densidade de partículas obtida por balão volumétrico.....	77
Figura 27 - Impactos das gotas em bandejas preenchidas com 3 cm de altura de farinha, expostas a 5 segundos de precipitação simulada de intensidade média de 62,22 mm/h.	87
Figura 28 - Grumos de farinha provenientes dos impactos de gotas de chuva simulada de intensidade média de 62,22 mm/h. A- Diâmetro de 0,850 mm; B- Diâmetro 1,7 mm; C- Diâmetro 2 mm; D- Diâmetro 3,35 mm.....	88
Figura 29 - Papel Hidrossensível após realização de chuva simulada (76x26 mm).....	89
Figura 30 - Dispersão da precipitação em toda área molhada pelo simulador de chuvas	91
Figura 31 - Local ideal para fixação das parcelas de erosão, de acordo com as variações na dispersão da precipitação em toda área molhada pelo simulador de chuvas.....	93
Figura 32 - Fluxograma das atividades de campo.....	95
Figura 33 - Análise comparativa entre a cobertura vegetal e o solo exposto na cultura do milho, em diferentes fases vegetativas. Aos 32 dias apresentando 72,8 % de cobertura vegetal e 27,2 % de solo exposto, e para 46 dias 95,5 % e 4,5% respectivamente.....	97
Figura 34 - Produção de escoamento superficial e sedimentos em parcela de erosão inserida na cultura do milho em dois períodos diferentes 32 e 46 dias pós plantio sob chuva simulada de precipitação média de 62,22 mm/h.	98
Figura 35 - Escoamento e sedimentos totais em parcela de erosão localizada na cultura do milho, cultivado em sistema tradicional de plantio. Valores apresentados referentes à médias de 3 simulações.	99
Figura 36 - Figura 30: (A) Dinâmica da interação da planta do milho com a chuva; folhas interceptam as gotas, onde seu ângulo agudo por grande parte de sua extensão concentra a água de forma a produzir um fluxo maior à cada contribuição das folhas subsequentes;(B) Arranjo das partes constituintes de seu colmo: (1) Nó; (2) Entrenó. Folhas apresentando crescimento invertido e no mesmo sentido, com ângulo próximo à 45°; (C) Concentração das gotas de chuva pela planta do milho, fluxo partindo das partes mais periféricas indo de encontro ao centro da planta, e posteriormente disposto ao solo.....	102
Figura 37 - Constituintes do sistema radicular da planta de milho capazes de promover interação com o fluxo superficial; (1) Raiz fasciculada; (2) Raízes Adventícias.	103
Figura 38 - Aspectos morfológicos da planta de Soja. Subdivisão em três grandes partes, Sistema radicular (A); Caule (B); Folhas (C).....	105
Figura 39 - Planta de Soja retirada do local de experimentos, estágio vegetativo R6.....	106
Figura 40 - Local de simulação. Cultura de soja em pleno vigor vegetativo, com linhas de plantas homogêneas.	107

Figura 41 - Parcelas de erosão inseridas em cultura de soja, após tratamento assistido de imagem no software ENVI.....	107
Figura 42 - escoamento e sedimentos totais em parcela de erosão localizada na cultura de soja, cultivado em sistema tradicional de plantio com subsolagem de solo. Valores apresentados referentes à médias de 3 simulações.	108
Figura 43 - escoamento e sedimentos totais em parcela de erosão localizada na cultura de soja, cultivado em sistema tradicional de plantio com subsolagem de solo. Valores apresentados referentes à médias de 3 simulações.	109
Figura 44 - Linha de plantio da cultura de soja. Proteção aérea e subsuperficial por meio do entrelaçamento de ramos e raízes.....	111
Figura 45 - Principais constituintes morfológicos da planta de café. Ramo plageotrópico (A); Ramo ortótropico (B); Folhas sub-lanceoladas (C).....	112
Figura 46 - Local de realiação dos experimentos. Simulador de chuvas sobre a cultura de café (A); parcelas de erosão inseridas sob a linha da cultura, parte frontal (B) e traseira (C).....	113
Figura 47 - Alteração na paisagem de acordo com variações na precipitação, promovidas por mudanças de estações do ano. Inverno seco (A); Verão chuvoso (B).....	114
Figura 48 - escoamento e sedimentos totais em parcelas de erosão localizadas na cultura de café Arábica. Valores apresentados referentes à médias de 3 simulações.	115
Figura 49 - escoamento e sedimentos totais em parcela de erosão localizada na cultura de café Arábica. Valores apresentados referentes à médias de 3 simulações.	116
Figura 50 - Matéria orgânica depositada sob as plantas de café Arábica, constituídas de restos de galhos, folhas e frutos. Nota-se também o crescimento de raízes da cultura neste material em decomposição.	117
Figura 51- Aspectos de proteção do solo promovidos pela ação das plantas dispostas em linhas de cultivo. Entrelaçamento de ramos plageotrópicos e folhas de diferentes indivíduos (A); Deposição de material orgânico sobre a cultura (B); Sistema radicular superficial da cultura de café (C).....	118
Figura 52 - Linhas de cultivo da cultura de café Arábica (A). Presença de gramíneas entre as linhas de cultivo (B).	119
Figura 53 - Roçagem linhas de café; Corte de braquiárias para evitar competição de nutrientes e luminosidade com as plantas de café.	119
Figura 54 - Planta de café Arábica com grande presença de folhas em seus ramos plageotrópicos (A); Planta de café Arábica pós colheita, apresentando queda nas folhas e ramos plageotrópicos nús (C).....	120
Figura 55 - Principais partes constituintes da braquiária. Folhas estreitas e alongada (A); Colmo (B); Bainha (C); Sendo a união das partes constituindo o Perfilho (D).	121

Figura 56 - Parcelas de erosão inseridas em cultura de soja, após tratamento assistido de imagem no software	123
Figura 57 - Alteração na paisagem de acordo com variações na precipitação, promovidas por mudanças de estações do ano. Inverno seco (A); Verão chuvoso (B).....	124
Figura 58 - Parcelas de erosão inseridas em ambiente de pastagem. Nivelamento do terreno para fixação de calhas coletoras (A); Cavidades no solo para acomodação de recipientes coletores e parcelas de erosão instaladas (B e C).	124
Figura 59 - Produção de escoamento superficial e sedimentos em parcela de erosão inserida em ambiente de pastagem em duas estações do ano distintas (verão/inverno) sob chuva simulada de precipitação média de 62,22 mm/h.	126
Figura 60 - Escoamento e sedimentos totais em parcela de erosão localizada no ambiente de pastagem. Valores apresentados referentes à médias de 3 simulações.	127
Figura 61 - Crescimento da planta de braquiária, desenvolvimento do sistema aéreo e radicular, com incremento de novos perfilhos.	128
Figura 62 - Vista aérea de touceira de braquiária, dotada de vários perfilhos.	129
Figura 63 - Vista aérea de pastagem de braquiária em pleno vigor vegetativo, recobrendo grande parte da superfície do solo.....	130
Figura 64 - Vista superior de pastagem de braquiária. Espacialização desordenada das touceiras.	131
Figura 65 - Vista superior da localização de touceiras de braquiária em ambiente de pastagem. Espacialização desordenada das touceiras e desconcentração dos fluxos superficiais.....	131
Figura 66 - Interação da precipitação em ambiente de pasto degradado, gotas incidindo diretamente na superfície do solo por falta de proteção vegetativa.....	132
Figura 67 - Pastagem de braquiária em pleno vigor vegetativo, grande proteção aérea e subsuperficial do solo, por meio do entrelaçamento dos perfilhos e sistemas radiculares.....	133
Figura 68 - Forma de cascos de bovinos; pressão promovida pelo pisoteio ocasionando compactação superficial do solo; desagregação do material superior em forma de torrões.....	134
Figura 69 - Espacialização de rede de trilhas de gado sob manejo extensivo em ambiente pastagem de braquiária.....	135
Figura 70 - Alteração na paisagem de acordo com variações na precipitação, promovidas por mudanças de estações do ano. Inverno seco (A); Verão chuvoso (B).....	137
Figura 71 - Local de realização dos experimentos em ambiente de cerrado em regeneração; Local com diversas plantas arbustivas e solo recoberto por gramíneas.	138
Figura 72 - Escoamento e sedimentos totais em parcelas de erosão localizadas em ambiente de cerrado em regeneração. Valores apresentados referentes à médias de 3 simulações	140
Figura 73 - Escoamento e sedimentos totais em parcela de erosão localizada em ambiente de cerrado em regeneração. Valores apresentados referentes à médias de 3 simulações	139

Figura 74 - Cerrado em regeneração, constituído de diversos estratos arbustivos, compostos por plantas arbóreas, arbustivas e rasteiras. Com presença microfauna ao longo de sua extensão (termiteiros e formigueiros).	141
Figura 75 - Interação arbusto com a precipitação; Interceptação da água precipitada por meio de galhos e folhas (B); Disposição da água concentrada pela planta em forma de escoamento de tronco (A); Discrepancia na disposição dos volumes dispostos no solo, com concentração pontual.....	142
Figura 76 - Ambiente de cerrado em regeneração em pastagem; Presença de termiteiros em montículos (1); Tuneis de acesso a superfície (2); Tuneis subterrâneos (3 ,4 e 7); Cavidade abaixo do montículo principal (5); Entrada principal formigueiro.	144
Figura 77 - Parcelas de erosão inseridas em ambiente de estrada (A); Material superficial constituinte de estrada não pavimentada (B).	146
Figura 78 - Ação de proteção do solo por cascalhos em ambiente de voçoroca. Criação de formas intituladas de demoiselles.	147
Figura 79 - Produção de escoamento superficial e sedimentos em parcela de erosão inserida em ambiente de estrada em duas estações do ano distintas (verão/inverno) sob chuva simulada de precipitação média de 62,22 mm/h.	148
Figura 80 - Escoamento e sedimentos totais em parcela de erosão localizada em ambiente de estrada não pavimentada em duas estações do ano (Inverno/Verão). Valores apresentados referentes à médias de 3 simulações.	149
Figura 81 - Estrada não pavimentada inserida em divisor topográfico, com pavimento plano e promovendo a dispersão de fluxos em suas laterais.....	150
Figura 82 - Corte na vertente para construção de estradas, de forma a provomer uma descontinuidade do terreno e segmentar a vertente em duas partes.	150
Figura 83 - Erosão remontante no corte de estrada, produzido pelo aumento no nível de base pelo corte da vertente.	151
Figura 84 - Concentração do escoamento superficial da parte superior da vertente na calha da estrada; condução do fluxo sobre o pavimento ocasiona a desagregação e carreamento do material superficial, de forma a produzir incisões lineares no terreno.....	152
Figura 85 - Concentração do fluxo superficial da parte superior da vertente no pavimento da estrada, seguido de sua admissão vertente abaixo, ocasionando incisões lineares no terreno.	152
Figura 86 - Concentração do fluxo de água superficial vertente acima em incisões rebaixadas no pavimento da estrada, produzidas pelo transito de veículos.	153
Figura 87 - Concentração de água escoada vertente superior no pavimento da estrada, pelo rebaixamento produzido por raspagens do pavimento em manutenções promove o empoçamento da água na estrada por falta de rotas de saída.....	153

Figura 88 - Compactação do solo úmido do pavimento da estrada pelo transito de bonivos (A); Desagregação em forma de torrões pela ação de pisoteio de animais no pavimento da estrada (B); Trilha de material desagregado produzida por transito de vários animais em uma área reduzida do terreno (C).	154
Figura 89 - Concentração da água escoada na lateral da estrada, promovendo maior fluxo em uma área reduzida.	154
Figura 90 - Escoamento concentrado em uma lateral da estrada não pavimentada (A); Erosão promovida pela concentração do fluxo superficial em uma das laterais da estrada.	155
Figura 91 - Solo desagregado sobre pavimento de estrada em período de entre chuvas (A); Camada de aproximadamente 6 centímetros de material desagregado sobre o pavimento.....	155
Figura 92 - Linha de café próxima estrada em período chuvoso (A); Linha de Café próxima estrada em período de entre chuvas, composta de plantas recobertas por partículas de solo (B).	156
Figura 93 - Concentração de água escoada sobre de estrada não pavimentada, promovendo o arraste de partículas.....	156
Figura 94 - Escoamento de diferentes usos sob chuvas simuladas com precipitação média de 62,22 mm/h. Seguindo de totais escoados em diferentes usos em em dois períodos distitos do ano (Verão e Inverno).	161
Figura 95 - Análise não supervisionada de Clusters; Diferentes usos classificados de acordo com similaridade de produção de escoamento superficial.....	163
Figura 96 - Escoamento de diferentes usos sob chuvas simuladas com precipitação média de 62,22 mm/h. Seguindo de totais escoados em diferentes usos em em dois períodos distitos do ano (Verão e Inverno).	165
Figura 97 - Análise não supervisionada de Clusters; Diferentes usos classificados de acordo com similaridade de produção de sedimentos.....	167

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1- Linha historia da produção de milho e sua área plantada no Brasil.....	28
Gráfico 2- Linha historia da produção de soja e sua área plantada no Brasil.....	30
Gráfico 3- Linha historia da produção de Café e sua área plantada no Brasil	31
Gráfico 4- Climograma da distribuição de chuvas ao longo do ano.	81
Gráfico 5- Gráfico de distribuição de chuvas ao longo das 24 horas do dia..	82
Gráfico 6- Taxa de erosão em parcela de erosão inserida na cultura do milho no período de 32 e 46 dias pós plantio.	100

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -Distribuição dos volumes totais de chuva divididos em intensidades . Estação posicionada na Universidade Federal de Uberlândia (Valores são resultados de media de 9 anos, 2008-2017).	83
Tabela 2 - Distribuição do número de eventos chuvosos de acordo com volumes e meses do ano. Estação posicionada na Universidade Federal de Uberlândia (Valores são resultados de media de 9 anos, 2008-2017).....	84
Tabela 3 - Distribuição do numero de eventos chuvosos de acordo com volumes e horas do dia. Estação posicionada na Universidade Federal de Uberlândia (Valores são resultados de 9 anos, 2008-2017).	84
Tabela 4 - Eventos de chuva que apresentaram volumes maiores que 25 mm. Estação posicionada na Universidade Federal de Uberlândia (Valores são resultados enre os anos de 2008-2017). Valores expressão referem a mm/h.....	85
Tabela 5 - Determinação do D50 partindo de dados obtidos por meio de Oliveira (1991), valores expostos referem-se ao peso em gramas.	88
Tabela 6 - D50 obtido por meio de fitas hidrossensíveis e tratados no programa Gotas.	89
Tabela 7 - Valores médios provenientes de 10 simulações, volumes apresentados em mm, são pontuais e tem espaçamento entre si de 55 centímetros.	90
Tabela 8 - Dispersão da precipitação em toda área molhada pelo simulador de chuvas, valores relativos a intensidades médias de 62,22 mm/h.....	92
Tabela 9 - Distribuição das parcelas de erosão. Valores proporcionais relativos à precipitação.....	92
Tabela 10 - Densidade total; Umidade; Dados Penetrômetro de solo com anel; valores expostos são resultados de valores médios de 3 amostragens.	101
Tabela 11 - Análise física de solo sob cultivo de soja em sistema tradicional de plantio com subsolagem de solo.	110
Tabela 12 - Análise física de solo sob cultivo de café. Coletas realizadas nas linhas de cultivo.	114
Tabela 13 - Análises físicas de solo inserido em ambiente de pastagem.	125
Tabela 14 - Análises físicas de solo provenientes de ambiente de cerrado em regeneração.....	138

Tabela 15 - Totais escoados e erodidos em parcelas de erosão inseridas em ambiente de cerrado em regeneração sob chuva simulada de 62,22 mm/h.	141
Tabela 16 - Análises físicas de solo de diferentes usos.....	159
Tabela 17 - Valores escoados em parcelas de erosão sob chuva simulada média de 62,22 mm/h.....	162
Tabela 18 - Tabela xx: Valores erodidos em parcelas de erosão sob chuva simulada média de 62,22 mm/h.	166

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	19
2. OBJETIVOS	22
2.1 Objetivo Geral	22
2.2 Objetivos Específicos	22
3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	23
3.1 Relações Homem Solo	23
3.2 Ocupação do Cerrado do Triângulo Mineiro.....	25
3.3 Principais culturas do triângulo mineiro.....	27
3.3.1 Cultura de Milho	27
3.3.2 Cultura de Soja.....	29
3.3.3 Cultura de Café.....	30
3.3.4 Pastagem.....	31
3.3.5 Estradas	33
3.4 Potencial de Produção de Passivos.....	34
3.5 Erosão	34
3.6 Movimento da Água	36
3.7 Agentes Envolvidos.....	36
3.7.1 Vertente	37
3.7.2 Cobertura Vegetal	37
3.7.3 Erosividade.....	38
3.7.4 Erodibilidade	39
3.7.5 Estrutura	40
3.7.6 Textura	40
3.7.7 Porosidade	41

3.7.8 Densidade	42
3.8 Infiltração de Água no Solo.....	42
3.9 Perdas de Solo e de Água	43
3.10 Tensiômetros	43
3.11 Simuladores	44
3.12 Efeito do Vento no Processo de Simulação de Chuvas.....	45
4. ÁREA DE ESTUDO	47
5. MATERIAIS E MÉTODOS	50
5.1 Estudos Erosivos Derivados de Chuva Simulada.....	51
5.2 Utilização de Simuladores de Chuva em Estudos Hidrogeomorfológicos.....	53
5.3 Metodologia para Calibração de Simuladores Voltados a Estudos Erosivos.....	57
5.3.1 Coeficiente de Uniformidade	57
5.3.2 Distribuição do Diâmetro de Gotas.....	58
5.3.3 Bico Aspersor.....	61
5.3.4 Padrão de Distribuição	63
5.4 Obtenção da Água	65
5.5 Moto Bomba.....	67
5.6 Monitoramentos.....	68
5.6.1 Parcela de Erosão	68
5.6.2 Instalação parcelas de erosão	71
5.6.3 Mensuração do Escoamento.....	71
5.6.4 Coleta de Sedimentos	73
5.6.5 Abstração Inicial	74
5.6.6 Umidade	74
5.7 Análises De Laboratório.....	75
5.7.1 Textura	75
5.7.2 Densidade.....	75

5.8 Análise de Clusters	77
6. RESULTADOS	79
6.1 Características das precipitações na área de estudo.....	79
6.2 Calibração do Simulador	86
6.3 Experimentos a Campo.....	94
6.3.1 Cultura de Milho	95
6.3.2 Cultura de Soja	104
6.3.3 Cultura de Café.....	112
6.3.4 Pastagem.....	121
6.3.5 Cerrado	136
6.3.6 Estrada.....	145
6.4 Síntese.....	158
7.CONCLUSÃO	168
8. REFERENCIAS.....	170

Resumo:

A erosão hídrica se mostra como um dos agentes mais atuantes na degradação dos solos, e diversos fatores contribuem nas taxas escoadas e erodidas. Sendo assim, este estudo objetivou avaliar as perdas de solo e água em diferentes usos rurais da região do Triângulo Mineiro (Milho, Soja, Pastagem, Café, Cerrado e Estrada), utilizando-se de um simulador de chuvas aplicado em parcelas de 1 m², replicando chuvas de intensidade de 62,22 mm/h no tempo de 30 minutos, com coletas de escoamento e sedimento a cada 5 minutos, em duas estações do ano (Inverno – Verão). Conclui-se que os diferentes usos expressam dinâmicas singulares frente às precipitações, expondo valores erodidos e escoados distintos, influenciados pela variação da cobertura vegetal, estádios vegetativos das culturas, pedofauna, manejo atual e antecedente, e condições físicas do solo.

Palavras-Chave: Erosão; Perda de Água; Simuladores de Chuvas; Morfologia de Plantas;

Abstract:

Water erosion appears to be one of the most active agents in soil degradation, and several factors contribute to the drained and eroded rates. Thus, this study aimed to evaluate soil and water losses in different rural uses of the Triângulo Mineiro region (Maize, Soya, Pasture, Coffee, Cerrado and road), using a rainfall simulator applied in plots of 1 m², replicating rains of intensity of 62.22 mm / h in the time of 30 minutes, with collections of drainage and sediment every 5 minutes, in two seasons of the year (Winter - Summer). It is concluded that the different uses express singular dynamics in the face of precipitation, exposing distinct eroded and drained values, influenced by the variation of vegetation cover, vegetative stages of the crops, pedofauna, current and antecedent management, and soil physical conditions.

Keywords: Erosion; Loss of Water; Rain Simulators; Plant morphology;

1. INTRODUÇÃO

O uso de recursos naturais como solo e água quando administrados de forma correta podem minimizar os passivos existentes. Entretanto o manejo inadequado ou sua inexistência pode vir a interferir de forma negativa ao meio, tornando o solo mais susceptível às forças naturais de degradação (FREITAS, MANZATTO, COUTINHO, 2001; CASTRO FILHO et al., 2002).

A erosão é um processo natural que ao longo do tempo molda as diferentes paisagens. Tal fato, conhecido como geomorfogênese, é responsável pela esculturação das formas de relevo, representando a ação da dinâmica externa sobre as vertentes. Os agentes envolvidos neste processo natural, no geral demonstram equilíbrio. Entretanto, se tratando de escala geológica, mais recentemente a ação antrópica passou atuar de forma mais acentuada no aceleração da degradação e perda de solos (HERNANI, 2006).

No Brasil, a erosão hídrica se mostra como o agente mais atuante no depauperamento dos solos, com possibilidade de promover a insustentabilidade dos sistemas de produção agrícola por erosão (BERTONI E LOMBARDI, 2008). Isso ocorre devido aos seus impactos ambientais terem reflexos diretos no aumento dos custos da produção (HERNANI et al., 2002). De acordo com Bezerra (2006) e Casseti (2006) esta erosão é resultante das interações entre diversos fatores, como: características das chuvas, clima, tipos de solo, manejo, topografia e cobertura do solo.

A erosão hídrica é responsável pela desagregação e transporte de materiais grosseiros e finos, porém a intensidade e as taxas de erosão são ampliadas exponencialmente pela ação humana, especialmente, se tratando do uso e manejo incorreto dos solos (INBAR et al., 1998; CONFESSOR, MACHADO E RODRIGUES, 2014).

A erosão superficial atinge diretamente a camada superior do solo, que em sua grande maioria, é constituída de detritos vegetais e substâncias húmicas acumuladas, atuantes na manutenção da vida que ali se encontra (DUBOC et al., 2008). Desta forma, a retirada do material superficial acarreta diferentes danos ambientais, e, além disso, gera também o transporte das partículas de solo, nutrientes, matéria orgânica, sementes e defensivos agrícolas (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1990; PINESE et al., 2008; MACHADO, CONFESSOR E RODRIGUES, 2014).

O carreamento desses elementos culmina no empobrecimento do solo *in situ* e, posterior contaminação das águas superficiais (eutrofização e assoreamento) fora do local de origem da erosão (DANIEL et al.,1994), resultando em consideráveis prejuízos ambientais e econômicos (BERTOL et al., 2007).

O incentivo a pesquisas sobre os efeitos da erosão hídrica contribui não somente na melhoria de solos já utilizados, mas também evita que a geração de áreas degradadas force um movimento ainda maior sobre terras marginais, não aptas para lavouras e pastagens, ou avancem em direção a terras mais frágeis, multiplicando exponencialmente a degradação (FREITAS et al., 2001).

O clima, as propriedades físicas e químicas do solo; vegetação; umidade; estrutura da vegetação; uso do solo e os seres que nele vivem, devem ser avaliados em conjunto, contribuindo para a identificação do grau de susceptibilidade da área quanto à evolução das feições erosivas ou a intensificação dos processos de erosão.

Dados de erosão oriundos de chuva natural ainda se demonstram extremamente necessários, devido ao fato de serem resultantes dos eventos que representam as condições reais das chuvas, por consequência do clima de cada região (HUDSON, 1995). Porém a variação das características das chuvas, sejam elas no próprio ano ou entre anos, demanda um grande período de tempo para obtenção dos dados representativos das condições médias do clima de cada região (WISCHMEIERE e SMITH, 1978; HUDSON, 1995).

Como apontado por Bertol I.,Bertol C. e Barbosa (2012) a obtenção de dados sob chuva natural exige-se uma demanda grande de tempo, além da impossibilidade de repetição dos testes sob condições semelhantes, encarecendo o custo experimental e podendo vir a sofrer com a descontinuidade e comprometer a série de dados.

Desta forma, o conhecimento da resposta do solo frente às chuvas faz-se de extrema importância para a escolha do sistema adequado de manejo de solo e água, com vistas à manutenção da capacidade produtiva do solo, o que envolve, necessariamente, o conhecimento sobre os processos de infiltração, escoamento superficial e erosão.

Devido às dificuldades apontadas na utilização de chuvas naturais em estudos que visam compreender a interação da dinâmica entre a precipitação e o solo, seja na produção de dados de escoamento, erosão, infiltração ou perdas de nutrientes, demanda-se a utilização de um equipamento que possa simular tais eventos chuvosos, de maneira similar ao natural (FARIA JÚNIOR et al. 2013).

O uso de simuladores de chuvas insere-se neste contexto como possibilidade de obtenção de dados referentes à interação da precipitação com diversos usos da terra, permitindo ao pesquisador maior controle das variáveis envolvidas, como intensidade; possibilidade de repetições; replicar eventos em diferentes estações do ano, não necessitando esperar chuvas naturais; além de possibilitar futuras comparações.

Isto posto, este trabalho buscou caracterizar os principais usos da terra existentes no bioma de cerrado da região do Triângulo Mineiro (expondo os processos históricos que permitiram a ocupação do meio rural assim como a disseminação de certas culturas), visando exibir suas potencialidades de interação ao meio rural no quesito erosão, através da aplicação de eventos chuvosos por meio de um simulador de chuvas em parcelas de erosão, quantificando dados relativos à perda de solo, água e início do escoamento nos principais usos elencados. Integrando as diferentes partes que influenciam na dinâmica deste sistema, como solo, vegetação, declividade e umidade, exibindo as bases necessárias para aplicações de chuvas simuladas em estudos que se utilizam de simuladores de chuva em parcelas de erosão.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Este trabalho tem por objetivo a avaliação de perdas de solo e água em diferentes usos rurais representativos a região do Triângulo Mineiro, por meio do uso de simuladores de chuvas aplicados à estudos hidrogeomorfológicos. Demonstrando os procedimentos necessários para a construção, ajuste, calibração e aplicação em parcelas de erosão, possibilitando a aquisição de dados de forma mais precisa, capaz de produzir respostas sobre parte da dinâmica hídrica no solo, esperando assegurar maior confiabilidade e compatibilidade às chuvas naturais da região.

2.2 Objetivos Específicos

- Dimensionar e confeccionar um simulador de chuvas, móvel e com capacidade de replicar pluviosidades semelhantes ao natural com duração de ao menos 30 minutos;
- Confeccionar parcelas de erosão de 1m², dotadas de calha coletora capazes de serem utilizadas em diferentes tipologias de terreno e cobertura vegetal;
- Selecionar áreas representativas na área de estudo para realizar experimentos nos principais usos agrícolas da região do Triângulo Mineiro;
- Caracterizar o solo em suas características físicas nas áreas amostrais escolhidas para simulação utilizando simulador de chuvas;
- Mensurar e avaliar os dados de escoamento superficial, sedimentos e início do escoamento.
- Caracterizar a morfologia das plantas e expor sua relação com a precipitação;
- Analisar comparativamente os resultados de escoamento superficial, sedimentos e início do escoamento nos principais usos agrícolas.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 Relações Homem Solo

O solo por vezes é visto como mero constituinte da paisagem, entretanto é um elemento de extrema importância para humanidade, não apresentando apenas função de território ou de ancoragem aos demais elementos existentes nas diferentes paisagens. Foi por meio dos laços homem-terra que as primeiras sociedades obtiveram suporte para se fixarem e estabelecerem-se.

O solo é um dos componentes da fisiografia terrestre com maior repercussão, seja na fixação ou desenvolvimento das civilizações, com participação ativa na escolha das atividades a serem desenvolvidas, atendendo duas necessidades básicas do homem, a de habitação e alimentação (RATEZEL, 1980).

As feições geomorfológicas e os variados tipos de solo que as condicionam, constituíram de elementos importantes para o desenvolvimento de uma gama de civilizações. Permitindo através de sua utilização como *locus* de ocupação e uso de recursos, o desenvolvimento de atividades primárias, como a agricultura nas planícies de inundação do Nilo (civilizações egípcias) e do Tigre/Eufrates (civilização mesopotâmica), e de civilizações indígenas em Marajó no Brasil, Planície Costeira das Guianas e Lhanos de Moxos na Bolívia, (ERICKSON, 1995; ROOSEVELT, 2002; KAMPF e KERN, 2005; GIRÃO e CORRÊA, 2004).

Em uma abordagem pedológica, a gênese dos solos de várzeas esta ligada a sucessão de eventos deposicionais, constituídos de materiais retrabalhados à montante. A qualidade destes sedimentos impactam diretamente nas condições de fertilidade destes solos, podendo ser eutróficos ou distróficos, dependendo de sua localização topográfica, e da qualidade das águas e dos sedimentos que os inundam (VICTÓRIA et al., 1989; EMBRAPA, 1999; FAJARDO, SOUZA E ALFAIA, 2009).

Sendo assim a erosão é um processo natural de extrema importância, no qual uma superfície passa por desgaste oriundo de agentes externos, nos quais promovem a desagregação, arraste e posterior depósito das partículas (SILVEIRA, 1998; FERNANDES, 2011; DYONISIO, 2010). Por meio deste processo, tem-se a formação das paisagens, gênese e rejuvenescimento dos solos (CUNHA e GUERRA, 2003).

Apesar de natural, a ocupação antrópica acelerou os diferentes processos erosivos, em virtude do estilo de ocupação de algumas sociedades, as quais para

fixarem-se retiram a cobertura vegetal, na implementação de práticas sejam elas agrícolas ou de habitação.

No Brasil, o uso da terra remete ao processo histórico de ocupação, no qual desde a chegada dos colonizadores o solo foi utilizado intensivamente, até o limite de sua capacidade, e sempre com fins imediatistas (GIRÃO e CORRÊA, 2004). Partindo das grandes monoculturas de exploração comercial da cana-de-açúcar, algodão, gado, café, pimenta-do-reino, até a extração de minérios nas Minas Gerais, (STEDILE, 2005).

O espaço rural brasileiro passou por grandes reestruturações ao longo do tempo, e a intensificação de sua utilização como é vista nos moldes atuais, deu-se início nos anos de 1960-1970, após a incorporação da Revolução Verde no território nacional. Por meio de pacotes tecnológicos visando a máxima exploração do campo agrícola, a produção de insumos agroindustriais como tratores, herbicidas e fertilizantes químicos passou a ser adotada em larga escala no campo, possibilitando a utilização de terras antes improdutivas, disseminando a agricultura à áreas mais interioranas do país, empurrando a fronteira agrícola para espaços ainda preservados (MOREIRA, 2003).

Desde então, a agricultura tem papel relevante no cenário econômico brasileiro, tornando-se grande produtor agrícola e seus derivados. Destacando-se na produção e exportação de grãos, como soja, milho e café, além de expressivos volumes de suco de laranja, fumo, carnes de frango, suína e bovina (SCOLARI, 2006).

A utilização do solo nos modelos atuais se consolida em função da exploração do capital, onde as consequências do uso exacerbado e manejo incorreto podem acarretar em passivos irreversíveis. Em sua obra, Caseti (1995) deixa claro como a concentração do capital se apropria das potencialidades, e como os fins imediatistas não limitam sua exploração, pois seu consumo por vezes se faz de forma mais acelerada que a própria gênese dos recursos.

Os diferentes passivos são impostos ao solo, sejam estes perceptíveis ou não, geram um ônus de extrema dificuldade de cálculo, já que a perda não é somente econômica, mas também cultural e ambiental. O meio exibe uma teia de relações simbióticas, nas quais as complexidades das alterações vão além das perdas dos constituintes físicos do solo, pois qualquer modificação local acarretará em reflexos no todo.

As consequências do aumento das taxas de erosão podem ser compreendidas em estudos recentes, (PRUSK et al. 1997; ROSOLEN, CALONEGO E FOLONI, 2003; PANACHUKI et al. 2011; XU et. al. 2013; THOMAZ e SCHARRÓN, 2015; SPHOR et

al. 2015), indicando não somente o aumento nos custos de produção, mas também de passivos ambientais em grande escala, sejam *in situ* e para além, devido a dificuldade de gerenciamento do excedente erodido.

Desta maneira, o solo é visto como um mero componente da paisagem, onde por vezes sua devida importância não é dada. No geral, o que ocorre na prática, são medidas compensatórias para estabilizar processos já atuantes, onde o manejo não é realizado de forma preventiva, mas sim de forma mitigadora.

3.2 Ocupação do Cerrado do Triângulo Mineiro

A produção do espaço é reflexo do acúmulo histórico de seus usos, sendo influenciado diretamente pela disponibilidade de recursos e políticas públicas. Assimilar o processo histórico de formação do território produz bases para elucidar o contexto atual. No espaço rural esta lógica não se difere às demais, sendo assim o uso e ocupação de terras na região do Triângulo Mineiro foi condicionado pelas limitações tecnológicas, assim como incentivos fornecidos pelo Estado para apoderar-se destas áreas.

Brandão (1989) compreende quatro períodos chave para este processo: Ocupação, Expansão Comercial, Transição, e Diversificação Produtiva. No contexto do Brasil colônia, a ocupação do Triângulo fez-se basicamente pela busca de ouro, prata e diamantes (SOUZA, MOREIRA e PEDROSA, 2014). A região se inseriu no entroncamento de várias rotas, tornando-se ponto crucial para abastecimento de tropeiros e mineradores, tal fato conferiu estímulo para a gênese do comércio e das atividades que o subsidiaram, como a agricultura e pecuária ainda insipiente (MARTINS, 1998).

Os processos advindos desta configuração de ocupação continuaram a ter grande repercussão na região. A agricultura foi estimulada pelo desenvolvimento comercial, voltando-se para a exportação de alimentos para outras regiões. Permitindo, assim, a articulação destas atividades entre si, por meio do capital provindo da atividade urbana, com capacidade de subsidiar o crescimento e a modernização da atividade agrícola, integrando-a ao processo de produção (FREITAS E SAMPAIO, 1985; BRANDAO, 1989; MARTINS, 1998).

O processo histórico de ocupação das terras agrícolas do país se fez por meio de extensos latifúndios (ACQUA, 1976), porém grande parte destas propriedades não expunham total uso das terras, ou a produção se mostrava bem abaixo da capacidade produtiva. Visando melhorar a produção agrícola do país, duas diferentes correntes

emergiram neste cenário, uma defendendo a reforma agrária como ferramenta para possibilitar tal proposta, e outra embasada na adoção de pacotes tecnológicos, porém não tocando na questão fundiária (ZAMBERLAM, FRONCHET, 2001; ANDRADES e GANIMI, 2007).

O Estado optou por manter a estrutura do latifúndio, e a modernização se viabilizou as bases de pacotes advindos da Revolução Verde (ANDRADES e GANIMI, 2007). Desde então nenhuma política de distribuição de terras foi implementada de forma massiva, tendo reflexo direto na configuração das propriedades da região do Triângulo, caracterizadas por latifúndios.

Por meio da revolução verde e seus pacotes tecnológicos, a utilização de vastas áreas de cerrado passou a ser possível, seja pela implantação de tecnologias de cultivo ou disseminação de maquinário agrícola no campo, dando fim às limitações impostas pelo meio (ROSA, 1998). Com a criação do Programa de Cooperação Nipo-Brasileiro de Desenvolvimento Agrícola da Região dos Cerrados – o PRODECER, implementado através de capital japonês e brasileiro, financiou a ocupação do Centro oeste brasileiro. No Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba, abrangeu vários municípios, como Coromandel, Iraí de Minas, Guimarães, Nova Ponte, Unaí e Patrocínio (SANCHEZ e PESSOA 1987; SAN MARTIM E PELEGRINI, 1984).

O Estado teve papel fundamental de induzir a ocupação direcionada do cerrado, orientando os produtores rurais por meio de intervenções, como: crédito rural dirigido, assistência técnica seletiva, seguro contra riscos, incentivos fiscais e etc., produzindo um espaço condizente com as necessidades impostas (SALIM, 1986).

A região do Triângulo se mostrou estratégica para implementação deste plano devido sua posição geográfica favorável, também fruto do processo histórico de ocupação, situando-se na confluência de varias rodovias (OLIVEIRA, 2014), que possibilitam o direcionamento do fluxo, tanto de saída como recepção de produtos e insumos.

A agricultura moderna também possui necessidades específicas, como clima favorável e áreas de relevo suave. Desta forma, as características físico-ambientais da região também puderam propiciar ambiente adequado à expansão da produção agropecuária nos padrões da nova agricultura moderna (Silva, 2000).

Tais fatos conferiram a região do Triângulo Mineiro papel de relevância no cenário da produção agrícola, com atividades diversificadas e de ponta, com inserção da tecnologia seja no melhoramento genético ou nos meios de produção, capacitando o

campo a produzir de forma intensiva, tornando a região grande produtora de produtos agropecuários.

3.3 Categorias de uso da terra selecionadas

Como visto, a agricultura brasileira experimentou diversas fases ao longo do tempo, nas quais culminaram no sistema agrícola atual. A sistematização de áreas para produção moderna é regida basicamente pela demanda mundial, sendo assim, de acordo com as possibilidades, regiões acabaram por se tornar grandes produtoras de certos gêneros agrícolas, se especializando no cultivo de algumas culturas visando melhor respaldo em sua produção.

Ao especializar-se no plantio de certas culturas, a produção do espaço torna-se articulada, onde o meio rural e urbano comunicam-se de forma a dar suporte a tais práticas, diminuindo custos de produção, devido a maior oferta de serviços direcionados, como compra de insumos, assistência técnica, escoamento da produção e etc.

A produção agrícola da região do Triângulo-Mineiro (MG) apesar de diversificada exhibe algumas culturas de maior destaque, como soja, milho e café. As condições climáticas aliadas a topografias planas possibilitaram a implantação da agricultura de moderna, com inclusão de tecnologia nas lavouras, seja na melhoria das cultivares ou mecanização.

3.3.1 Cultura de Milho

O milho tem papel relevante no mundo atual, apresentando facilidade no plantio, crescimento rápido, grande produção de biomassa e alta palatabilidade, além de possuir grande versatilidade de usos (PAES, 2006). Tais fatos conferiram a cultura destaque no campo agrícola, sendo insumo para produção de uma gama variada de produtos.

EMBRAPA (2002) define o milho como uma planta domesticada, anual, robusta e ereta, que foi selecionada principalmente como produtora de grãos. Utilizado diretamente na alimentação humana, seja *in natura* ou por meio de subprodutos, o milho também é um dos principais componentes utilizados na base da cadeia produtiva animal, e amplamente empregado á processos industriais, onde seus derivados são aplicados em mais de 150 produtos (GAZOLA et al., 2014; BASI et al., 2011; STRAZZI, 2015).

Atualmente a produção brasileira de milho apresenta lugar de destaque no cenário mundial, sendo o terceiro maior produtor do grão (safra 2017/2018), estando atrás somente da China e EUA (USDA Nota: levantamento USDA da safra safra 2017/2018).

A produção atual é reflexo do processo histórico da cultura no Brasil, onde inicialmente era utilizada basicamente para consumo interno, pois as cultivares não apresentavam grande desempenho, aliado as baixas tecnologias empregadas no campo, expondo assim produção muito aquém.

Ao longo dos anos novas cultivares e tecnologias foram surgindo, permitindo que em um período de aproximadamente 50 anos houvesse pouca variação na área plantada, com crescimento de apenas 41,07%. Entretanto a produção apreciou elevado rendimento, 463% para o mesmo período, expondo aumento significativo da produção sem comprometer novas áreas de cultivo como visto no gráfico 1.

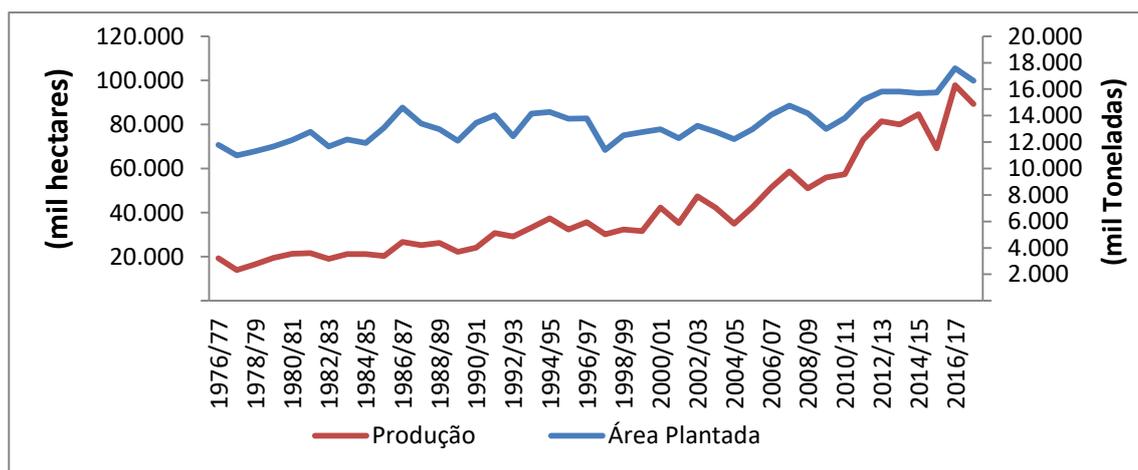


Gráfico 1- Linha historia da produção de milho e sua área plantada no Brasil Fonte: CONAB 2018.

Caldarelli e Bacchi (2012) exibem em seu trabalho como a cultura do milho encontra-se amplamente disseminada no Brasil, ocupando vastas áreas agrícolas no território nacional. O país tornou-se grande produtor e exportador do grão, devido ao fato de sua produção estar ligada historicamente a ocupação de novas áreas, principalmente após a revolução verde, sendo integrado diretamente na cadeia industrial, econômica e estratégica país (EMBRAPA, 2006; CRUZ et al., 2006, ANDRADES e GANIMI, 2007; MACHADO et al. 2008). Sua grande produção é reflexo direto tanto do melhoramento genético como de técnicas de manejo aprimoradas

(MIRANDA et al., 2003), além da utilização de vastas áreas de cultivo (CALDARELLI e BACCHI, 2012).

3.3.2 Cultura de Soja

Uma das culturas de maior expressão mundial, a soja (*Glycine max* (L.) Merrill) é utilizada em vários setores da sociedade, apresentando grãos com elevados índices de proteína, sendo a base de vários produtos (Freitas, 2011). Na agroindústria se apresenta como base para produção de rações voltadas à alimentação animal, além de ser utilizada em amplos processos da indústria química e de alimentos, (COSTA NETO e ROSSI, 2000).

Demonstrando produção altamente tecnificada, com a sistematização de grandes áreas para sustentar a presença de maquinários (KIIHL e GARCIA, 1989). A cultura exige manejo intenso no controle de doenças e pragas, demanda alto grau de intervenção, sendo necessário acompanhamento intenso (HOFFMANN et al., 2000).

Atualmente a cultura da soja apresenta maior área plantada no território brasileiro (CONAB 2018), commodity estratégica para o país atuou fortemente na incorporação de novas áreas para a agricultura moderna. Com surgimento de novas cultivares e técnicas de plantio, a soja antes restrita ao sul do Brasil passou a atuar como ferramenta de ocupação do cerrado na região do Centro-Oeste (LUDWIGI et al. 2010; FREITAS, 2011).

O Brasil se destaca como segundo maior produtor mundial do grão, com produção de 116,996 milhões de toneladas CONAB (maio/2018), ficando atrás somente dos EUA com produção de 119,518 milhões de toneladas USDA (24/05/2018). Entretanto cabe ressaltar que a área plantada no Brasil é 3,11% inferior, demonstrando maior rendimento nas lavouras nacionais.

O consumo interno de 59,000 milhões de toneladas (CONAB – 05/2018) gera um excedente para exportação de aproximadamente 58 milhões de toneladas do grão. Segundo dados da Agrostat, o total exportado no ano de 2018 chega a US\$ 31,7 bilhões, tornando se cultura de extrema relevância no cenário econômico do país.

De 1976 até os tempos atuais, a soja expos aumento de aproximadamente 5 vezes em sua área plantada, com crescimento ainda maior em sua produção (963%) CONAB 05/2018 (Gráfico 2). Demonstrando assim, que o aumento da produção não se fez apenas pelo incremento de novas áreas, mas também na melhoria das técnicas de manejo e cultivares.

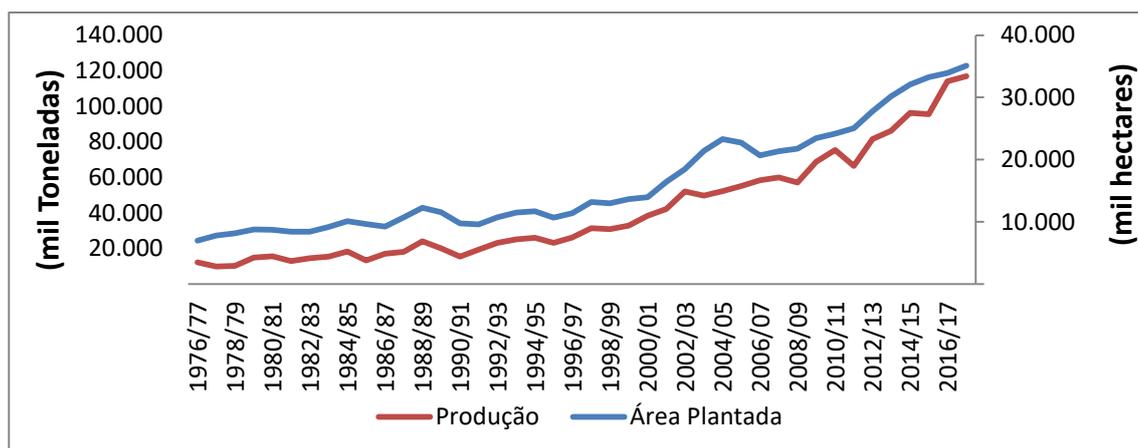


Gráfico 2- Linha historia da produção de soja e sua área plantada no Brasil Fonte CONAB 2018

3.3.3 Cultura de Café

A cultura do café se faz intrinsecamente ligada ao processo de formação do território brasileiro, planta originaria da Arábia chegou ao Brasil por meio das grandes navegações e foi se disseminando ao longo do litoral, com produção inicialmente reduzida foi se alastrando até ocupar toda a região do Vale do Paraíba (SIMONSEN, 2005).

Tornou-se uma cultura itinerante, pois o manejo adotado os moldes europeus sobre a cultura plantada em clima tropical, especialmente em declives acentuados, produziram passivos ligados à erosão, levando ao depauperamento do solo e inviabilizando qualquer outro tipo de cultivo, devido às limitações da época (TAUNAY 1939).

Com a popularização da cultura, grandes proprietários de terra se tornaram os Barrões do Café, produzindo uma articulação do território por meio da criação de estradas e ferrovias, com intuito de interligação das propriedades rurais ao litoral, para escoamento da safra para exportação, estabelecendo o modo de ocupação que se fundamentou na oligarquia cafeeira (GOMES e FERREIRA, 1989).

O cultivo da cultura passou por grandes mudanças ao longo do tempo, permitindo o Brasil se consolidar como maior produtor de café do mundo, com produção aproximada de 2.421.477 toneladas do grão no ano de 2006 (IBGE). Deste total, 53% da produção foi expressa pelo Estado de Minas Gerais, expondo a relevância da cultura para a agricultura da região.

Nos últimos 10 anos o setor apresentou redução de 14% na área plantada, entretanto, mesmo com esta redução considerável, a produção do grão aumentou 26 %

(Gráfico 3). Resultado de condições ideais de cultivo, com melhores técnicas no setor de produção, principalmente na adoção de colheitadeiras automáticas.

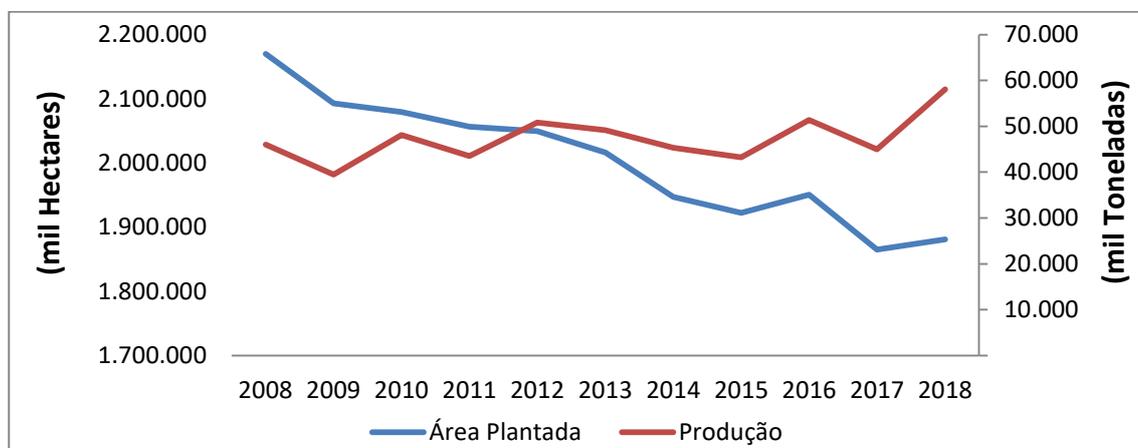


Gráfico 3- Linha historia da produção de Café e sua área plantada no Brasil Fonte CONAB 2018.

O implemento da cultura mecanizada aliado ao clima favorável, permitiu ao cerrado do Triângulo Mineiro se fundamentar como região de grande produção do grão. Sendo que as principais cidades produtoras do país localizam-se nas proximidades de Uberlândia, como Patrocínio, Monte Carmelo, Araguari e Patos de Minas, refletindo a importância da cultura para região.

3.3.4 Pastagem

A pecuária no Brasil iniciou-se juntamente com o processo de ocupação do território. Logo após a chegada dos portugueses, os primeiros espécimes de bovinos foram transferidos para território nacional (ano de 1533), visando dar suporte à exploração do ambiente até então desconhecido, seja por força de trabalho ou como fonte genitora de alimento (SILVA, BOAVENTURA e FIORAVANTE, 2012).

No Brasil a criação de bovinos sempre esteve ligada à fronteira exploratória do território, utilizada como atividade primária na ocupação de novas áreas, disseminou-se de forma expressiva e rápida, pois diferentemente da agricultura, que na época não apresentava soluções para utilização dos solos de cerrado, a pecuária não demandava muita técnica, devido a presença de pastagens nativas, que apesar de pouco nutritivas, foram capazes de dar suporte à atividade (SILVA, BOAVENTURA e FIORAVANTI, 2012).

Atualmente, o Brasil ocupa a posição de segundo maior produtor mundial de carne (dados USDA 2017) e quinto maior produtor de leite (FAO, 2017), com 95% do rebanho criado a pasto, principalmente de forma extensiva em propriedades que se diferem quanto ao tamanho e tipo de produção (RIVEIRO et. al 2009; ARAUJO et. al 2017).

Bovinos por serem animais ruminantes, desenvolveram ao longo da historia estratégias anatômicas, fisiológicas e nutricionais que os tornaram herbívoros extremamente eficazes, devido ao sistema digestivo complexo que apresenta alta digestibilidade de alimentos fibrosos, permitindo a estes animais terem uma dieta variada de forragens, especialmente gramíneas, que compõem grande parte de sua alimentação (CLAUSS et al. 2010; PAULINO et al. 2013).

A quantidade assim como a qualidade das pastagens se distribui no território nacional de forma heterogênea, apresentando singularidades que variam muito de propriedade para propriedade (CARVALHO, CARNEIRO e STOCK 2006). Diversos tipos de espécies de gramíneas foram inseridas no campo brasileiro visando melhor adaptação e exploração dos solos de cada região, almejando o ganho de peso e produção dos animais (EUCLIDES et. al 2003).

As pastagens apresentam estruturas diferentes, as quais variam seja no tempo ou espaço (REAGAIN e SCHWARTZ, 1995), tornando impossível generalizar fatores que refletem diretamente na proteção do solo, como densidade, biomassa e cobertura.

A estrutura da pastagem tem reflexos diretos tanto na qualidade quanto cobertura do solo, e é determinada pela razão entre a biomassa e sua distribuição espacial em uma determinada área (CARVALHO et. al 2001). Vários são os fatores que contribuem para variação da estrutura, sendo os mais importantes condicionados por variáveis morfogênicas de cada espécie (NABINGER, 1997).

Entretendo fatores como idade da vegetação, numero de folhas expostas, clima, solo, manejo e o arranjo da parte aérea das plantas dispostas em comunidade tem reflexos diretos nas variáveis morfogênicas (LACA e LEMAIRE, 2000; CARVALHO et. al 2001).

Por estarem amplamente disseminadas nas propriedades rurais brasileiras, as pastagens possuem grande impacto nas relações simbióticas ao meio, pois o manejo adotado para esta atividade por vezes se faz com a retirada quase completa da vegetação nativa, para posterior substituição por biomassa provinda de gramíneas. Desta forma

torna-se importante o conhecimento da interação desta atividade com o meio, visando subsidiar melhores técnicas de proteção ao solo.

3.3.5 Estradas

Estradas são utilizadas desde os primórdios das civilizações, e têm como objetivo principal o deslocamento de pessoas e de cargas (OLIVEIRA et al. 2009). São entendidas como elementos geográficos (de forma linear) presentes principalmente nas paisagens rurais (KERNISKI e CUNHA, 2014).

Essencialmente são caracterizadas por não possuir pavimentação, comumente intituladas de estradas de terra ou de chão (ODA et al., 2007). São de extrema importância para o meio rural e por consequência o urbano, pois por meio destas se efetiva o traslado de uma variedade de cargas e serviços essenciais, como escoamento de safra, interligação de comunidades rurais, acesso às propriedades e a serviços básicos como saúde, educação e lazer, sendo o principal meio de confluência entre o rural e urbano (MACHADO et al. 2003; OLIVEIRA et al. 2009; CUNHA, 2011; KERNISKI e CUNHA, 2014).

Para sua confecção é necessário a retirada da cobertura vegetal, dimensionamento lateral para passagem do tráfego, movimentação do solo, compactação de seu leito, e por vezes adição de seixos como cascalho e/ou rochas granuladas na camada superficial de rolagem (DADALTO et al. 1990). Promovendo assim pavimento capaz de suportar diferentes tipos de usos.

Contudo, o processo de construção das estradas aliado à seus usos, acaba gerando ambiente propício para gênese de passivos, especialmente em estradas inseridas em ambiente tropical. Com capacidade de interceptar e concentrar fluxos de água provinda de chuvas, geram enxurradas capazes de desencadear processos erosivos em todas escalas, como erosões laminares e até lineares (FUJIHARA, 2002), comprometendo aspectos estruturais e por consequência afetando até a capacidade de desempenhar suas funções.

Se tratando do ambiente de estradas, a erosão do solo apresenta consequências não somente *in situ*, mas também em áreas marginais e até mesmo distantes. Como exposto por Forsyth et al. (2006) e Enriquez et. al (2015) influenciam diretamente nos processos hidrológicos, iniciando pela interceptação direta das gotas de chuva por meio de toda sua extensão; onde as baixas taxas de infiltração de água no solo evidenciadas por sua compactação, promovem volumes maiores de escoamento superficial e em

grande parte dos casos à concentração do volume escoado em áreas adjacentes ao canal de drenagem da estrada.

Isto posto, além de dificultar o tráfego, o processo erosivo pode vir a afetar áreas adjacentes a estrada, como áreas de pastagens, culturas ou habitações, contribuindo ainda mais para os quadros de assoreamento de recursos hídricos assim como sua poluição, afetando diretamente nas condições de vida aquática, além de expor qualidade inferior da água para usos, sejam eles humano ou não (MACHADO e SOUZA, 1990; ELLIOT, FOLTZ e LUCE, 1997; GARCIA et al. 2003; ENRIQUEZ et al. 2015).

3.4 Potencial de Produção de Passivos

Os fatos expostos conferem a estes usos grande interação ao meio rural devido a sua grande dispersão no campo, com potencial elevado na produção de passivos diretos ao ambiente *in situ* e arredores. Isto posto, a degradação dos solos tem sido motivo de preocupação relatada em diversos estudos (BERTONI 2008, PINESE, CRUZ e RODRIGUES 2008; CUNHA, THOMAZ e VESTENA 2013; COSTA, BARCELOS E RODRIGUES 2014). Dentre os tipos de degradação, a erosão dos solos pode ser agravada quando a cultura é manejada de forma inadequada, ocasionando aumento na perda de solo nos horizontes mais superficiais, carreando consigo a camada mais fértil do solo, constituída de matéria orgânica e microrganismos simbióticos às plantas (MORI et al. 2009; BEZERRA e RODRIGUES, 2006).

Por se tratar de atividades de grande relevância, aliada à distribuição por todo território, estudos que visam compreender sua dinâmica com a paisagem se tornam necessários, principalmente pela grande complexidade e heterogeneidade das situações encontradas nas diferentes localidades.

3.5 Erosão

Pode-se dizer que a erosão é um dos problemas mais graves na escala de degradação, pois geralmente provoca impactos irreversíveis ao ambiente, constituindo um dos fenômenos naturais e antrópicos mais limitantes à ocupação do território devido à degradação dos solos.

A erosão pode ser definida como processo mecânico sobre o solo, atua sobre a superfície e em profundidade nas condições físicas naturalmente relevantes, processo

acentuado pela ação catalisadora do Homem (GUERRA, SILVA E BOTELHO, 2005) . Traduz-se na desagregação, transporte e deposição de partículas do solo, subsolo e rocha em decomposição, onde a desagregação consiste na separação das partículas de solo, tanto pela ação de impacto das gotas, quanto pela ação cisalhante do escoamento originado da chuva (MAGALHAES, 2001; PINESE, CRUZ e RODRIGUES, 2008)

O processo de transporte se efetua pela ação desagregadora da colisão direta das gotas no solo (salpicamento) quanto pela enxurrada, que pode ser maior em terrenos inclinados. A ultima etapa deste processo se faz pela deposição do material transportado, ocorrendo quando a carga de sedimentos na enxurrada é maior do que sua capacidade de transporte (PINESE, CRUZ E RODRIGUES, 2008; VOLK, 2006).

Em meio a tantos passivos acometidos pela ação da erosão, provavelmente o mais nocivo seja a própria perda de solo, uma vez que o processo natural de formação dos solos demanda um período longo de tempo, no melhor dos casos leva décadas para formar uma camada de solo de 1 cm de espessura (BENNETT, 1995).

Além da perda do solo em si, a erosão promove o depauperamento dos solos com a perda de nutrientes, (BERTOL et al. 2003; GUERRA, SILVA e BOTELHO, 2005) diminuindo a produtividade agrícola (GUADAGNIN et al. 2005).O Fluxo superficial quando direcionado a áreas adjacentes, pode vir a sedimentar mananciais além de promover sua eutrofização, afetando a ictiofauna.

Segundo PRUSKI (2006) à medida que a água não consegue infiltrar no solo, inicia-se a formação do escoamento superficial difuso, que, conforme o ganho de energia torna-se linear, por ser capaz de criar incisões na superfície do terreno (GUERRA, 1999). As incisões tendem a se aprofundar, ampliar suas dimensões, dando origem a sulcos mais aprofundados, ravinas, e, nas condições ideais, transformar-se em voçorocas (FILIZOLA et al. 2011).

A quantificação das perdas de solo, a identificação dos fatores naturais /antrópicos e também dos processos da dinâmica atual do relevo que as provocam, constituem um conhecimento científico que pode contribuir para a implementação de práticas que permitam a preservação e o uso sustentável do solo.

Dentre os fenômenos erosivos que atingem o solo, ou mais propriamente, o manto de intemperismo, destaca-se a erosão hídrica do solo pela água da chuva, que é condicionado pelos fatores chuva; solo; topografia; cobertura; manejo e práticas conservacionistas de suporte (HUDSON, 1977), a qual age de duas formas distintas. Numa delas o ataque da água atinge o solo na superfície, desagregando-o, facilitando

desse modo, o transporte das partículas menores. Na outra forma, a ação verifica-se não só na superfície, como também em subsuperfície, numa determinada porção do perfil, isto é, afetando uma massa de material inconsolidado (BIGARELLA, 2003).

3.6 Movimento da Água

A água como fluido se predispõe a atingir localidades cada vez mais baixas do terreno, no geral move-se de acordo com as condições que lhe são impostas e tende a se concentrar. Vários são os fatores que influenciam neste movimento, a quantidade de água; o tipo de solo e suas características; tamanho e inclinação do terreno; volume precipitado e intervalo de tempo; saturação do solo e barreiras físicas, como cobertura vegetal; todos estes fatores tem função direta no movimento da água na superfície terrestre (MOREIRA, 2003; TRICART, 1977; WISCHMEIER, 1959).

A precipitação em forma de chuva é a principal fonte de distribuição da água na superfície terrestre, através de sua ocorrência a água é transportada a varias localidades do globo em diferentes quantidades. Ao precipitarem as gotículas de água atingem o solo, e após este contato inicial tentem a penetrar por entre os poros existentes na superfície, a quantidade e tamanho destes poros influência na capacidade de infiltração e retenção de água neste solo (REZENDE, 1997).

A percolação da água se promove no solo expulsando o ar presente e ocupando os espaços vazios, até certo limite conhecido como capacidade de campo. O fato é que a capacidade de campo é expressa de acordo com cada solo, apresentando variações entre tais (SOUZA e REICHARDT, 1996).

Quanto mais saturado está o solo maior a dificuldade para água infiltrar, havendo então a concentração de água na superfície, promovendo o escoamento superficial para áreas cada vez mais baixas, o tipo de relevo pode auxiliar na concentração cada vez maior do escoamento, podendo gerar fluxos de alta energia cinética e poder erosivo.

3.7 Agentes Envolvidos na Dinâmica da Água

A simulação de chuvas com intuito de aquisição de dados se baseia no fornecimento de água nos moldes de diferentes tipos de precipitação, pois a água é o principal agente esculpidor do relevo em áreas tropicais. Cabendo destacar que a chuva

não é o único agente controlador do escoamento superficial e erosão dos solos, pois o princípio de sistema se integra nesta ocasião.

Segundo POTT e MARIA (2003), vários fatores condicionam o movimento de água no solo, sendo inerentes ao próprio, como: a porosidade, a densidade do solo, a cobertura do solo, a textura e o grau de agregação do solo, o selamento superficial, e também por fatores externos, como a erosividade da chuva, e as características da vertente, umidade inicial, matéria orgânica, estrutura e a variabilidade espacial do terreno e práticas gerais realizadas pelo homem.

3.7.1 Vertente

A vertente pode influenciar no processo erosivo de acordo com seus elementos geomorfométricos, sendo eles o comprimento; forma e declividade (SANTOS E LEMES, 2007). De acordo com Cunha (1991) a vertente tem influência direta na dinâmica hídrica da água no solo, podendo favorecer a maior interceptação da água proveniente das chuvas, produzir maiores volumes de escoamento superficial além da possibilidade de concentrá-los, multiplicando seu poder erosivo.

No geral, vertentes muito íngremes tendem a não favorecer a retenção de água no solo, gerando fluxos superficiais com facilidade e com maior cinética, conseqüentemente aumentando o poder erosivo, até mesmo sob eventos chuvosos de baixa intensidade (VITTE e MELLO, 2007).

A posição na vertente também deve ser levada em conta, visto que nas porções mais baixas do terreno, o escoamento se faz como resultado da concentração dos volumes à montante, sendo assim, as porções mais próximas ao topo produzem menores volumes escoados se comparados às partes mais inferiores (BERTONI e LOMBARDI, 1990).

3.7.2 Cobertura Vegetal

A cobertura vegetal tem grande atuação nas taxas e formas dos processos erosivos, sua estruturação influencia diretamente na dinâmica água/solo. No geral favorecendo a infiltração da água de chuvas pela ação da cobertura foliar, que amortece parte da água que atingiria o solo através da interceptação das folhas, liberando lentamente a água para a superfície do solo (PINESE, CRUZ E RODRIGUES, 2008).

Outro fator contribuinte da vegetação são as raízes, que abrem caminho para a água descendente no solo. O sistema radicular das plantas ao aprofundarem-se nos horizontes mais profundos, criam passagens preferenciais para o movimento da água, consequentemente aumentando a taxa de infiltração.

De acordo com Tricart (1977), a vegetação colabora fortemente para o equilíbrio do ecossistema de maneiras diferentes, com a interceptação das precipitações com o efeito de sua rugosidade, evitando assim a desagregação do solo; sendo barreira para o escoamento superficial e sombreamento da superfície, tendo grande importância no balanço hídrico, principalmente em áreas densamente vegetadas (OLIVEIRA et al., 2008), pois interrompe o impacto direto das chuvas no solo através e absorve parte deste volume temporariamente, dando oportunidade de ser redistribuída, em água que cai livre no solo, água que escoar pelo tronco e a água que evapora, voltando assim para a atmosfera.

A retenção da água pela vegetação através do armazenamento da própria planta também contribuiu para um “estocamento” momentâneo de água, que após o fim das chuvas a água retida é liberada de forma mais lenta, conhecida como chuva secundária, influenciando na redistribuição da água da chuva (RESENDE et al, 1995).

A vegetação forma um sistema de amortecimento, redirecionamento e retenção das gotas que chegam ao solo, afetando a dinâmica do escoamento superficial e processos de infiltração, favorecendo o abastecimento das águas, reduzindo a variação de vazão ao longo do ano, além do retardamento dos picos de cheia (OLIVEIRA JÚNIOR e DIAS, 2005).

Com a presença de plantas, grande quantidade da água absorvida do solo é transpirada, consequentemente reduzindo sua umidade, contribuindo para o aumento das taxas de infiltração e a redução do volume de escoamento superficial (BARROS et al., 2009). Além dos benefícios também apontados por Bertoni e Lombardi Neto (2010), que destacam o aumento da capacidade de retenção de água pela estruturação do solo por efeito da produção e incorporação de matéria orgânica, enfatizando que a cobertura vegetal é a defesa natural de um terreno contra a erosão.

3.7.3 Erosividade

A erosividade, segundo Hudson (1977) se traduz na capacidade da chuva em causar erosão, variando de acordo com total precipitado, a sua intensidade, o tempo, o momento e sua energia cinética. Se tratando de climas tropicais, tem-se a variação

sazonal as pluviosidades, além de episódios anômalos, com presença de elevados volumes precipitando (THOMAS, 1994).

A partir do senso comum, é natural pensar que um grande volume de chuvas vá resultar em maiores taxas de erosão, entretanto, este parâmetro observado de maneira isolada pode induzir a falsas conclusões. O elevado volume precipitado quando bem distribuído pode resultar em menor perda de solo, se comparado em condições ambientais semelhantes, a menores volumes com maiores intensidades (PRUSKI, 2006), sendo assim, é natural que haja baixa correlação entre perdas de solo em função da precipitação total (GUERRA, 1994).

O tamanho de gotas também possui grande relevância neste contexto (WISCHEMEIER e SMITH, 1958, apud GUERRA, 1998), pois quanto maior o seu tamanho, maior o potencial de desagregar o solo no momento do impacto final à superfície.

Outra preponderante que envolve a erosão hídrica, diz respeito ao padrão hidrológico (avançados, intermediários e atrasados), sendo caracterizados pela localização do pico de maior intensidade dentro da própria pluviosidade, seja no (primeiro terço), meio (segundo Terço) ou fim (terceiro terço) do período de duração da chuva (HORNER e JENS, 1942; CASSOL et al. 2008; SANTOS e MONTENEGRO, 2012).

Segundo Cassol et al. (2008), quando em mesmas condições de volumes precipitados, intensidade do pico e duração, as chuvas de padrão hidrológico atrasado geram maiores danos ao solo, acentuando o processo erosivo, pois o pico de maior volume ocorre próximo ao fim da precipitação. Momento este que o solo encontra-se com maior umidade e por consequência menores quantidades de espaços vazios capazes de promover a infiltração. Porém quando analisado apenas o potencial erosivo da chuva, caracteriza-se a erosividade como uma função potencial da intensidade de precipitação, (PRUSKI, 2006).

3.7.4 Erodibilidade

A erodibilidade dos solos representa a sua suscetibilidade em resistir aos processos erosivos (MORGAN, 1986). Segundo o próprio autor, vários são os fatores que afetam a erodibilidade, dentre eles podemos citar a textura, densidade aparente, porosidade, teor de matéria orgânica, teor e estabilidade dos agregados e pH do solo. A

erodibilidade não é uma propriedade estática ao longo do tempo, o uso e ocupação do solo e práticas de manejo podem influenciar na modificação da mesma.

Apesar de a chuva ser um dos principais agente erosivos, é impossível relacionar as perdas de solo apenas com as variáveis pluviométricas, as características do solo possuem papel determinante, pois diferentes classes de solo apresentam maior ou menor potencial de serem erodidos, e a isto é dado o nome de erodibilidade. A combinação entre as possíveis características físico/químicas do solo vão afetar de diferentes formas a suscetibilidade destes em relação aos processos erosivos.

3.7.5 Estrutura

Segundo Reinert e Reichert (2006) a estrutura é caracterizada pelo agrupamento e organização das partículas do solo traduzidas na forma de agregados, relacionando estes em um dado volume, e de igual importância, a presença de poros estimados em pequenos, médios e grande consolidam a formação tridimensional da estrutura do solo.

Ainda segundo o autor, a estrutura é avaliada pelos atributos que dão forma ao solo, como, densidade do solo; geometria, tamanho e continuidade de poros; infiltração; retenção de água e aeração. O arranjo das partículas em forma de agregados condicionam os movimentos de água no perfil, pois incide de forma direta na compactação, selamento e aeração, conseqüentemente à suscetibilidade do solo a erosão (PINESE, CRUZ e RODRIGUES, 2008).

A condição estrutural é dada no processo de gênese do solo, entretanto processos antrópicos podem vir a mudar totalmente esta condição, especialmente na sistematização de áreas voltadas à agricultura, com presença de implementos agrícolas capazes de revolver os horizontes superficiais (IVO e MIELNICZUK, 1999).

3.7.6 Textura

O solo é composto de partículas e minerais heterogêneos, a relação entre a granulação destes minerais refere-se à textura do solo, correspondendo diretamente a proporção de areia, silte e argila em determinada massa de solo(EMBRAPA, 1997).A distribuição destas partículas incide diretamente na dinâmica hídrica do solo, seja no movimento de infiltração, escoamento ou retenção de água no perfil, por meio dos macro e micro poros (KLEIN et al. 2010).

Albuquerque, Sangoi e Ender (2001) indicam que a textura influi nos processos de compactação, pois modifica várias propriedades do solo, como a relação do tamanho dos poros, retenção de água, densidade do solo e resistência crítica à penetração.

E se tratando de produção de escoamento, no geral solos de textura mais fina, que apresentam maiores proporções de partículas de argila, tendem a produzir maiores volumes de escoamento superficial, entretanto possuem maior capacidade de retenção da água no perfil (MONTENEGRO A. e MONTENEGRO M., 2005).

A textura está intimamente ligada às taxas de infiltração de água, aeração, capacidade e retenção de água no solo, porém a estrutura das partículas é quem determina realmente tais fatores, pois o modo com que as partículas se organizam no solo influencia na formação de poros e conseqüentemente na dinâmica hídrica do solo.

3.7.7 Porosidade

A porosidade é reflexo direto de outras propriedades do solo, a estrutura e textura. Se efetiva pelos espaços volumétricos existentes entre as frações sólidas do solo, ou seja, volumes ocupados por ar e ou água, determinados pelo arranjo e geometria das partículas, diferindo quanto à forma, comprimento, largura e tortuosidade.

A distribuição do diâmetro dos poros condiciona o seu comportamento físico-hídrico (KLEIN e LIBARDI, 2002). Desta forma, a porosidade representa a porção de maior dinâmica do solo, pois através dos espaços vazios a água e o ar tem capacidade de movimentação, solubilizando elementos e os distribuindo-os ao longo do perfil (HILLEL, 1970).

O diâmetro dos poros assim como sua distribuição tem grande relevância no movimento da água, pois de acordo com os calibres expostos, diferentes movimentos e velocidades são impressas ao líquido. Classifica-se a porosidade em classes referentes ao tamanho, entretanto na literatura existem divergências nos tamanhos, para Kiehl (1979) os macroporos são portadores de diâmetro maior do que 0,06 mm, já os microporos, detentores de diâmetro menor que 0,06 mm.

A porosidade reflete diretamente na fertilidade do solo, pois tem relação direta com vários processos que a influem, seja na drenagem da água assim como sua retenção no perfil, crescimento de raízes, trocas de gasosas e variação da temperatura (REZENDE, 1997).

Solos arenosos no geral possuem maiores volumes de poros, especialmente os macroporos, porém solos argilosos quando bem estruturados também podem expor volumes grosseiros de macroporos, estando a estrutura intimamente ligada a espacialização e volume da porosidade (EMBRAPA, 2003).

3.7.8 Densidade

Divide-se a densidade em dois tipos básicos, conhecidos como Densidade Aparente ou Global e Densidade de Partículas. As duas formas estimam a massa de solo em determinado volume. Para densidade de partículas, apenas o volume dos sólidos de um dado volume é computado, já para densidade global são considerados além das partes solidas, também os espaços vazios.

A densidade aparente é mutável, pois a mesma é reflexo direto de outras variáveis, como a estrutura do solo e sua compactação, diferente disto, a densidade de partícula se mostra mais estável, sendo reflexo direto da parte sólida do solo e seus constituintes, como minerais herdados da rocha matriz e a matéria orgânica (REINERT e REICHERT, 2006).

O conhecimento da densidade visa a compreensão dos movimentos de infiltração de água no perfil, pois solos compactados no geral favorecem o escoamento superficial, devido a baixa infiltração de água no perfil (LEITE, 1994; ALVES, SUZUKI e SUZUKI, 2007).

3.8 Infiltração de Água no Solo

A infiltração é dada pela ação de movimento da água no perfil do solo, especialmente no transpasse da superfície até camadas mais profundas, podendo ser estimada pela quantidade de água que atravessa uma unidade de área da superfície do solo por unidade de tempo (PANACHUKI, 2003).

As taxas de infiltração variam de acordo com os constituintes físicos do solo e seu arranjo, além das condições de umidade antecedentes. Ao longo da precipitação solos produzem variados volumes escoados, entretanto tende a partir de certo momento, expor volumes constantes, nomeado de infiltração estável, período em que os poros são preenchidos dificultando a percolação da água no perfil (LIBARDI, 1995).

3.9 Perdas de Solo e de Água

O escoamento superficial tem por gênese a incapacidade do solo em absorver a água provinda da precipitação, seja pelas condições estruturais do solo, ou pelo excesso de precipitação. Dentre os fatores que influenciam na formação de fluxos superficiais destacam-se a intensidade; duração da precipitação; precipitação antecedente; assim como fatores fisiográficos: tamanho e forma da área; topografia; declividade e cobertura vegetal;

A relação entre o volume escoado sobre a superfície do terreno e o volume precipitado é conhecida por varias nomenclaturas, como Coeficiente de Escoamento superficial, ou coeficiente de Runoff. A partir deste coeficiente torna-se possível correlacionar as diferentes precipitações e como se comportam, expresso pela equação:

$$C = Va/Vp$$

Onde:

C - Coeficiente de Escoamento

Va - Volume de água escoado superficialmente

Vp - Volume precipitado

As consequências do escoamento vão muito além da própria erosão, pois apesar de haver o desprendimento de partículas do solo, a água após contato com o terreno se torna solução d'água, carreando bases solúveis às demais áreas de deposição. Todo fluxo superficial não infiltrado se transforma em água escoada, que se esvai do sistema afetando diretamente a recarga do lençol freático, conseqüentemente a disponibilidade posterior aos cursos d'água.

3.10 Tensiômetros

O tensiômetro fornece o potencial ou a tensão de água no solo, ou seja, de forma indireta realiza medições de umidade no solo. A dinâmica da água no solo se relaciona diretamente com o conceito de potencial matricial, podendo ser entendido como resultado de forças capilares e de adsorção que surgem devido à interação entre a água e as partículas sólidas do solo (REICHARDT, 1985). Tais forças possibilitam a retenção

de água no solo, aderindo-a entre os poros diminuindo sua energia potencial com relação à água livre.

O potencial matricial pode auxiliar em estudos na compreensão da dinâmica hídrica no solo, determinando o grau de saturação presente em diversas profundidades. De acordo com a saturação mudanças no comportamento hídrico são percebidas, menor será a capacidade da água em se infiltrar e mais rápida será a geração do escoamento superficial. De acordo com Guerra (1991), o escoamento superficial ocorre quando o solo se torna saturado, e sua capacidade de infiltração na superfície do solo é excedida e não consegue mais absorver água.

3.11 Simuladores

A obtenção de dados em campo é complexa e de extrema importância sendo fundamental para aquisição de informações condizentes com a realidade, porém alguns fatores podem influenciar no tempo e custos de execução destes experimentos. Uma das alternativas para a manipulação das chuvas é a utilização de simuladores pluviométricos, favorecendo a diminuição do tempo do estudo, repetição de testes e até escolha da intensidade. Tais vantagens excluem a variável chuva natural, possibilitando a utilização e comparação de informações obtidas sob mesmas condições.

No geral simuladores de chuva tem dimensões variadas, se diferenciando no tamanho, área afetada, tipo de chuva e forma, podendo ser estabelecidos em ambiente de laboratório e a campo, cada qual escolhido de acordo com as possibilidades dos estudos a serem produzidos.

A preocupação maior se limita a reproduzir de forma mais fiel a chuva natural (CONFESSOR E RODRIGUES, 2018). Para tal deve-se preocupar com o tamanho das gotas e sua distribuição espacial, e que possua altura suficiente para que as gotas de água atinjam o solo na velocidade correspondente ao natural.

Como Morgan (2005) e Guerra (1991) destacam, as principais críticas existentes nos simuladores estão principalmente na dificuldade de seu manuseio, pois alguns modelos devido ao tamanho, peso e manutenção tornam seu uso limitado. Outro fator a ser considerado é a utilização em demasia de água, sendo necessário um estoque considerável para que os experimentos se concretizem.

O vento também pode afetar a qualidade e a possibilidade de realização de alguns ensaios, devido à altura o contato da chuva simulada pode não condizer com a área de testes, limitando seu uso em dias de muito vento.

Para cada limitação existem simuladores capazes de sanar tais problemáticas. A inserção de simuladores em laboratórios eliminam o fator ambiente externo, e a existência de simuladores de porte menor e mais eficientes, possibilitando sua utilização à campo. A problemática da grande necessidade de água também é sanada em parte com a redução da área molhada, gerando uma redução considerável no volume de água necessário para realização de simulações.

A possibilidade de replicar ensaios, velocidade de execução de testes, escolha da intensidade da chuva, tamanho de gotas, possibilidade de deslocamento a campo, controle de variáveis como vento e forma da chuva, possibilitam o uso de simuladores em varias formas de estudo, produzindo dados relevantes e confiáveis, devido ao acompanhamento das variáveis e similaridade da precipitação natural.

3.12 Efeito do Vento no Processo de Simulação de Chuvas

São vários os fatores que contribuem para amostragens precisas em estudos erosivos, podendo estes influenciar diretamente em distorções dos dados obtidos. Simuladores de chuvas são utilizados há tempos para compreensão da dinâmica erosiva, com intuito de produzir dados de forma rápida e com possibilidade de réplica, além da alteração dos volumes precipitados.

A variedade de equipamentos presentes na literatura da suporte aos mais variados estudos, podendo estes estarem inseridos em ambiente laboratorial ou de campo. Trabalhar com simuladores em laboratório permite não somente ter controle da precipitação, mas também de outros fatores que influenciam na dinâmica hídrica, como declividade do terreno, cobertura vegetal e umidade, além de excluir a ação do vento, elemento capaz de distorcer os volumes precipitados artificialmente.

Simuladores de campo estão alheios aos fatores climáticos, podendo as simulações serem interrompidas por precipitações naturais, assim como mudanças na velocidade e direção dos ventos. A capacidade do vento em promover alterações nas direções das gotas precipitadas artificialmente, gera incompatibilidade nos volumes apresentados às parcelas, podendo estas estarem recebendo intensidades que não condizem aos valores estipulados pelo pesquisador.

A atmosfera possui suas próprias características físicas e químicas, existindo forte uma influência da superfície nessas características (OLIVEIRA, 2001), seja pelas formas de relevo, rugosidades, tipos de vegetação, características do solo. Existem períodos do dia em que a atmosfera se torna mais ativa, tendo relação direta com a

energia recebida pelo sol, que é convertida em calor e posterior movimento, ocasionando oscilações na velocidade dos ventos.

Para minimizar os efeitos do vento em estudos que se utilizam de simuladores de chuvas, o conhecimento da dinâmica atmosférica se faz necessária, possibilitando ao pesquisador compreender o melhor momento para início de seus trabalhos.

4. ÁREA DE ESTUDO

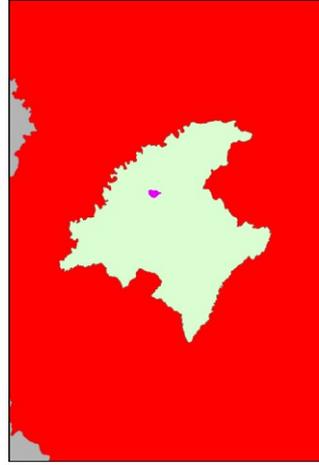
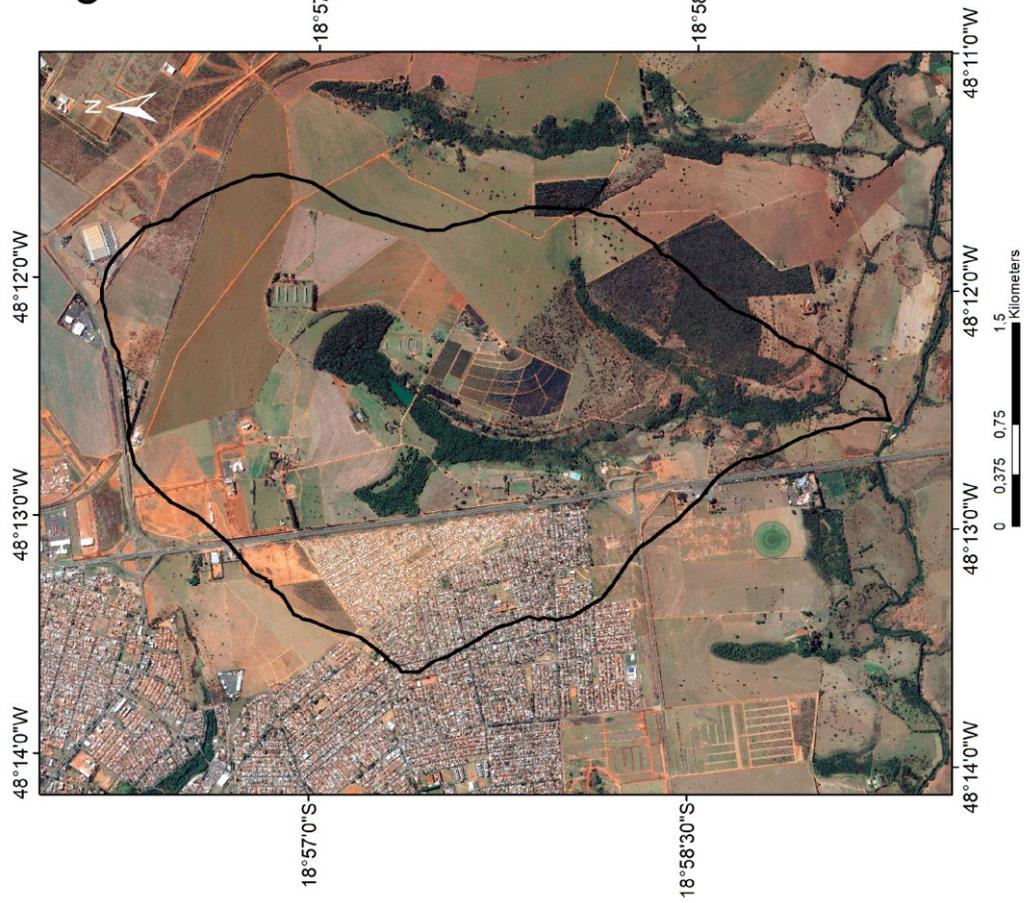
O presente estudo foi conduzido na Fazenda Experimental do Campus Glória (Universidade Federal de Uberlândia). Segundo Rodrigues e Nishiyama, (2001) os solos na região de Uberlândia, bem como o Triângulo Mineiro, apresentam características semelhantes, derivados das rochas sedimentares (areníticas) e ígneas (basálticas), expondo perfis profundos caracterizados por forte intemperismo, alta presença de fração areia e boa drenagem. São solos ácidos, de baixa fertilidade natural e apresentam coloração uniforme.

Sua localização geográfica encontra-se na zona 22S coordenadas UTM 7899922 m N e 794199 m E (Mapa 1). A região insere-se no Domínio dos Cerrados, apresentando suas variações de fitofisionomias, como Mata Xeromórfica (cerradão), Mata Mesolítica (de galeria e de encosta), além dos campos savânicos, sendo campo cerrado e campo sujo, campestre, campos úmidos e veredas (AB'SABER, 1971; SCHIAVINI e ARAÚJO, 1989).

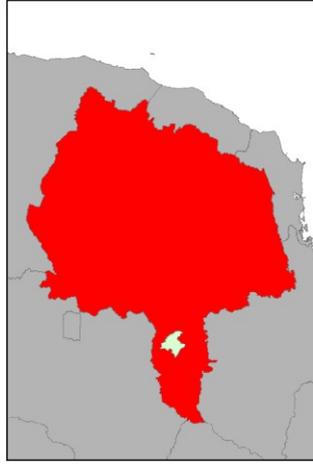
A fazenda experimental expõe atividades mistas (Mapa 2), sendo os principais usos estabelecidos indo de encontro com o panorama regional apresentado. Com atividades de cultivo anual, como culturas de soja e milho, e atividades perenes, como cultivo de café, e áreas voltadas à pecuária, principalmente sob sistema extensivo com a utilização de áreas de pastagens.

Para conexão das atividades inseridas na fazenda, estradas se distribuem ao longo de suas dependências, sendo constituídas por um conjunto de vias que se estendem por grande parte de sua extensão, visando assegurar o acesso e dar suporte à logística interna.

Mapa de Localização da Bacia do Córrego do Glória - Uberlândia, MG



-18°57'0\"

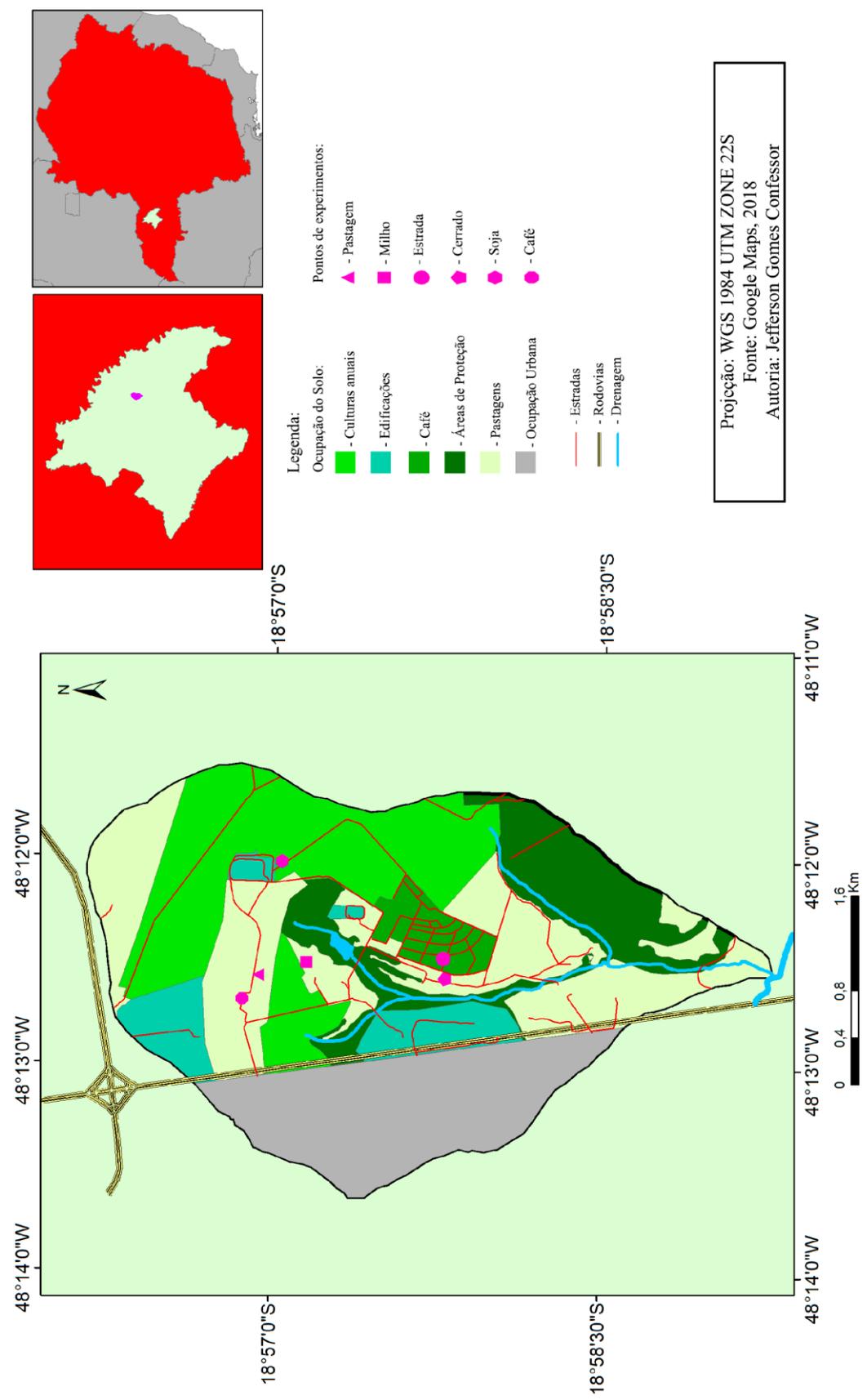


-18°58'30\"

Legenda:
☑ - Delimitação da Bacia

Projeção: WGS 1984 UTM ZONE 22S
Fonte: Google Maps, 2018
Autoria: Jefferson Gomes Confessor

Mapa de Uso e Ocupação da Bacia do Córrego do Glória - Uberlândia, MG



5. MATERIAIS E MÉTODOS

Para realização deste trabalho, algumas fases foram respeitadas. Inicialmente em gabinete foram realizadas revisões sobre a temática, visando dar maior rigor e critério para utilização de chuva simulada no estudo erosivo, com leitura de diversos trabalhos envolvendo simuladores, os quais foram essenciais para produção da base de conhecimento que culminou na proposta a seguir, de expor as bases metodológicas da simulação de chuvas aplicada à estudos erosivos, assim como a confecção de um simulador de chuvas próprio, que atendesse da melhor forma o estudo em questão. Ainda nesta fase, foram confeccionados mapas e fluxogramas para melhor expor os tratamentos necessários.

Já com as bases fundamentadas, e com o cronograma de ações definido, deu-se início a fase de campo. A princípio com a caracterização da área de estudo e posteriormente confecção do simulador de chuvas e das parcelas de erosão. Após estipulados os usos e os locais de simulações, deu-se início aos experimentos, que envolveram os anos de 2017 e 2018, com dois períodos de simulações, uma fase na estação de chuvas da região (Verão) e outra na estação de entre chuvas (Inverno).

Na fase laboratorial as amostras de solo assim como as de escoamento foram tratadas. Para amostragens de solo os procedimentos de Textura, Densidade Total e de Partículas, foram realizadas no Laboratório de Geomorfologia e Erosão de Solos da UFU, conforme EMBRAPA (1997). Já as amostras de escoamento superficial foram filtradas, secas e pesadas para mensuração da produção de sedimentos, conforme bases expostas no texto a seguir.

Sendo assim, este trabalho se baseia em uma proposta metodológica composta por ações que tem como produto a posterior avaliação dos resultados, visando dar uma fundamentação que assegure maior rigor, controle e permita futuras comparações em estudos erosivos sob chuva simulada.

A realização deste trabalho respeitou o fluxograma a seguir (Figura 1), almejando acompanhar prazos e assegurar maior rigorosidade ao estudo, partindo desde a escolha da área de estudos, seleção dos monitoramentos, confecção do simulador de chuvas assim como das parcelas de erosão, até a realização das simulações e posterior sistematização dos dados.

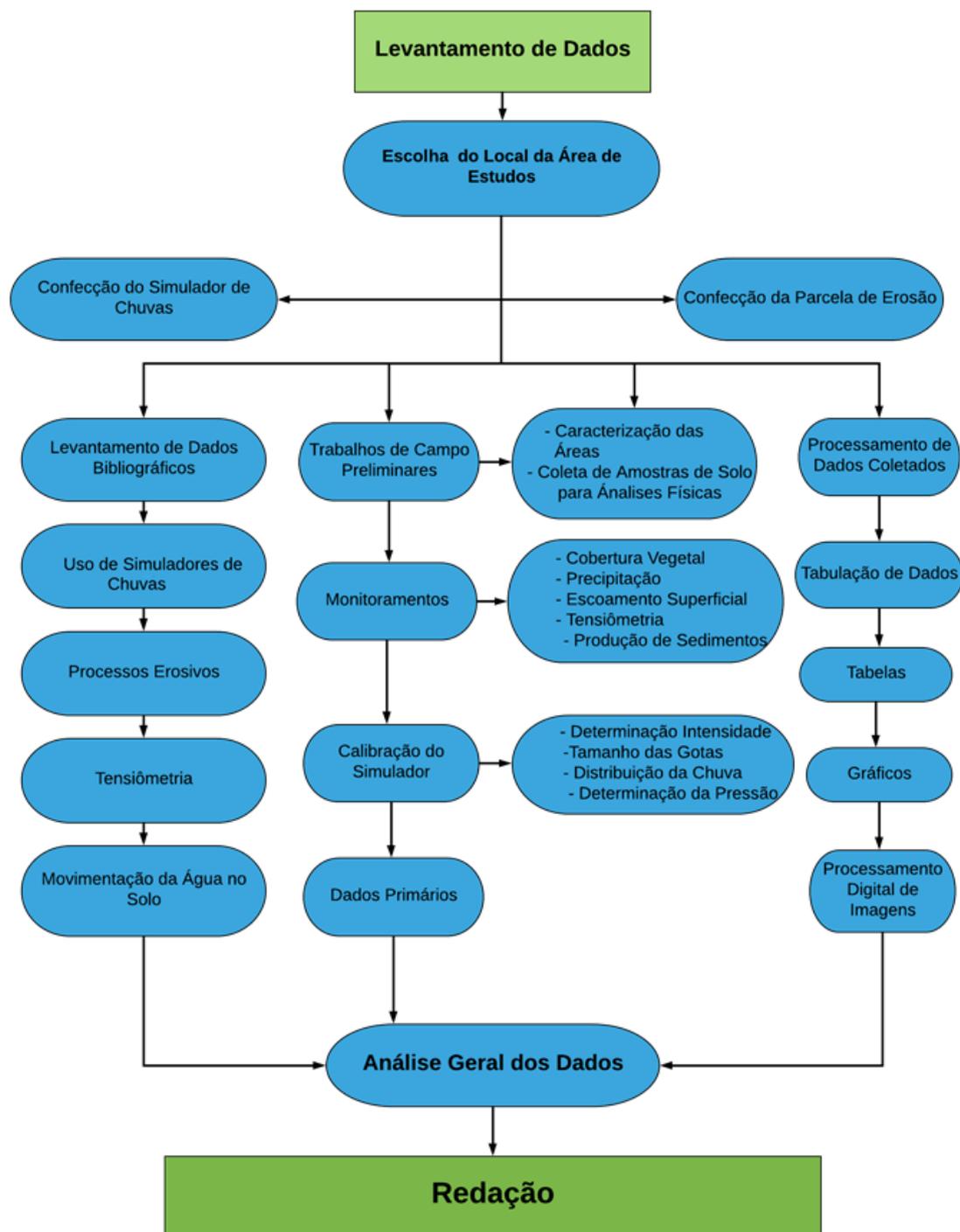


Figura 1- Fluxograma das Fases do Trabalho

5.1 Estudos Erosivos Derivados de Chuva Simulada

Estudos com algum intuito de reproduzir chuvas artificiais devem se atentar para alguns fatores que visam promover maior veracidade às pluviosidades naturais, como

tamanho de gotas; distribuição homogênea da precipitação; altura de queda e velocidade terminal próxima às condições naturais de chuva (MEYER e HARMON, 1979; LUK, ABRAHAMS e PARSONS, 1986).

Observar os diversos agentes envolvidos na simulação possibilita compreender o funcionamento de cada parte do sistema, permitindo analisar de forma detalhada o comportamento do processo envolvido, e sua funcionalidade no contexto em que se insere. Entretanto assim como na realidade, o sistema é dado pelo conjunto de fatores ao qual o influenciam, interagindo de forma dinâmica e coesa, sendo assim a complexidade do processo só pode ser explicada de forma a contemplar todos agentes envolvidos.

Para tal além da utilização do simulador de chuvas, toda caracterização da área estudada também deve ser realizada, como amostragem de umidade, caracterização física do solo, análise da cobertura vegetal dentre outros fatores que possam vir a interferir o funcionamento do sistema.

Isto posto, a utilização de simuladores de chuvas em estudos de erosão se mostra extremamente relevante, permitindo a aplicabilidade de várias intensidades de chuvas em diferentes tipologias de terreno e usos, com possibilidade de replicá-las sob condições semelhantes. Permitindo ao pesquisador produzir dados primários sem a necessidade de esperar eventos chuvosos naturais, que no geral acontecem de forma esporádica e com intensidades imprevisíveis.

O fluxograma a seguir (Figura 2), expõe de forma resumida as etapas utilizados neste trabalho para o emprego do simulador no estudo erosivos.

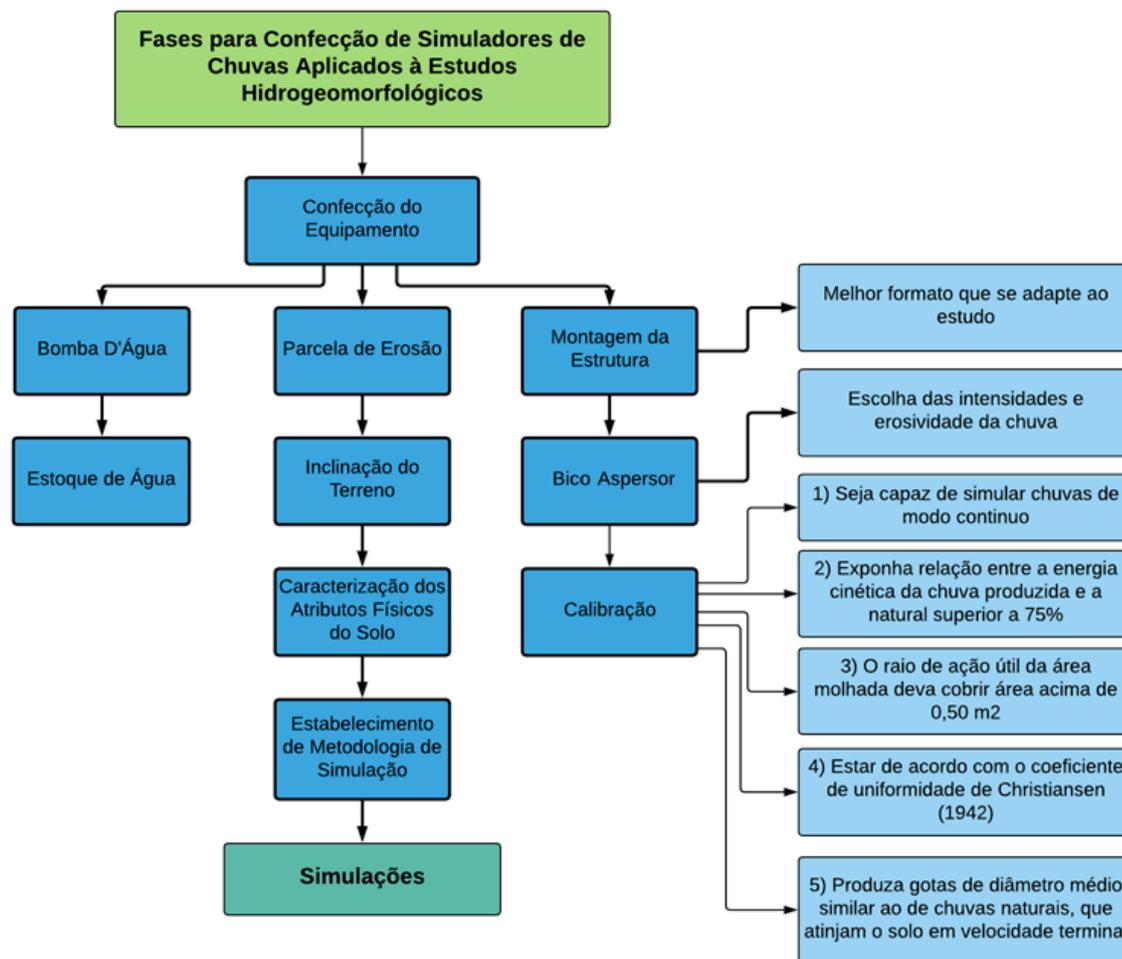


Figura 2- Fluxograma das etapas de confecção do simulador de chuvas.

5.2 Utilização de Simuladores de Chuva em Estudos Hidrogeomorfológicos

Ao se trabalhar com chuva simulada alguns critérios devem ser levados em conta. Tossel et al. (1987) utilizado por Alves Sobrinho et al. (2002) estipularam que o simulador deva ser apto a atender os seguintes quesitos, a saber: I- capacidade de simular chuvas de modo contínuo; II- expor a relação entre a energia cinética da chuva produzida e a natural superior a 75%; III- o raio de ação útil da área molhada deve cobrir área acima de 0,50 m², estando de acordo com o coeficiente de uniformidade superior a 80% (CHRISTIANSEN, 1942) e IV- produzir gotas de diâmetro médio similar ao de chuvas naturais.

O modelo a ser utilizado deve, além de levar em conta estes critérios, também deve respeitar as particularidades e necessidades de cada pesquisa. Devido à quantidade de componentes exige-se atenção na escolha do equipamento, havendo necessidade de

considerar o seu peso, funcionalidade, altura, quantidade de água utilizada, área molhada, facilidade no transporte e reposição das peças.

É possível observar na literatura, diferentes trabalhos que se utilizam de vários modelos de simuladores, uma prática desenvolvida ao longo dos anos e que se ajusta de acordo com as tecnologias disponíveis de cada época, podendo citar Wischmeier e Smith (1958); Luk, Abrahams e Parsons(1986); Tossel et al (1987); Oliveira (1991); Souza (2004); Panachuki et al. (2006); Fraga Jr. et al. (2008); Thomaz (2009); Bertol I, Bertol C e Barbosa (2012), Faria Jr. et al. (2013), e Spohr et al. (2015), os quais utilizaram diferentes equipamentos, de acordo com o funcionamento mais adequado à cada pesquisa em questão.

Luck, Abrahams e Parsons (1986) idealizaram um simulador de campo portátil (Figura 3), capaz de ser conduzido a diversas localidades e conseqüentemente extrair dados de diferenciados terrenos. Este modelo de simulador é composto por uma haste principal de aço galvanizado de 19 mm de diâmetro. Sua altura da base ao topo é de 4,60 m, com haste principal (A) seccionada em duas, cada qual com medidas equidistantes (2,30 m), possuindo uma junta de aço galvanizado para posterior conexão.

Em seu topo utilizando-se de uma curva também de aço galvanizado outra haste (B) de 90 cm foi utilizada para prolongamento do jato de água, em sua extremidade conectada o bico de pulverização (FullJet ½ HH-30WSQ) (C), capaz de reproduzir diversas situações de pluviosidades.

A simulação consiste primordialmente em exercer pressão ao líquido, possibilitando o pulverizador produzir gotas compatíveis com cada pressão. É possível obter uma variação de pluviosidades se considerarmos diferentes pressões, para tal um medidor de pressão (D) é utilizado para esta finalidade, inserido após o regulador de vazão (E), posicionados a 40 e 30 cm do solo respectivamente.

Para estabilização do equipamento cabos de poliéster (F) ligados a ganchos de ferro inseridos no solo (G) fazem-se necessários para dar estabilidade à parte superior do simulador, conferindo rigidez e evitando tremulações no equipamento.

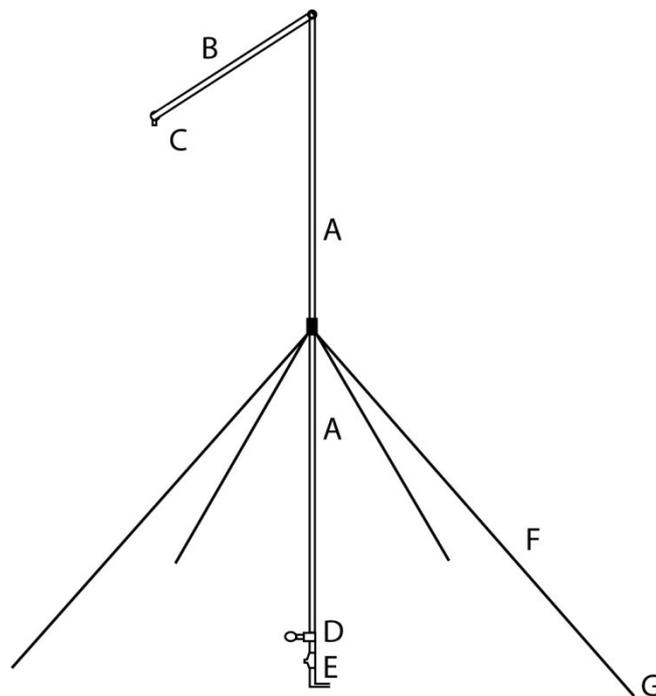


Figura 3- Modelo de simulador de Simulador de chuvas exposto por Luck, Abrahmns e Parsons (1986).

Este equipamento possui boa funcionalidade, entretanto seu raio de ação é limitado, com capacidade de recobrir de forma homogênea uma área de 2m^2 , havendo a necessidade de replicar as simulações para maior confiabilidade dos dados. Diante disto optou-se pela confecção de um novo simulador, que atendesse as expectativas desta pesquisa.

Para ampliar a produção de dados e aprimorar o tratamento estatístico, evitando a necessidade de varias repetições, foi idealizado outro simulador com base no equipamento proposto por Luck, Abrahmns e Parsons (1986) . Sendo este composto por 2 bicos de pulverização capazes de cobrir de forma homogênia 4 parcelas de erosão de 1m^2 cada.

O novo modelo de simulador (Figura 5) é uma derivação da proposta de Luck, Abrahmns e Parsons (1986), onde com exceção da haste B (Figura 4) todas as peças foram reutilizadas no novo projeto. Também foi confeccionado inteiramente em aço, com tubos galvanizados de 19 mm de diâmetro, atrelado a dois suportes de tubos de ferro quadrados (I, II), conferindo maior rigidez e sustentação, e para facilitar o transporte os tubos foram seccionados em 2 partes cada.

Por se tratar de um equipamento que apresenta boa mobilidade e fácil montagem, pode ser utilizado em varias localidades. Sua altura da base ao topo após

montado é de 4,60 m, e assim como o projeto original possui haste principal (A) seccionada em duas, cada qual com medidas equidistantes (2,30 m).

Em seu topo utilizando-se de uma curva também de aço galvanizado outra haste (B) de 5m foi utilizada para prolongamento do jato de água, onde nas medidas de 1,5 m e 3,5m foram conectados os bicos de pulverização SPRACO Cone Jet (C), por meio de uma extensão em “T”.

Também derivado do projeto original, um medidor de pressão (D) e um regulador de vazão (E) foram inseridos na haste principal, posicionados á 40 e 30 cm respectivamente. Desta forma torna-se capaz de regular a pressão e conseqüentemente a vazão da água, produzindo diferentes tipos e intensidades de chuvas.

Para fixar o equipamento e evitar possíveis quedas e vibrações, cabos de poliéster (F) ligados a ganchos de ferro inseridos no solo (G) se fazem necessários, possibilitando acomodar o simulador em diferentes tipos de terrenos sem o risco de danifica-lo.

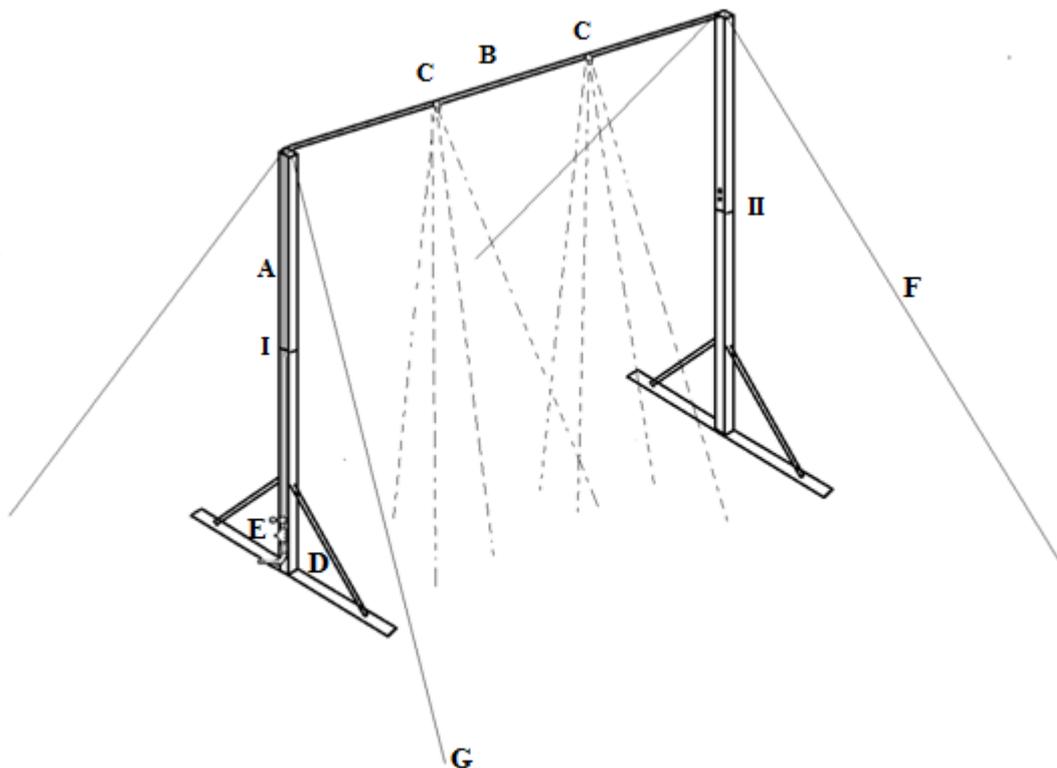


Figura 4- Simulador portátil de chuvas e parcela de erosão.

Para evitar custos, possibilitar maior difusão do conhecimento e possíveis comparações, todo o simulador, com exceção dos bicos de pulverização, foi

inteiramente confeccionado por meio de materiais recicláveis de segunda mão, gerando custos bem mais acessíveis. O resultado final consiste em um modelo de simulador que permite ampla possibilidade de usos, por sua capacidade de movimentação, manuseio, montagem e principalmente produção de dados erosivos, podendo ser utilizado em até 4 parcelas de 1m², ampliando a obtenção de dados.

5.3 Metodologia para Calibração de Simuladores Voltados a Estudos Erosivos

5.3.1 Coeficiente de Uniformidade

Comumente os simuladores de chuvas são capazes de produzir diferentes tipos de precipitações, uma vez que o seu funcionamento se dá pela pressão da água contida no sistema. Qualquer mudança nesta condição pode gerar maior ou menor volume expelido pelo equipamento, conforme descrito por Alves Sobrinho et al. (2002).

Para cada pressão, determinada forma de precipitação é obtida. De modo genérico, quanto maior for a pressão contida no sistema, menor será o tamanho da gota e maior será a área atingida pela água. Neste mesmo sentido, pressões menores geram gotas maiores, entretanto há uma diminuição no raio de ação do simulador.

Para determinar o local onde a parcela de estudos deve ser posicionada e realizar a validação do simulador faz-se necessário o conhecimento do coeficiente de uniformidade de Christiansen (1942). Tal coeficiente é amplamente utilizado e considera o desvio médio como medida de dispersão, lembrando que, para chuva simulada, o valor deve ser superior a 80%, na qual a equação expressa:

$$CUC = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n |X_i - \bar{X}|}{n \cdot \bar{X}}$$

onde:

CUC - coeficiente de uniformidade de Christiansen, em decimal;

n - número de observações;

X_i - lâmina de água aplicada no i-ésimo ponto sobre a superfície do solo;

\bar{X} - lâmina média aplicada.

A escolha do posicionamento da parcela em relação ao simulador é obtida após bateria de testes para o conhecimento da distribuição da precipitação. Sendo assim, adaptando Thomaz et al. (2015) utilizou-se de um modelo de aferição que consiste na

disposição de recipientes coletores, expostos em forma de grade na área atingida pela simulação. Este visa determinar a forma e o padrão da distribuição da precipitação, e conseqüentemente a melhor área de enquadramento da parcela em campo.

Posteriormente, os valores extraídos dos testes devem ser aplicados no coeficiente de uniformidade de Christiansen (1942) e, de acordo com os valores da distribuição da chuva na área amostrada, gera-se a possibilidade de posicionamento da parcela de estudos no local onde a pluviosidade se mantém de forma mais homogênea.

5.3.2 Distribuição do Diâmetro de Gotas

A simulação de chuvas, bem como a pluviosidade natural, apresenta variações no diâmetro de gotas, interferindo diretamente na energia de colisão no momento em que tocam o solo, desta maneira o simulador deve ser capaz de produzir gotas que, independente de seu diâmetro, impactem o solo em sua velocidade terminal.

Tal determinação pode ser obtida conforme Hudson (1964), difundida no Brasil por Oliveira (1991), segundo o qual se deve expor à precipitação direta uma camada de farinha em tempo estimado, objetivando interceptar as gotas e condicioná-las no recipiente.

Apesar do volume produzido pela simulação ser constante, algumas situações adversas, como os ventos, pode interagir de forma a oscilar nesta homogeneidade, tornando-se indispensável à aferição dos volumes precipitados após a realização de cada teste (RUPP, 2010). Sendo assim três pluviômetros devem ser dispostos nas laterais esquerda, direita e superior da parcela, para aferição futura da distribuição da chuva.

O método consiste em preencher uma bandeja com farinha a uma altura de 2 cm, na qual o material deve ser previamente peneirado e nivelado, retirando qualquer alteração que possa comprometer os testes. É preciso atentar ao fato de que a preparação das bandejas deve ser realizada logo antes à sua utilização, prevenindo eventuais anomalias em cada teste.

A bandeja (Figura 5) deve ser exposta por um tempo de cinco segundos para cada precipitação, em altura de 40 cm do solo, visando evitar o salpicamento de respingos provenientes do solo (efeito *splash*).

As gotas, ao colidirem com a farinha, formam pequenos grânulos que devem ser recobertos com uma fina camada de farinha por meio de peneiramento para evitar

possível evaporação. Em seguida as bandejas devem ser secas ao ar por um período de 24 horas e, posteriormente, levadas à estufa até que estejam completamente secas.

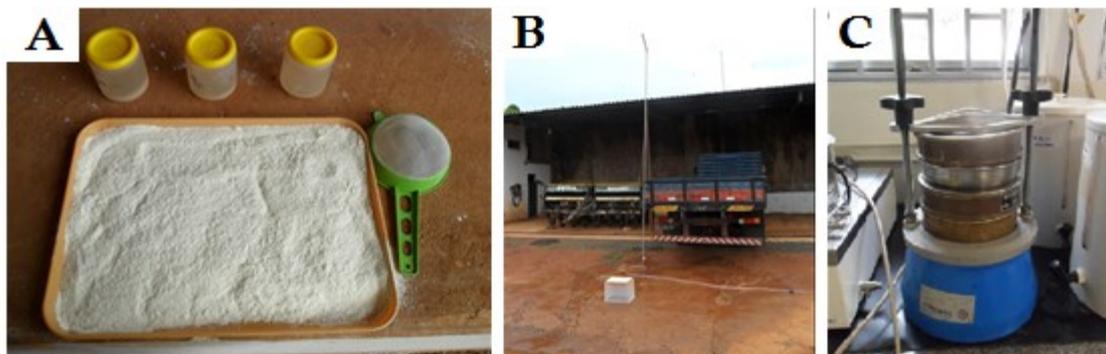


Figura 5- Bandeja preenchida com farinha (A); Simulação sobre bandeja a 30 cm do solo (B); Separação dos grânulos por peneiramento (C).

O material seco de cada bandeja precisa ser peneirado no conjunto de peneiras que melhor abrangem o estudo, sendo que, para o projetos realizados o conjunto de (4; 2; 1; 0,5; 0,25 mm) atenderam completamente as necessidades.

Após estabelecer os agrupamentos de grânulos todas as amostras foram pesadas em balança de precisão, em quantidade de 50 gotas por amostra. Tal metodologia expõe a quantidade de grânulos existentes em cada tipo de simulação assim como a distribuição do diâmetro das gotas, que pode ser calculado através de sua massa.

De posse de tais dados, e com objetivo de obter a velocidade terminal da gota, Fraga Junior et al. (2008) expõe a equação em seu trabalho:

$$VT = \sqrt{\frac{9,81}{0,4671x d^{-0,9859}}}$$

Em que:

VT = Velocidade Terminal da Gota (m/s^{-1})

d= Diâmetro da gota (mm)

E por fim Stillmunkes e James (1982) em trabalhos voltados a irrigação difundiram a equação para calculo de impacto de gotas de chuva simulada ao solo, podendo ser expressa por:

$$\frac{EC}{a} + \frac{10^{-3}}{2} \cdot p \cdot l \cdot v^2$$

Em que:

EC/a – Energia Cinética por unidade de área ($J \cdot m^{-2}$)

P – Densidade da Água ($dg \cdot m^{-3}$)

l- Lâmina de água aplicada (mm)

V- Velocidade da gota ($m \cdot s^{-1}$)

Alves Sobrinho et al. (2001) desenvolveram um programa computacional intitulado de EnerChuva (Figura 6), no qual os dados de entrada são inseridos no software, e este apresenta como produto o resultado da similaridade das chuvas artificiais com as naturais, através das formulas já expostas.

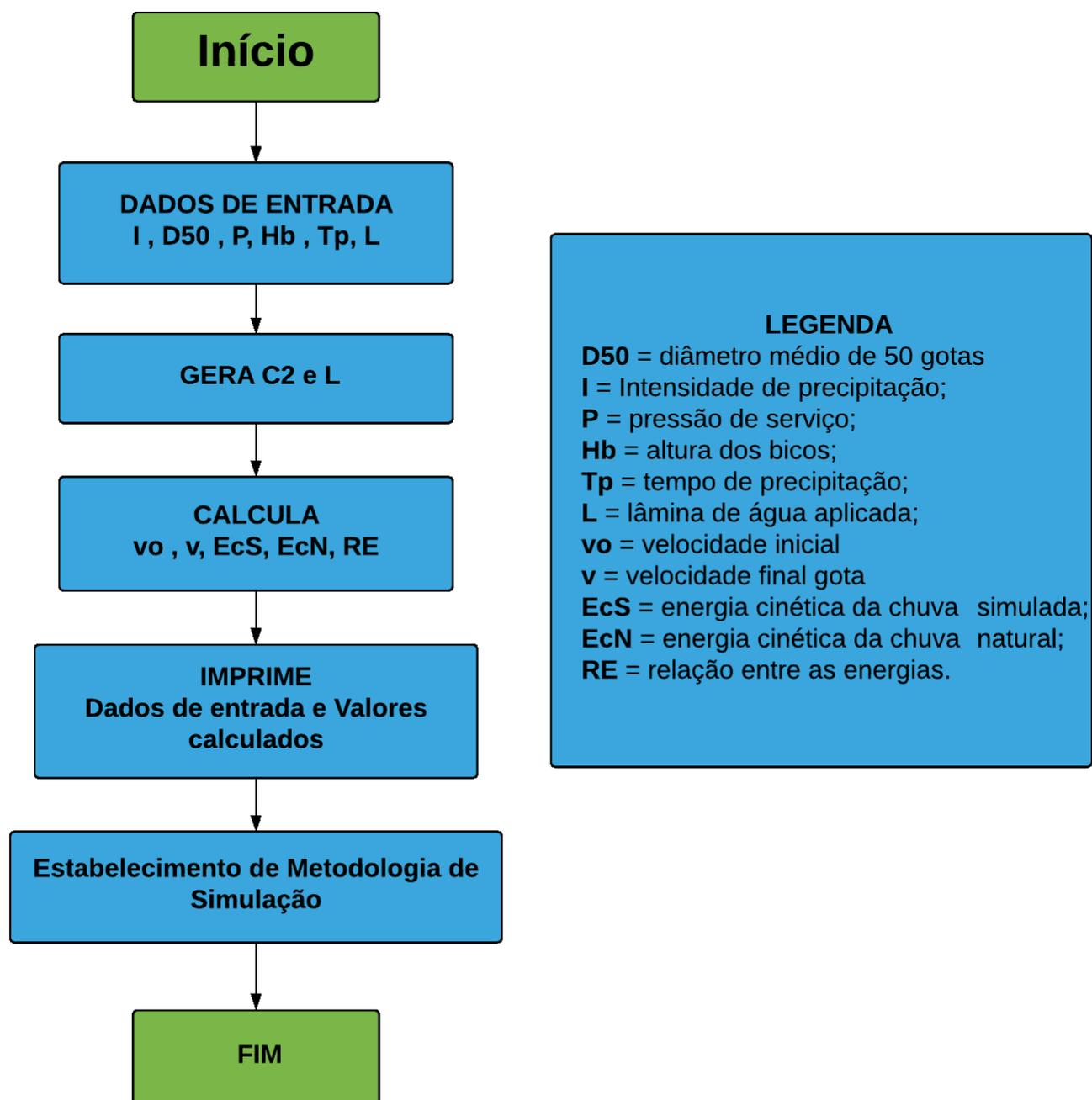


Figura 6- Fluxograma de funcionamento do programa ENERCHUVA

5.3.3 Bico Aspensor

A peça fundamental para a simulação é o bico de pulverização, vários modelos estão disponíveis no mercado desenvolvidos para diversas finalidades, como uso agrícola, industrial ou de segurança. Entretanto não existem bicos específicos para simulação de chuvas, diante disso, trabalhos com o intuito de realizar precipitações simuladas devem se atentar com a escolha desta peça chave do projeto.

Os bicos em geral podem ser encontrados em diferentes materiais, interferindo diretamente em sua durabilidade, porém a forma na distribuição de seu jato varia de acordo com o modelo escolhido. Variados padrões de distribuição das gotas podem ser encontrados de acordo com a escolha do bico, como: cone oco; cone cheio; jato leque e bicos de jato solido.

A partir do tipo e funcionalidade do simulador escolhe-se o melhor bico para tal. Na literatura encontram-se dois tipos básicos de simuladores, os rotativos (SWANSON, 1965; BERTOL I.; SOUZA, 2004; BERTOL, C. e BARBOSA, 2012;) e os estáticos (MEYER E Mc CUNE, 1958; OLIVEIRA, 1991; PANACHUKI, 2003;), cada qual possuindo um padrão na distribuição das gotas ao longo do alvo de experimentação.

O rotativo possui maior maleabilidade na escolha do bico, pois através da cinética de seu movimento pode-se promover o preenchimento de eventuais heterogeneidades nos volumes presentes na parcela de estudo, como baixa pluviosidade em algum ponto, deslocando as diferentes intensidades produzidas ao longo do seu de padrão de distribuição, de forma a dispor as gotas de maneira mais homogênea possível.

Já em simuladores estáticos como o do estudo em questão, o padrão na distribuição das gotas depende exclusivamente da dispersão do bico, havendo a necessidade do mesmo em contemplar de forma igualitária todo objeto de estudo. O padrão de bico mais utilizado para esta finalidade é encontrado nos bicos tipo cone cheio, nos quais conseguem expor valores de intensidade semelhante ao longo de seu raio de ação.

O funcionamento de bicos de pulverização se faz através do pressionamento do fluido pelo conduto de aspersão e, de acordo com a mudança da pressão, variados tipos de intensidades podem ser alcançados. Para a escolha do bico aspensor o pesquisador precisa atentar a alguns fatores como: padrão de pulverização; distribuição uniforme em uma grande variedade de taxas de vazões e pressões; gotas de tamanho médio a grande,

similares ao tamanho de gotas provenientes de chuva natural; durabilidade e raio de ação.

Sendo assim, atendendo a tais critérios escolheu-se o Bico FullJet $\frac{1}{2}$ HH-30WSQ (Figura 8) também utilizado nos trabalhos de Luk, Abrahams e Parsons (1986); Alves Sobrinho et al. (2002); Thomaz (2009), e Xu et al. (2009). O bico possui como característica a distribuição uniforme das gotas no terreno, abrangendo de forma homogênea grande parte molhada pela ação da água, como visto na Figura 7.

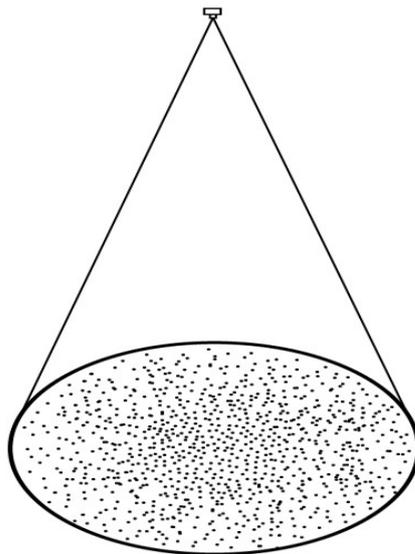


Figura 7- Jato Cone Cheio pulverizador FullJet $\frac{1}{2}$ HH-30WSQ

Para seu funcionamento o bico (Figura 8) utiliza um difusor interno para fornecer um padrão de pulverização cheio, circular, uniforme com gotas de tamanhos médio a grande, e por seu material ser composto de latão, sua durabilidade é expandida e se torna um equipamento rustico e resistente, ideal para utilização em campo.

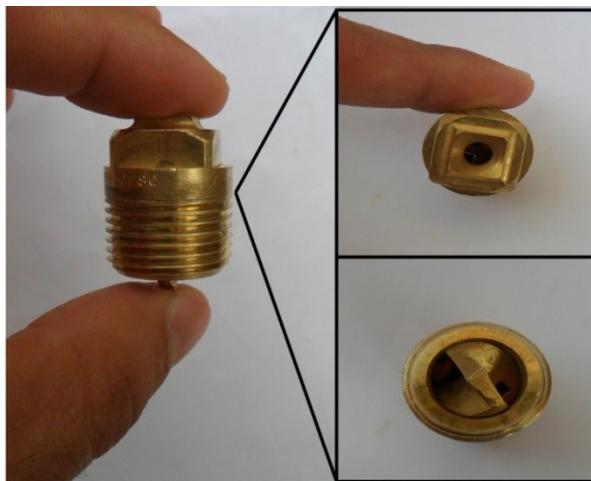


Figura 8- Bico Pulverizador FullJet $\frac{1}{2}$ HH-30WSQ

5.3.4 Padrão de Distribuição

Como apresentado, ao aplicar pressões distintas ao bico de aspersão, diferentes tipos de vazões serão expostas, interferindo também no diâmetro da área de cobertura da pulverização. No geral, bicos de cone cheio, apesar de distribuírem gotas por toda sua área de ação, apresentam variações nos volumes precipitados ao longo de sua área molhada, podendo este variar ao longo de seu raio de ação a depender de sua altura de posicionamento.

A homogeneidade da precipitação reflete diretamente na qualidade dos dados obtidos, além da possibilidade de futuras comparações. Sendo assim, o simulador deve ser capaz de produzir de forma constante uma lamina de água semelhante em todo o sistema.

Para tal, a averiguação do melhor ponto de fixação das parcelas se faz necessário, assim sendo uma grade de recipientes coletores foi disposta de forma a expor os volumes em cada ponto amostral (figura 9, 10 e 11), com intuito de verificar a distribuição da precipitação no sistema. Estabeleceu-se 8 linhas e 7 colunas, com espaçamento de 40 centímetros de distância entre cada recipiente, totalizando 56 pontos de coleta.

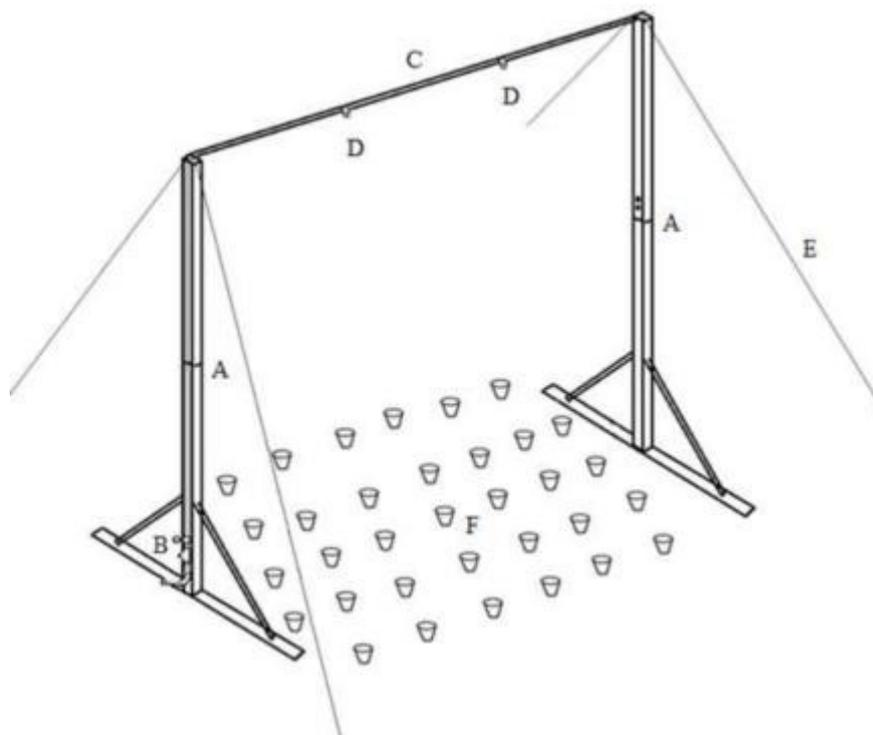


Figura 9- Malha de recipientes coletores para expor intensidades de precipitações pontuais.

Tal averiguação foi necessária, pois o simulador conta com 2 bicos de aspersão, desta forma para produzir uma cobertura homogênea, uma sobreposição entre a área dos dois bicos se fez necessário (figura 10 e 11), visto que os volumes precipitados nas áreas mais externas são menores se comparados aos precipitados nas partes mais próximas ao centro. De acordo com os valores expostos pelos recipiente coletores, a distância entre os bicos pode ser balanceada.

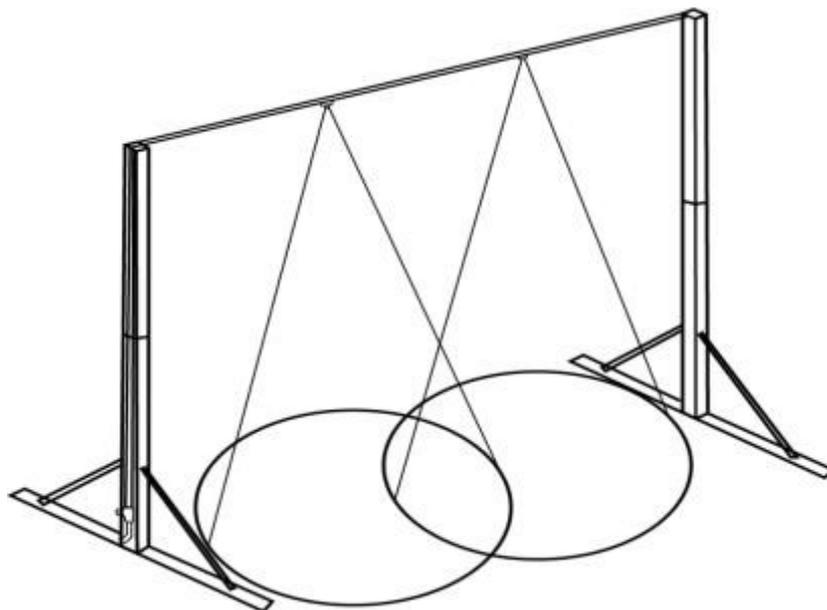


Figura 10- Calibração da sobreposição da área molhada dos bicos pulverizadores.



Figura 11- Malha de recipientes coletores para expor intensidades de precipitações pontuais e calibração da sobreposição da área molhada dos bicos pulverizadores.

5.4 Obtenção da Água

O processo de simular chuvas gera a necessidade de água em demasia, necessitando um volume considerável para sanar o vácuo produzido a cada simulação. Quando se trata de simuladores de gabinete a água necessária é de fácil acesso, podendo ser encontrada nas dependências do local de testes.

Porém ao se trabalhar com simuladores de campo, a água se torna um fator limitante na realização dos testes, o pesquisador deve estar atento a possíveis modos de transporte assim como tomadas de água perto dos locais estipulados. Deste modo para realização dos experimentos o cálculo da necessidade de água deve ser elaborado de maneira a suprir todo o tempo das simulações, para que não haja eventuais interrupções na lamina d'água aplicada.

E de acordo com as necessidades de cada estudo, também deve-se dar atenção à qualidade da água, onde experimentos que visam quantificar a produção de sedimentos devem apresentar água livre de qualquer contaminante que possa vir influenciar nos resultados finais, como presença de sedimentos em suspensão.

Para realização dos experimentos a água foi acondicionada em caixas d'água, na qual por meio de uma pick-up (figura 12 A) foi transportada até os locais estipulados. A qualidade da água também foi observada (figura 12 B), sendo captada apenas em locais que apresentavam água límpida sem sedimentos dissolvidos.



Figura 12- Transporte de água para simulações (A); Líquido límpido para evitar possíveis contaminações das amostras (B).

Quando possível, foram selecionadas áreas próximas às tomadas de água (figura 13), evitando o transporte a longas distancias, diminuindo os custos e o tempo para sua captação. Entretanto em pontos mais distantes todo estoque de água foi previamente abastecido para que não houvesse possibilidade faltar tal volume, até o termino dos ensaios.



Figura 13- Tomada de água próxima ao local de experimentos.

Três caixas d'água (figura 14) com capacidade de 500 litros cada foram utilizadas para realização dos testes, pois apesar de as 4 parcelas consumirem aproximadamente 250 litros/h de simulação, a área molhada pelo simulador apresenta-se bem maior, havendo assim a necessidade de estocar maiores volumes em virtude do excedente perdido.



Figura 14 - Recipientes de armazenagens de água (1500 Litros).

5.5 Moto Bomba

Exige-se para simulação de chuvas impulsionar o líquido com pressão constante através do bico pulverizador, produzindo uma malha de gotas compatível com a pluviosidade natural. Para tal, a utilização de bomba auto propelida foi a escolha ideal neste projeto, pois devido a utilização do simulador a campo, a necessidade de energia elétrica seria fator limitante na escolha de eventuais pontos de simulação.

Desta forma buscou-se utilizar de uma moto bomba de porte pequeno, com capacidade suficiente de produzir diversas pressões de simulação (Figura 15). A bomba escolhida é de fácil manejo, apresentando peso leve, manuseio e manutenção simples, possibilitando também mudanças em sua aceleração, dando a possibilidade de alterar a pressão da coluna d'água no interior do simulador, permitindo diversos testes com intensidades diferentes.



Figura 15 - Moto bomba auto propelida necessária para funcionamento do simulador de chuvas.
(Fonte: Bufalo)

A moto bomba acionada a gasolina proporciona não somente a possibilidade de simulação, mas também de captação de água para posterior execução dos testes, sendo capaz de produzir um volume de captura considerável a pequenos desníveis, abrindo possibilidades para realização de trabalhos em diferentes tipologias de terreno.

5.6 Monitoramentos

Para produção de dados, alguns fatores importantes foram quantificados e acompanhados, possibilitando correlacionar a quantidade de escoamento produzido; a desagregação e transporte de material; com o volume de chuva aplicado; além da movimentação da água no perfil, integrando a constante tempo neste processo.

5.6.1 Parcela de Erosão

A quantificação do escoamento em trabalhos hidrogeomorfológicos é de extrema relevância, visto que a sua produção desencadeia vários processos nos quais podem gerar impactos ao meio, seja na própria perda de água ou na condução e carreamento do material das camadas mais superficiais do terreno.

A parcela de erosão foi utilizada para acondicionar a área estipulada e quantificar os dados produzidos na escala escolhida. Visando melhor proveito da área útil do simulador e possibilidade de tratamento dos dados, buscou-se utilizar de um modelo de parcela capaz de cumprir tais funções.

Para tal empregou-se o modelo exposto por Costa, Barcelos e Rodrigues (2014), a parcela utiliza-se uma folha de zinco de 40 centímetros de altura dobrada em três sessões, cada qual possuindo 1 metro de comprimento, proporcionando área útil de 1m^2 , devendo ser inserida no solo a aproximadamente 10 centímetros de profundidade, buscando o aprisionamento do fluxo superficial e conduzi-lo diretamente à calha coletora, posicionada na lateral aberta voltada para a parte mais baixa do terreno (Figura 16).



Figura 16- Parcela de Erosão de 1m^2 de área cercada, com calha coletora inserida na lateral inferior do terreno.

Desse modo, após realizar os testes visando avaliar o tamanho da área de simulação, estipulou-se o tamanho ideal da parcela de erosão, no qual apresentou área útil pouco maior que 4m^2 .

As parcelas possibilitam o aprisionamento do fluxo superficial gerado por toda área de contribuição, conduzindo-o até a parte inferior do terreno, de encontro à calha coletora, capaz de assimilar todo fluxo e transportá-lo até o recipiente de armazenamento (Figura 17).

A calha coletora foi confeccionada especialmente para este trabalho, com intuito de minimizar o tempo de resposta entre entrada e saída do fluxo de água, visando apreciar com menor interferência possível os volumes expostos, nos tempos estipulados de coleta.

A calha conta com 1 metro de largura e 15 cm de largura, uma aresta sobressalente de 1 cm de largura situada na frente da calha possibilita sua fixação ao solo. O design interior permite a condução do fluxo da forma mais acelerada possível até o tubo de vazão, no qual conectado a um recipiente coletor permite o pesquisador acondicionar o fluxo superficial.

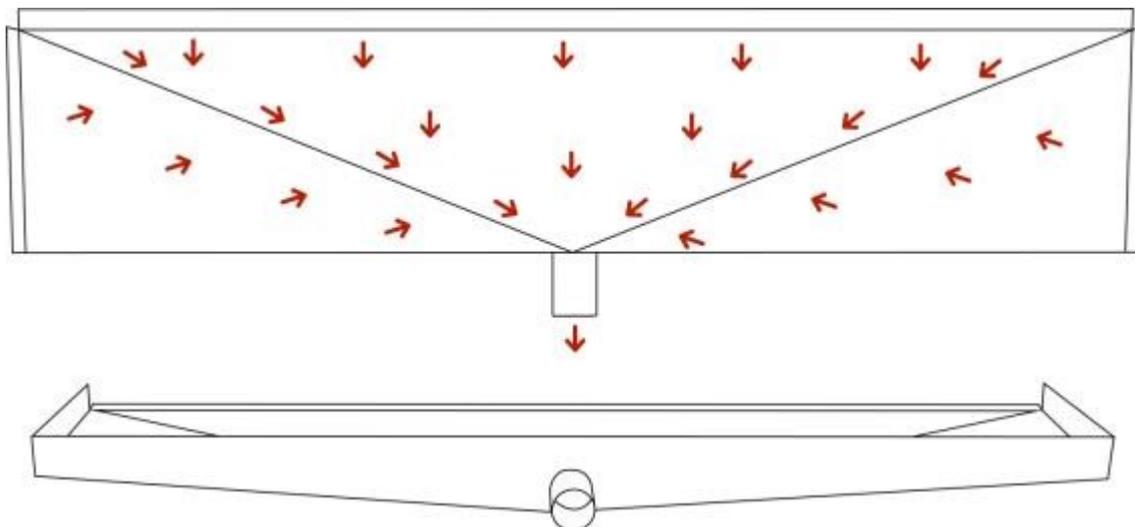


Figura 17 - Calha coletora, direcionamento do fluxo de água e sedimentos para coleta em recipientes.

Por se tratar de uma parcela de 1m^2 foi possível implementar 4 parcelas sob o simulador (figura 18), possibilitando maior aquisição de dados em um único evento chuvoso. Com isto diminui-se os custos de cada ensaio e há um ganho de tempo, estatístico e por consequência melhora na qualidade dos dados expostos.

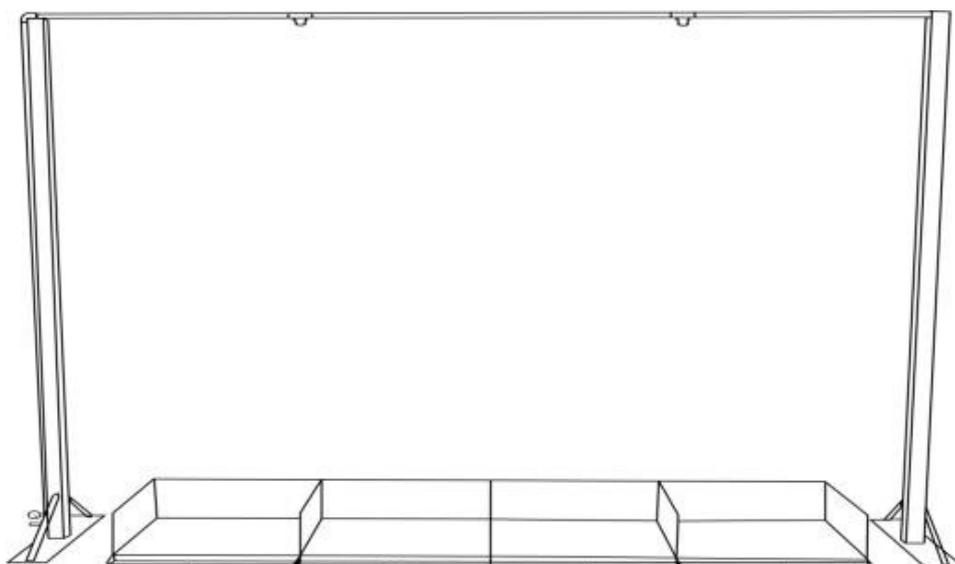


Figura 18 - Parcelas de erosão de 1m^2 sob simulador de chuvas.

5.6.2 Instalação parcelas de erosão

O objetivo principal de simular chuvas nos diversos ambientes constitui em entender a dinâmica entre os fatores expostos. O máximo cuidado na fixação das parcelas de erosão se faz necessário para minimizar possíveis intervenções ao meio, podendo afetar diretamente os resultados encontrados.

Para isto, o desenvolvimento do equipamento de corte (Figura 19) para auxílio da fixação das parcelas foi de grande valia, visto que a sua utilização proporciona menor intervenção ao meio. Seu funcionamento de faz de forma a ser inserido na lateral mais baixa do terreno, possibilitando a extração de solo para fixação da calha coletora sem interferência dentro da parcela de estudos.

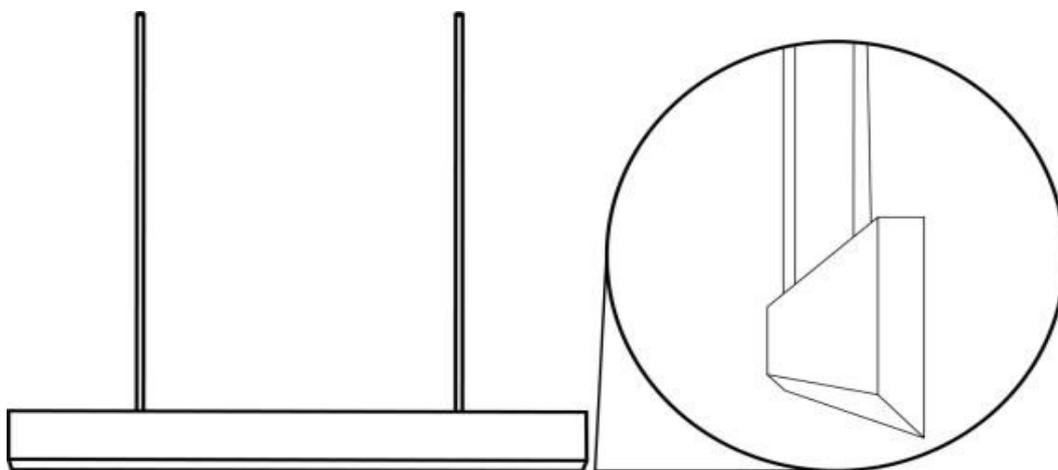


Figura 19 - Figura 20: Equipamento de corte para inserir calhas de coleta de escoamento superficial

O corte produzido pelo equipamento possibilitou o não revolvimento do solo dentro da parcela de erosão, assim como proporcionou encaixe preciso para calha coletora, pois devido ao corte limpo do perfil, nenhuma aresta se faz presente, possibilitando inserir a calha de forma homogênea e sem possibilidade de qualquer tipo de extravasamento em eventuais aberturas.

5.6.3 Mensuração do Escoamento

A quantificação do escoamento neste trabalho é de extrema relevância, visto que a sua produção desencadeia processos geraram impactos ao meio, seja na própria perda de água, ou auxiliar a condução do material das camadas mais superficiais do terreno. Para isto todo escoamento foi mensurado em intervalos de tempo equidistantes, a cada 5

minutos o volume coletado foi estimado, possibilitando conhecer a dinâmica do fluxo em relação ao tempo e volume de chuvas aplicadas.

A parcela composta de folhas de zinco foi inserida no solo a 10 centímetros de profundidade, aprisionando o fluxo superficial e conduzindo-o a calha coletora. Toda água provinda da calha foi imediatamente destinada ao recipiente coletor, havendo o conhecimento do completo volume precipitado no tempo estipulado de 5 minutos até completar 30 minutos de precipitação (Figura 20).



Figura 20 - Coleta de escoamento superficial, calha coletora e recipiente de coleta inserido no solo em profundidade.

Para coleta do escoamento, deve-se dimensionar a quantidade total do fluxo superficial produzido dentro do intervalo de coleta, evitando assim qualquer perda por extravasamento ou no ato da troca dos recipientes. Para este trabalho recipientes de 6 litros foram suficientes para armazenamento do fluxo superficial no tempo de 5 minutos.

Os recipientes foram acondicionados em cavas próximas às parcelas de erosão (figura 21), com objetivo de minimizar a permanência de tempo do fluxo aprisionado entre a calha coletora até sua coleta em si. A ligação entre os recipientes e a calha se fez por meio de uma mangueira, e por estarem enterrados o desnível gera energia suficiente para conduzir o fluxo de forma rápida e com força de arrastar o sedimento que o compõe, evitando a deposição em eventuais locais.

A distância mínima permite que o pesquisador estime os tempos de início da formação do fluxo superficial, assim como trocar os recipientes nos tempos estipulados sem parar o funcionamento da simulação, possibilitando aquisição de dados de forma mais detalhada e com menor intervenção possível.

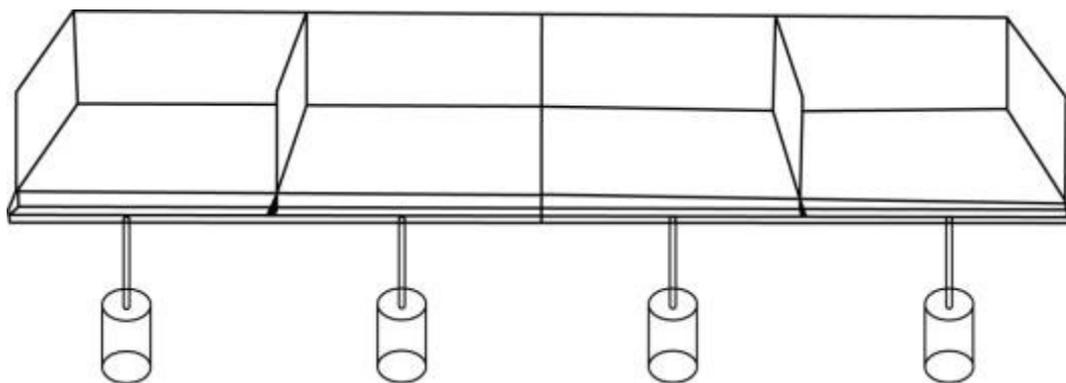


Figura 21 - Recipientes de Coleta inseridos no solo, possibilitando a condução do fluxo superficial de água mais sedimentos para posterior coleta

5.6.4 Coleta de Sedimentos

Toda água proveniente da calha foi imediatamente destinada ao recipiente coletor. O volume do escoamento foi coletado e aferido em intervalos de 5 em 5 minutos, durante 30 minutos. Em cada coleta, as amostras foram homogêneas e uma alíquota de 300 ml (para cada parcial) foi destinada para análise de sedimentos conforme Carvalho (2008) e Silva et al. (2017) (Figura 22).



Figura 22 - Recipientes de coleta para amostragem de sedimentos

As alíquotas coletadas foram acondicionadas e em laboratório passaram por processo de filtragem, em filtros de malha fina e de passagem lenta, previamente secos e pesados. Após filtragem os filtros foram novamente secos e pesados (figura 23), e a razão entre a diferença da pesagem final e a inicial teve como produto a produção de

sedimentos na alíquota de amostragem, sendo este valor convertido para o escoamento total por meio de regra de três.

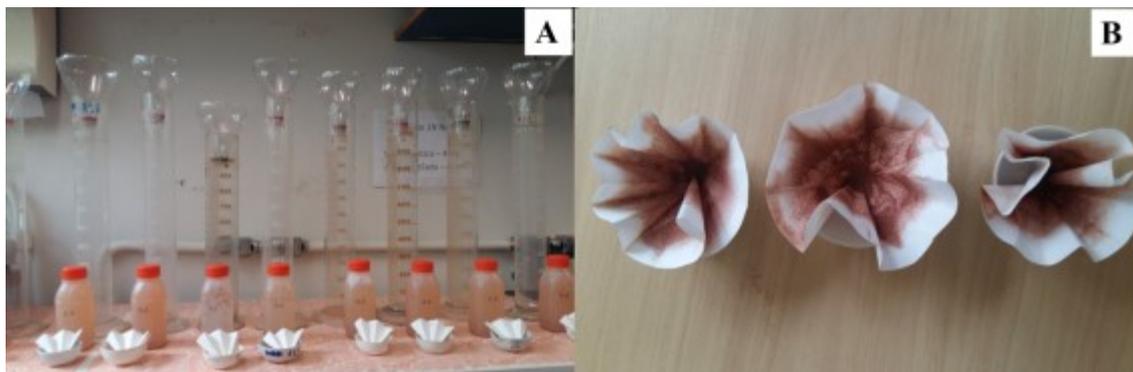


Figura 23 - Procedimento de filtração de alíquotas coletadas em campo. Filtros previamente secos, profetas e funis para procedimento de filtração (A); Filtros com sedimentos, pós filtração e secagem.

5.6.5 Abstração Inicial

A Abstração Inicial se caracteriza pelo tempo entre o início da precipitação e o começo do escoamento superficial, representando o período no qual a água proveniente da precipitação é retida no sistema, seja por meio da infiltração no solo ou armazenada pela própria vegetação, até o início da formação do fluxo (CARVALHO, 2011). Para conhecimento desta variável, cronometrou-se o tempo entre o início das simulações e o início do escoamento, observado no recipiente de coleta.

5.6.6 Umidade

Para conhecimento da umidade do solo foi realizado monitoramento por meio de sensores de potencial matricial do solo. O sensor de potencial matricial ilustrado na figura 24, é um dispositivo sensor de estado sólido, com resistência elétrica, com uma matriz granular que avalia o potencial de água no solo de 0 a 200 kPa.

O equipamento interage com o solo mensurando a tensão contida nele, solos com maior quantidade de água tentem a produzir valores mais baixos de potencial, enquanto solos com maior estresse hídrico apresentam valores mais elevados. Três sensores foram inseridos em profundidades superficiais (5-15 cm), de maneira a ter conhecimento da umidade inicial antes da realização de cada experimento.



Figura 24 - Sensor de potencial matricial do solo.

5.7 Análises De Laboratório

5.7.1 Textura

Para determinação da textura foram coletadas três amostras de solo superficiais (0-10 cm de profundidade) no entorno da parcela. Em laboratório foram utilizados procedimentos segundo EMBRAPA (1997), que se baseia na velocidade de queda das partículas que compõem o solo. Fixa-se o tempo para o deslocamento vertical na suspensão do solo com água, após a adição de um dispersante químico (NaOH). Pipeta-se um volume da suspensão, para determinação da argila que seca em estufa é pesada. As frações grosseiras (areia fina e grossa) são separadas por tamisação, secas em estufa e pesadas para obtenção dos respectivos percentuais. O silte corresponde ao complemento dos percentuais para 100%. É obtido por diferença das outras frações em relação à amostra original.

5.7.2 Densidade

A densidade aparente (D_a) foi obtida através do método do anel volumétrico (Figura 25) segundo Embrapa (1997). Foram coletadas em campo ao lado da parcela de experimentos, três amostras de 0-5cm de profundidade, utilizando anel volumétrico de 50cm³, para cada ensaio. Todas as amostras foram identificadas em campo e levadas para laboratório onde, transferiu-se o volume de solo para pesagem e um recipiente identificado com peso previamente verificado. Anotado o peso total da amostra, esta foi

conduzida a estufa a 105-110°C por 24 horas. A Da. do solo foi obtida a partir da seguinte expressão:

$$Da = Ps/V$$

Onde:

Da - Densidade aparente (g/cm³)

Ps - Peso seco da amostra

V - Volume



Figura 25 - Análises de amostra de solo para ensaio de Densidade aparente com anel volumétrico de 100cm³

A densidade de partículas (Dp) foi obtida segundo EMBRAPA (1997). Para tal, pesou-se 20g de terra fina seca em estufa a 105-110°C e em seguida, transferiu-se a amostra para balão volumétrico de 50 ml. Com o auxílio de uma bureta, completar o volume do balão com álcool etílico e anotar o volume gasto (Figura 26). O valor da Dp é obtida pelo seguinte cálculo:

$$Dp = Ps/(50 - Va)$$

Onde:

Dp - Densidade aparente (g/cm³)

Ps - Peso seco da amostra

Va - Volume de álcool gasto

A porosidade total (Pt) foi obtida a partir dos dados de densidade aparente e densidade de partículas (EMBRAPA, 1997), mediante a seguinte relação:

$$Pt = (100 \times (Da - Dp)/Da$$

Onde:

Pt - Porosidade total (%)

Da - Densidade aparente (g/cm³)

Dp - Densidade aparente (g/cm³)



Figura 26 - Densidade de partículas obtida por balão volumétrico

5.8 Análise de Clusters

Visando melhor expor as informações coletadas a campo e estabelecer padrões de comportamento, incorporando as diferentes intensidades em grupos que compartilham entre si semelhanças e também diferenças a análise de cluster foi utilizada.

Através de procedimento estatístico a análise de Clusters também denominada de classificação não supervisionada produz como resultado um dendrograma que interliga as amostras por suas associações, em agrupamento hierárquico que visam organizar um conjunto de casos em grupos homogêneos, de tal modo que os mais semelhantes são diferenciados dos restantes.

Sua interpretação segundo Moita e Moita (1997) se dá através da leitura da árvore de agrupamento gerada, deste modo quanto menor a distância entre os pontos, maior a semelhança entre as amostras existentes, consequentemente a maior distância entre os pontos explicita maiores diferenças.

6. RESULTADOS

6.1 Características das precipitações na área de estudo

Vários são os fatores que influenciam a erosão. A água pode ser considerada um dos agentes mais importantes neste processo. Mesmo estando presente nos vários estados da matéria, tem a capacidade de interferir na superfície terrestre de forma a dar gênese a vários processos que influem na geomorfogênese.

Se tratando de climas tropicais, a água líquida se faz presente nos grande volumes precipitados anualmente, tendo forte correlação com o processo erosivo. Atuando como fator de maior variabilidade no tempo e espaço, sendo considerada o principal agente ativo que intervém na erosão do solo (MEHL et. al, 2001).

O conhecimento da precipitação fornece bases para compreender sua interação com o meio, principalmente quando correlacionada com os diferentes fatores que influem no processo erosivo. Há tempos em um de seus trabalhos, Wischmeier (1959) demonstrou como a relação da perda de solo e a chuva é intrínseca, sendo que para uma área de mesmas características de relevo, solo, e cobertura vegetal indicaram que de 72% a 95% da variação da perda de material se faz pelas características das precipitações.

Metodologias expostas que visam exemplificar esta dinâmica são inúmeras, Wischmeier e Smith (1978); Eltz et al., (1992); Vieira et al., (1998), Belinazo(1991) Marques et al., (1997), e possuem certa variabilidade, devido a heterogeneidade das precipitações ao longo do globo terrestre. Para áreas de abrangência do clima temperado, uma das metodologias mais disseminadas é conhecida como EI30, sendo a erosividade da chuva conhecida pelo produto de sua energia cinética (EC)/intensidade máxima em 30 min. Entretanto aplicada em regiões de clima tropical, não apresenta boa correlação erosiva (HUDSON, 1973; LAL, 1988; GONÇALVES et. al 2006).

Apesar do surgimento de outros índices para aplicação em diferentes áreas, como $KE > 25$; $KE > 10$; PI_m , comumente ainda apresentam resultados inferiores aos encontrados em outros países pelo EI30 (MORAIS, 1986; MARQUES et al. 1997). Isso só exemplifica a dificuldade do desenvolvimento de metodologias de uso geral, tornando-se importante a tipificação das chuvas naturais de cada região da caracterização de cada região para posterior utilização em pesquisa de perdas de solo e água (MHEL et al. 2001).

Para caracterização climática da região da área de estudo se faz importante a obtenção de dados por um longo período de tempo ininterrupto. A World Meteorological Organization (WMO, 1988) estipula um período mínimo de 30 anos de coleta, como visto em alguns trabalhos (BRAIDO e TOMMASELLI, 2010; CORRÊA, 2011). Entretanto, a dificuldade de encontrar dados representativos em uma sequência cronológica tão elevada dificulta a execução de várias pesquisas. Desta maneira, é comum encontrar na literatura diversos trabalhos que se utilizaram de uma sequência reduzida de tempo, devido as limitações expostas para cada (MORAIS et al. 1991; MARQUES et al. 1997; MACHADO, CONFESSOR e RODRIGUES, 2014).

Para realização deste trabalho utilizou-se dados da estação meteorológica situada na Universidade Federal de Uberlândia, com proximidade de 6 km da fazenda onde foram realizados os ensaios. A estação automática vinculada ao INMET fornece dados de hora em hora, sendo possível abranger no estudo uma série sem falhas de 9 anos, de 2009 à 2017.

Segundo a classificação de Köppen, o clima da região de Uberlândia é do tipo Aw, ou seja, apresenta um inverno seco e um verão chuvoso, de acordo com Carrijo e Baccaro (2000), na região de Uberlândia o clima é regido por algumas massas de ar (Equatorial, Tropical e Polar), e a dinâmica de seus deslocamentos tem como reflexo as variações sazonais entre as estações úmidas e secas. Apresentando assim duas 2 estações bem definidas, com temperatura média de 22,4° e precipitação média de 1590 mm (NOVAIS, 2011).

Na estação climatológica do estudo, o comportamento das chuvas (Gráfico 4) não diferiu dos resultados encontrados pela literatura citada, apresentando dois períodos de pluviosidade bem definidos, um chuvoso que vai de outubro a março e outro de entre chuvas de abril a setembro, com volumes médios anuais de 1500 mm, sendo possível observar picos de 1700 mm, como nos anos de 2013 e 2016.

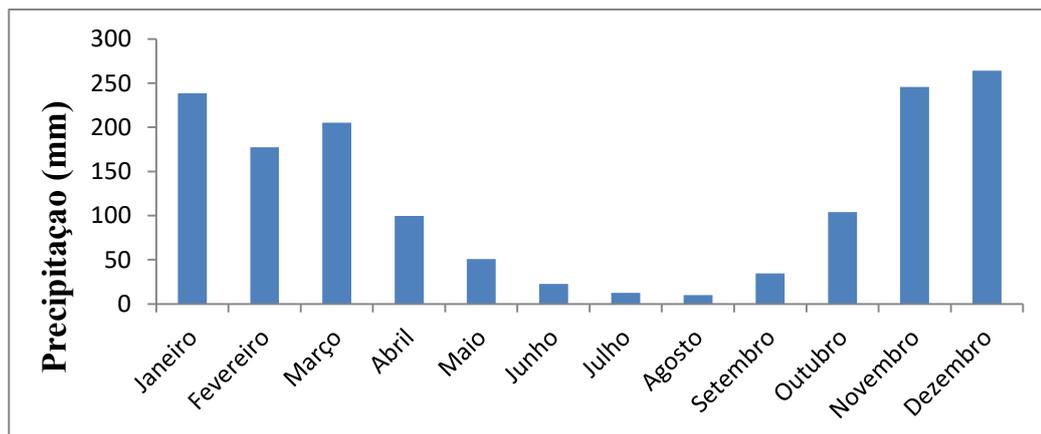


Gráfico 4- Climograma da distribuição de chuvas ao longo do ano. Estação posicionada na Universidade Federal de Uberlândia (Valores são resultados de média de 9 anos, 2008-2017).

Dos 3287 dias analisados no período de nove anos, apenas 1184 destes apresentaram precipitação, representando aproximadamente 36 % dos dias do ano em que a superfície obteve certa interação com a água provinda das chuvas. Apesar disto, os volumes precipitados nestes dias podem não ser suficientes para originarem alterações ao meio, podendo a água nem sequer tocar o solo, seja por interceptação da vegetação, condições de temperatura da superfície, pluviosidade antecedente e umidade.

A precipitação é o resultado da combinação de vários fatores atmosféricos, ao longo do tempo mudanças podem surgir promovendo as chuvas. No geral, a região é influenciada por dois tipos de chuvas, as frontais e convectivas. Segundo Santos (2016) e Mendonça e Oliveira (2007), as chuvas frontais são originadas pela associação de nuvens formadas a partir da ascensão de ar úmido ao longo de rampas frontais, onde os volumes precipitados são influenciados por: tempo de permanência da frente; umidade da massa de ar; contraste de temperatura das massas e a velocidade de deslocamento.

Já as chuvas convectivas são resultado do acentuado aquecimento de uma coluna de ar úmido, que ao se expandir, apresenta movimento ascendente até níveis superiores da Troposfera, resfriando-se adiabaticamente, gerando chuvas mais intensas que os outros tipos de precipitação existentes (MENDONÇA e OLIVEIRA, 2007).

As precipitações podem vir a ocorrer em períodos diferenciados do dia, podendo este influenciar na gestão da água pelo ambiente. A temperatura dos corpos tende a ser mais elevada em períodos de maior irradiação solar, afetando diretamente as condições de umidade e nas taxas de evaporação. Sendo assim, a água provinda das precipitações que incidem a superfície neste intervalo, podem sofrer influência direta das condições da superfície, e conseqüentemente podendo refletir no escoamento e perda de solo.

Para o estudo, as precipitações se concentram no fim da tarde (17 horas) até o fim da manhã (10 horas). Visando assegurar maior fidelidade ao natural, optou-se para a realização das simulações neste intervalo de tempo. Outro fato que corrobora para realização dos testes neste período se faz pela concentração dos maiores volumes precipitados na região estarem concentrados após as 18 horas, como exposto no Gráfico 5 e Tabela 1.

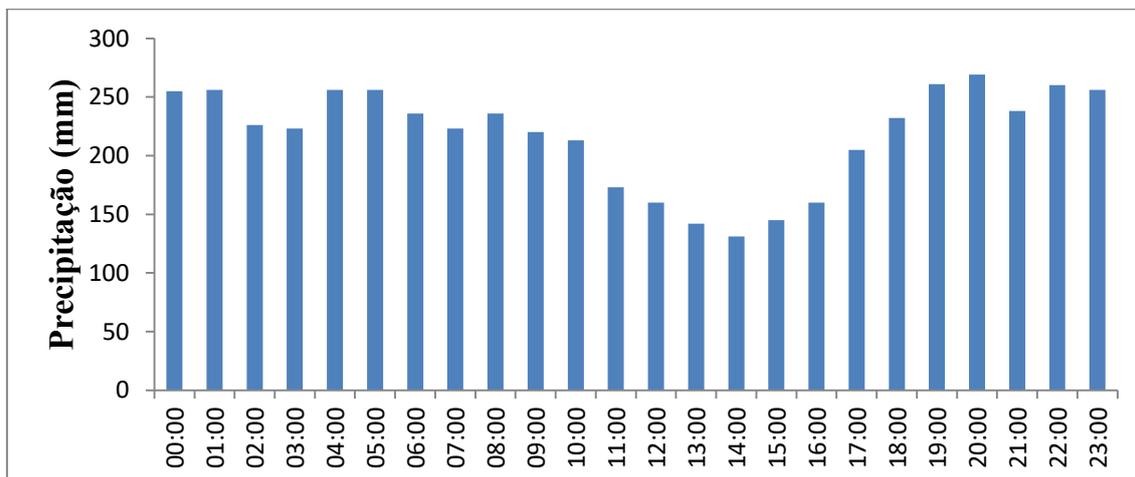


Gráfico 5- Gráfico de distribuição de chuvas ao longo das 24 horas do dia. Estação posicionada na Universidade Federal de Uberlândia (Valores são resultados de media de 9 anos, 2008-2017).

As intensidades das chuvas também podem ter grande variabilidade, e como visto na Tabela 2, grande parte das horas que apresentaram algum tipo de precipitação expuseram volumes abaixo de 5,1 mm em 1 hora de coleta. Desta maneira grande parte dos eventos chuvosos da região tem baixo potencial de geração de fluxo superficial e erosão.

Assim como exposto por Wischmeier (1962), o volume total anual precipitado em uma região poderá ser representado por um conjunto de chuvas de baixa intensidade e frequentes, assim como apresentado na região de Uberlândia. Entretanto apesar da pouca ocorrência, chuvas de maior intensidade podem apresentar grande relevância no total precipitado anual, como visto na Tabela 3.

Desta maneira, o processo de alteração da superfície terrestre se faz de forma gradual, onde a morfogênese ocorre de maneira mais acentuada em uma quantidade mínima de eventos chuvosos, pois a grande maioria não tem potencial real de desencadear processos ao meio.

Volume (mm)	Volume total	Horas de chuva	% horas	% Volume
0,1-5	5096,4	4626	87	39
5,1-10	2671,2	384	7	20
10,1-15	1518,6	125	2	12
15,1-20	1217,8	72	1	9
20,1-25	849,4	40	1	6
>25	1739,9	56	1	13

Tabela 1 -Distribuição dos volumes totais de chuva divididos em intensidades . Estação posicionada na Universidade Federal de Uberlândia (Valores são resultados de média de 9 anos, 2008-2017).

Volume (mm)	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
0,1-5	856	468	535	251	149	105	85	39	177	354	614	820
5,1-10	54	42	47	25	14	3	0	5	8	29	59	79
10,1-15	21	10	14	6	4	3	0	0	4	5	11	17
15,1-20	13	6	5	6	1	0	1	0	1	5	8	18
20,1-25	4	7	6	3	1	1	0	0	0	0	9	3
>25	5	8	8	5	1	0	0	0	0	2	11	7

Tabela 2 - Distribuição do número de eventos chuvosos de acordo com volumes e meses do ano. Estação posicionada na Universidade Federal de Uberlândia (Valores são resultados de media de 9 anos, 2008-2017).

Anos/hora	00:00	01:00	02:00	03:00	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00
0,1-5	222	226	194	195	231	229	211	204	218	204	199	161	150	135	120	131	141	169	188	221	216	193	226	223
5,1-10	22	17	19	22	14	18	17	13	10	11	10	8	8	5	6	10	12	26	23	20	29	21	23	17
10,1-15	4	5	4	4	5	6	3	1	3	3	2	1	2	1	3	2	4	3	8	8	8	7	5	5
15,1-20	2	3	3	0	5	2	0	4	3	1	2	0	0	0	1	0	1	4	8	1	6	7	2	9
20,1-25	2	2	4	2	1	0	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	3	2	3	4	4	1	0
>25	3	3	2	0	0	1	4	0	2	0	0	3	0	0	0	1	1	0	3	8	6	6	3	2
total	255	256	226	223	256	256	236	223	236	220	213	173	160	142	131	145	160	205	232	261	269	238	260	256

Tabela 3 - Distribuição do numero de eventos chuvosos de acordo com volumes e horas do dia. Estação posicionada na Universidade Federal de Uberlândia (Valores são resultados de 9 anos, 2008-2017).

A Tabela 4, exibe o conjunto de precipitações da região que apresentaram volumes maiores que 25 mm/h, sendo apenas 56 eventos no período de 9 anos. Porém, como a estação fornece dados de precipitação em volumes acumulados de hora em hora, a intensidade destes eventos não refletem diretamente as reais, pois os volumes podem se concentrar em um espaço de tempo reduzido desta hora de coleta.

Eventos de precipitação (mm/h) maiores que 25 mm entre os anos de 2008/2017							
47,8	35,6	30,4	26,8	38,6	33,4	28,8	25,4
47,6	35,6	30,2	26,6	38	32,4	28,2	25,4
44,8	35,2	30,2	26,4	37,6	31,6	27,8	25,2
41,2	34,8	29,8	26,4	37,6	31,2	27,4	25,2
40,6	34,2	29,6	26,4	37,2	31	27,2	25,2
40,2	34	29,6	26,1	36,4	30,8	27,2	25,2
40	33,6	28,8	25,6	35,8	30,4	26,8	25,2

Tabela 4 - Eventos de chuva que apresentaram volumes maiores que 25 mm. Estação posicionada na Universidade Federal de Uberlândia (Valores são resultados entre os anos de 2008-2017). Valores expressão referem a mm/h.

Portanto, optou-se por replicar chuvas simuladas de eventos com maior possibilidade de interação com o meio. E por não ser possível o conhecimento real da intensidade da precipitação local, estimou-se a média precipitada dos 56 eventos (32 mm), para ser aplicado de forma ininterrupta em um tempo de 30 minutos nas parcelas de testes.

Panachuki et. All (2006), ressalta que para melhor efeito de comparação entre as simulações as condições de umidade devem ser levadas em conta, onde de acordo com o próprio autor uma pré-simulação que anteceda 24 horas os testes deve ser realizada com intuito de fornecer ambiente mais homogêneo em todas os testes.

6.2 Calibração do Simulador

Estudos erosivos que se utilizam de chuva simulada necessitam de efetuar a calibração do simulador previamente a realização dos experimentos de campo, visto que por meio de seu funcionamento correto se torna possível replicar pluviosidades de forma mais fiel possível.

Alguns critérios devem ser levados em conta Tossel et al. (1987) utilizado por Alves Sobrinho et al. (2002) estipularam que o simulador deve ser apto a atender os seguintes quesitos, a saber: 1- capacidade de simular chuvas de modo contínuo; 2- expor a relação entre a energia cinética da chuva produzida e a natural superior a 75%; 3- o raio de ação útil da área molhada deve cobrir área acima de 0,50 m², estando de acordo com o coeficiente de uniformidade superior a 80% (CHRISTIANSEN, 1942) e 4- produzir gotas de diâmetro médio similar ao de chuvas naturais.

Para isto, a caracterização do espectro de gotas produzida pela ação das pontas de aspersão é de fundamental importância. A variação da distribuição espacial, volumétrica e dimensional das gotas, influencia diretamente na erosividade das chuvas produzidas, assim como sua semelhança ao natural.

O conhecimento destas características auxilia na melhor precisão do simulador, uma vez que os variados bicos existentes produzem um grande espectro de padrões de jato. A grande preocupação da utilização de simuladores de chuvas voltados a estudos hidrogeomorfológicos é replicar o mais fielmente possível chuvas naturais, havendo então a necessidade das gotas produzidas atingirem o solo em velocidade terminal.

Neste estudo, a caracterização das gotas foi obtida por meio de dois procedimentos distintos, visando acurácia dos resultados. O primeiro procedimento pelo método de bandejas (OLIVEIRA, 1991) e o segundo por meio de Fita Hidrossensível, comumente utilizada na agricultura para aferição de aplicação de agrotóxicos. Desta forma, foram realizadas quatro repetições segundo de Oliveira (1991) e 10 amostragens envolvendo a Fita Hidrossensível.

Bandejas preenchidas com farinha foram expostas à precipitação simulada por um tempo de cinco segundos cada. As gotas ao impactarem à superfície da bandeja são aprisionadas e acondicionadas pela farinha, que após secagem permite sua contagem e posterior dimensionamento do espectro de gotas produzido, como visto na Figura 27.

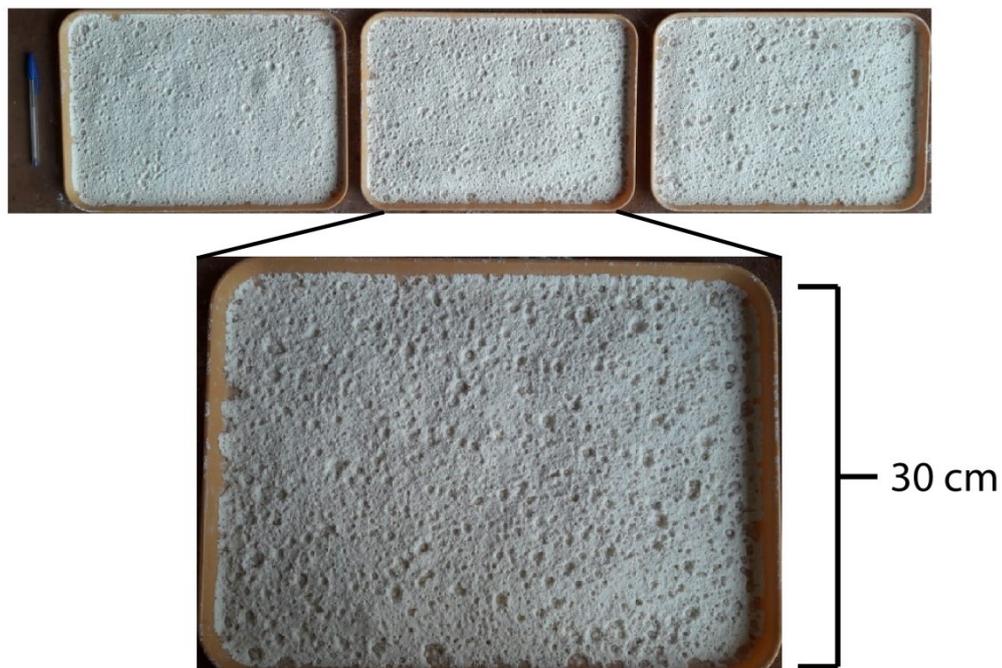


Figura 27 - Impactos das gotas em bandejas preenchidas com 3 cm de altura de farinha, expostas a 5 segundos de precipitação simulada de intensidade média de 62,22 mm/h.

Após aquisição das gotas depositadas na farinha seguindo procedimentos de Oliveira (1991), as mesmas foram divididas em quatro classes de diâmetro (0,850; 1,7; 2 e 3,35 mm). A variação das dimensões das gotas apresentou maiores variações especialmente no diâmetro de 3,35 mm, fato constatado pela sobreposição de gotas de menores calibres que ao impactarem uma sobre a outra foram contabilizadas na categoria de maior dimensão, com visto na Figura 28. Por se tratar de uma categoria que apresentou baixa amostragem, a sobreposição de poucas gotas influenciou na variação acentuada do resultado final.

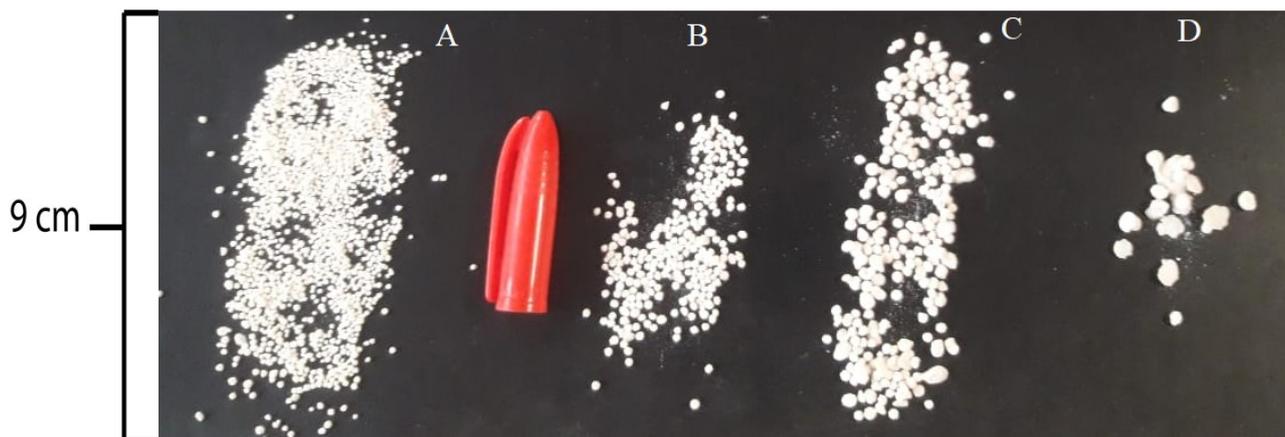


Figura 28 - Grupos de farinha provenientes dos impactos de gotas de chuva simulada de intensidade média de 62,22 mm/h. A- Diâmetro de 0,850 mm; B- Diâmetro 1,7 mm; C- Diâmetro 2 mm; D- Diâmetro 3,35 mm.

Após peneiramento e classificação por diâmetros, foram pesadas 50 gotas por amostra visando extrair o peso médio de cada classe, sendo possível estimar o volume total de cada categoria. Expondo como resultado o diâmetro volumétrico (D50) de 2 mm, conforme Tabela 5.

		Classes (mm)			
		0,85	1,77	2	3,35
Simulações	1	1,732	1,123	2,288	0,476
	2	1,428	0,805	1,784	1,138
	3	1,513	0,988	2,016	0,655
Média de peso 50 gotas		1,558	0,972	2,029	0,756
Gotas Totais Por Amostra		1002,790	274,060	196,768	52,450
% do volume por categoria		29,31	18,29	38,18	14,23
D50		D50 = 2 mm			

Tabela 5 - Determinação do D50 partindo de dados obtidos por meio de Oliveira (1991), valores expostos referem-se ao peso em gramas.

Visando agregar a estudos hidrogeomorfológicos uma metodologia já consolidada na aplicação de agrotóxicos, e sustentar os resultados encontrados segundo Oliveira (1991), foram replicados 10 eventos chuvosos sobre fitas hidrossensíveis, as quais foram expostas sobre a precipitação por tempo de 1 segundo. As fitas interceptam

as gotas fazendo com que a superfície impactada altere a cor padrão, possibilitando sua visualização, conforme Figura 29.

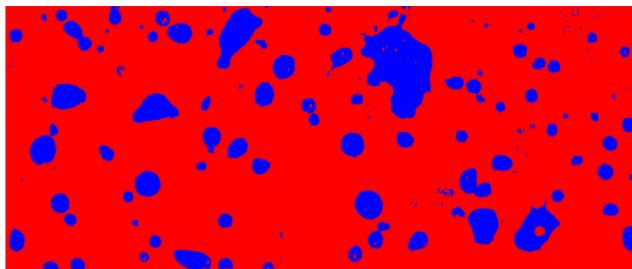


Figura 29 - Papel Hidrossensível após realização de chuva simulada (76x26 mm)

Com a alteração da cor na fita Hidrossensível, torna-se possível a contagem e dimensionamento das gotas, procedimento este realizado de forma automática por meio do Software Gotas, o qual contabiliza e dimensiona cada gota, levando em conta o cálculo de espalhamento da água na superfície do papel.

Os dados extraídos foram de encontro à metodologia de Oliveira (1991), conforme Tabela 6, apresentando grande coesão nos resultados (Tabela 6).

Fitas Hidrossensíveis	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Média
D50 (mm)	2,058	1,923	2,076	1,91	1,893	1,997	2,058	1,954	1,937	2,121	1,9927

Tabela 6 - D50 obtido por meio de fitas hidrossensíveis e tratados no programa Gotas.

De posse da caracterização volumétrica das gotas, tornou-se possível efetuar cálculos que envolvem a energia cinética das chuvas produzidas, assim como verificar se as mesmas atingem o solo com velocidade terminal correta. Para tal a utilização do software EnerChuva desenvolvido por Alves Sobrinho et al (2001) foi utilizado, onde por meio dos dados de entrada o programa expõe de forma automática os resultados.

Para os cálculos, considerou-se o diâmetro volumétrico das gotas (D50) de 2 mm, pressão de serviço do simulador de 12 psi, e altura do solo ao bico de aspersão de 4,60 metros. Como resultado, o simulador apresentou velocidade inicial de saída das gotas nas pontas de aspersão de $(V_o) = 11,17 \text{ ms}^{-1}$, e após percorrerem a distância do simulador ao solo, reduziram sua velocidade terminal para $(V_f) = 7,24 \text{ ms}^{-1}$.

Com isto, o simulador produzido neste estudo expôs gotas simuladas que apresentaram Energia Cinética de $E_{cS} = 816,08 \text{ J m}^{-2}$. Valores próximos à chuvas

naturais com mesmo tamanho de gota $EcN = 824.55 \text{ J m}^{-2}$, expondo relação de 99% entre tais.

Valor bem acima do limite mínimo exposto por Tossel et al. (1987), que deve ser acima de 75 %. Com a confirmação da estreita relação entre as chuvas naturais e as produzidas, permitiu dar sequência aos próximos passos da calibração do simulador.

A uniformidade dos volumes precipitados pelas simulações também deve ser levada em conta. Segundo Christiansen (1942), em estudos de irrigação este valor deve ser maior que 80%. Para isto, 10 eventos foram replicados com intuito de mensurar os volumes precipitados.

A área afetada pela simulação é de aproximadamente 30 m^2 , no entanto as áreas mais externas recebem valores inferiores às internas. Para assegurar que as parcelas recebessem volumes precipitados de água semelhantes e constantes, volumes pontuais foram coletados ao longo de todo raio de ação do simulador, por meio de uma grade de recipientes coletores dispostos a 55 centímetros de distância entre si, no eixo x e y (Figura 30 e 31).

A Tabela 7, demonstra como os volumes precipitados dentro da faixa molhada produzida pelo simulador se mostra heterogênea, pois as pontas de aspersão não produzem volumes homogêneos ao longo de seu raio de ação, apresentando variações nas pluviosidade em determinadas áreas do leque de atuação.

Grade de aferição de volumes precipitados na área de cobertura do simulador (valores em mm)									
	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	8	11,76	25,87	11,76	6,12	6,12	18,82	9,41	4,23
2	20,23	36,69	44,69	36,69	25,87	39,98	49,39	28,22	17,88
3	30,58	44,69	61,15	58,33	61,15	63,5	65,86	48,45	25,87
4	37,63	56,45	72,91	61,15	67,27	70,56	75,26	49,39	35,75
5	47,04	69,62	72,91	57,86	64,44	65,86	70,56	62,56	43,75
6	49,39	70,56	74,32	53,16	51,74	51,74	62,09	58,8	44,69
7	35,28	60,21	56,45	42,34	31,99	35,28	48,45	53,16	44,69

Tabela 7 - Valores médios provenientes de 10 simulações, volumes apresentados em mm, são pontuais e tem espaçamento entre si de 55 centímetros.

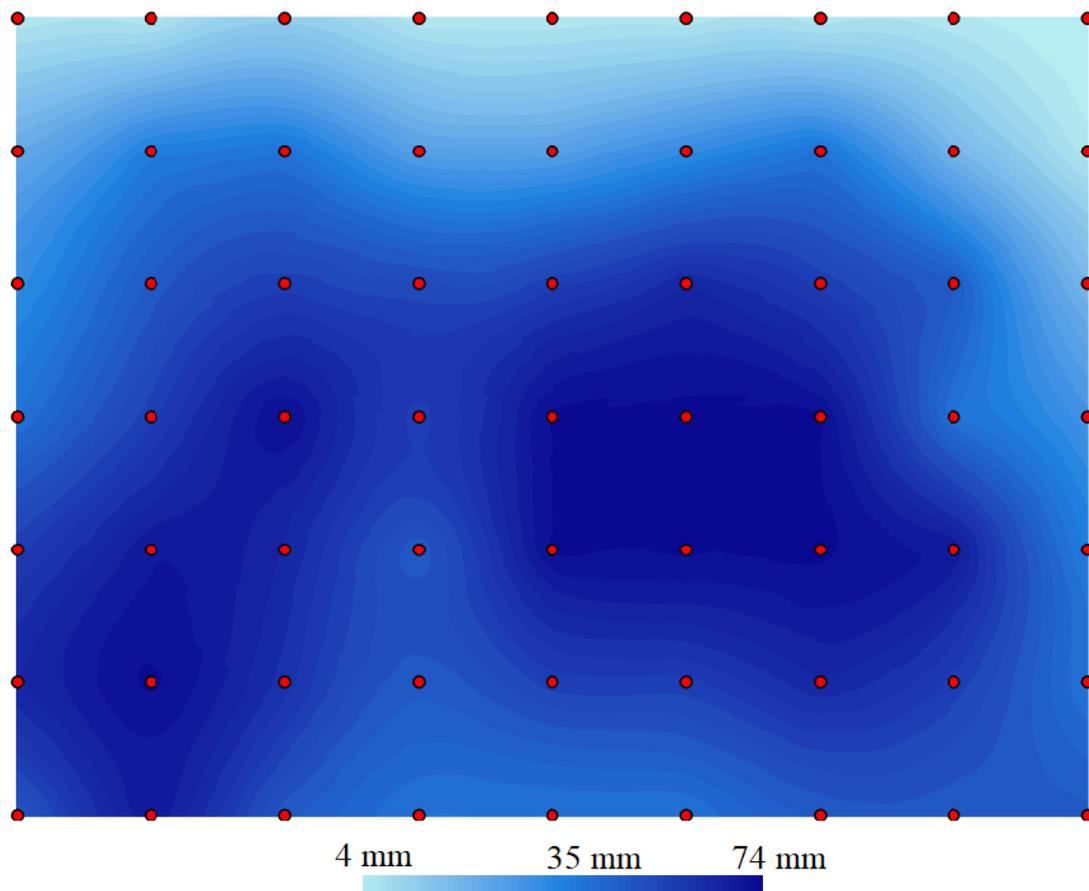


Figura 30 - Dispersão da precipitação em toda área molhada pelo simulador de chuvas

De posse dos dados amostrais, pode-se estipular o melhor local para posicionamento das parcelas de erosão, dispondo-as em nas localidades que demonstraram maior constância nos volumes precipitados (Tabela 8). O cálculo do Coeficiente de Christiansen (1942) foi executado com a média de todos os pontos de recobrimento das parcelas, resultando em 92 % de homogeneidade, valor bem acima do limite mínimo, demonstrando constância nos volumes precipitados. Sendo assim, a faixa de trabalho escolhida ofereceu intensidades médias de 62,22 mm/h,

Área ideal para inserção do simulador de chuvas entre toda área molhada (valores em mm)									
	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	7,25	7,25	14,49	7,25	7,25	7,25	7,25	7,25	4,35
2	26,09	40,58	43,48	28,99	28,99	36,23	43,48	21,74	7,25
3	36,23	50,73	57,98	55,08	57,98	65,22	57,98	50,73	21,74
4	43,48	57,98	72,47	57,98	72,47	72,47	72,47	43,48	33,34
5	57,98	69,57	65,22	50,73	72,47	72,47	72,47	69,57	40,58
6	65,22	72,47	62,32	50,73	57,98	57,98	65,22	57,98	43,48
7	50,73	69,57	50,73	43,48	43,48	43,48	50,73	50,73	50,73

Tabela 8 - Dispersão da precipitação em toda área molhada pelo simulador de chuvas, valores relativos a intensidades médias de 62,22 mm/h.

A distorção nos valores precipitados se fez presente em todas as parcelas, sendo que no geral os volumes tiveram variação entre 95,9 % até 103% com relação à 62,22 mm/h (Tabela 9), uma diferença de 7,1% aceitável, uma vez que pode ser alterada de acordo com condições de simulações, a depender da velocidade, direção e duração dos ventos.

Faixa ideal para inserção das parcelas de erosão dentro da área molhada produzida pelo simulador de chuvas (valores em mm)							
	B	C	D	E	F	G	H
3	50,73	57,97	55,07	57,97	65,22	57,97	50,73
4	57,97	72,47	57,97	72,47	72,47	72,47	43,48
5	69,57	65,22	50,73	72,47	72,47	72,47	69,57
6	72,47	62,32	50,73	57,97	57,97	65,22	57,97
Média	62,68	64,49	53,62	65,22	67,03	67,03	55,44
	Parcela 1	Parcela 2	Parcela 3	Parcela 4			

Tabela 9 - Distribuição das parcelas de erosão. Valores proporcionais relativos à precipitação

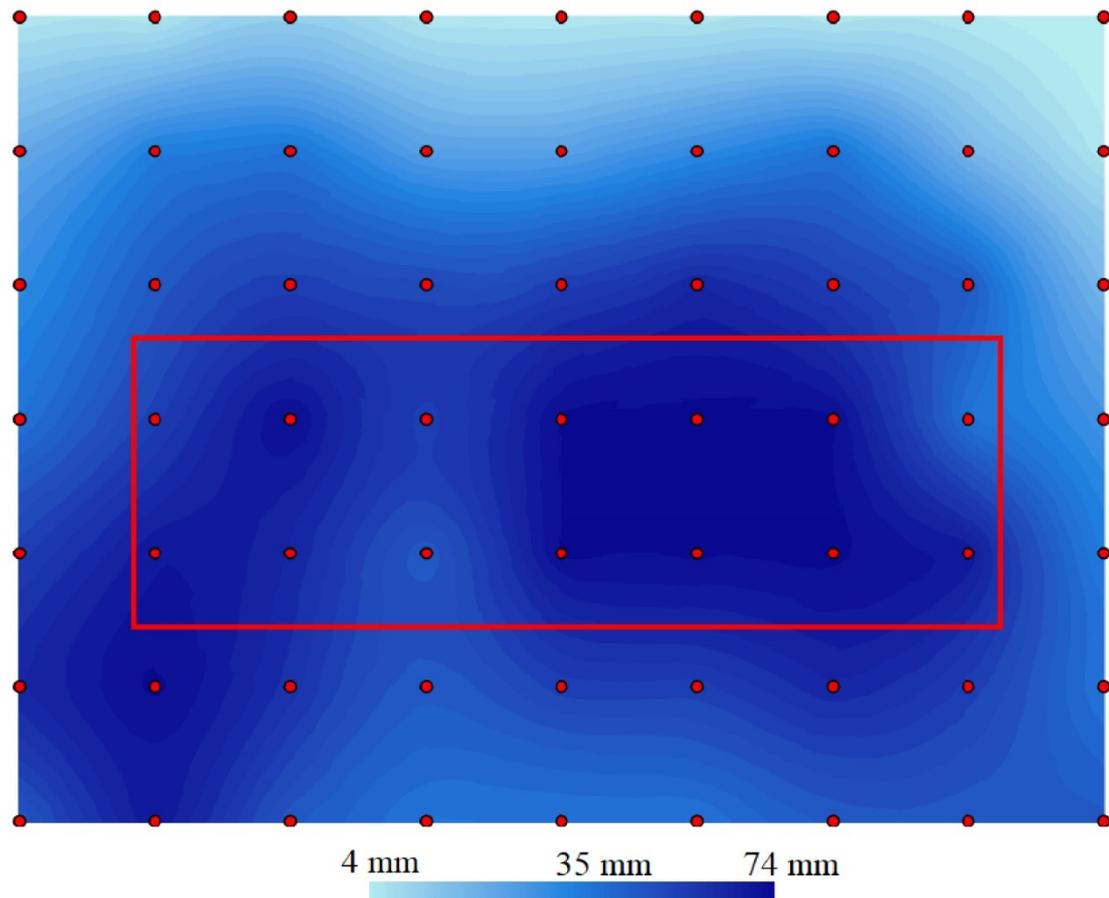


Figura 31 - Local ideal para fixação das parcelas de erosão, de acordo com as variações na dispersão da precipitação em toda área molhada pelo simulador de chuvas

Conclui-se:

- Por produzir chuvas de modo contínuo;
- Com gotas que apresentam diâmetro médio (d_{50}) de 2 mm, expondo relação entre a energia cinética das pluviosidades simuladas e a natural de 99% em uma área de ação homogênea de 4 m^2 ;

- Estando de acordo com o coeficiente de Christiansen (1942) 92%;

O simulador atende todas as exigências necessárias para simulação de chuvas em estudos que envolvem erosão.

6.3 Experimentos a Campo

As simulações foram efetuadas nos principais usos inseridos no ambiente rural de cerrado, conforme discutido anteriormente. Foram estabelecidos ensaios nas culturas de Milho; Soja e Café; no ambiente de estrada; pastagem; e por fim em cerrado em regeneração (vegetação arbustiva com presença de gramíneas/) comumente conhecido como pasto sujo.

Os ensaios foram realizados nos anos de 2017 e 2018, em dois momentos distintos, visando produzir dados em diferentes estações do ano. Uma no período entre chuvas da região (outono-inverno) e outra no período de chuvas (primavera-verão), Consistindo então de uma (1) simulação em quatro parcelas de erosão por estação (figura 32).

Entretanto não foi possível aplicar esta metodologia em todos os usos, pois as culturas de milho e soja se estabelecem no campo apenas na estação chuvosa, sendo possível encontra-las apenas em um período do ano.

Utilizou-se também para cultura do milho dois períodos de testes, um após 32 dias de plantio e outro após 46 dias, para correlacionar mudanças na cobertura vegetal exposta pela cultura com a variação temporal. Para cultura do milho também utilizou-se do simulador inicial exposto por Luck, Abrahms e Parsons (1986), inserido sobre apenas uma (1) parcela de erosão, e para efeito de tratamento estatístico três repetições foram realizadas com espaçamento de 1 dia entre cada.

Em resumo com exceção da cultura do milho, todas os usos receberam o mesmo tratamento, entretanto conforme exposto o simulador confeccionado para este trabalho se apresenta como uma variação do utilizado na cultura do milho, podendo assim haver comparações entre os demais experimentos.

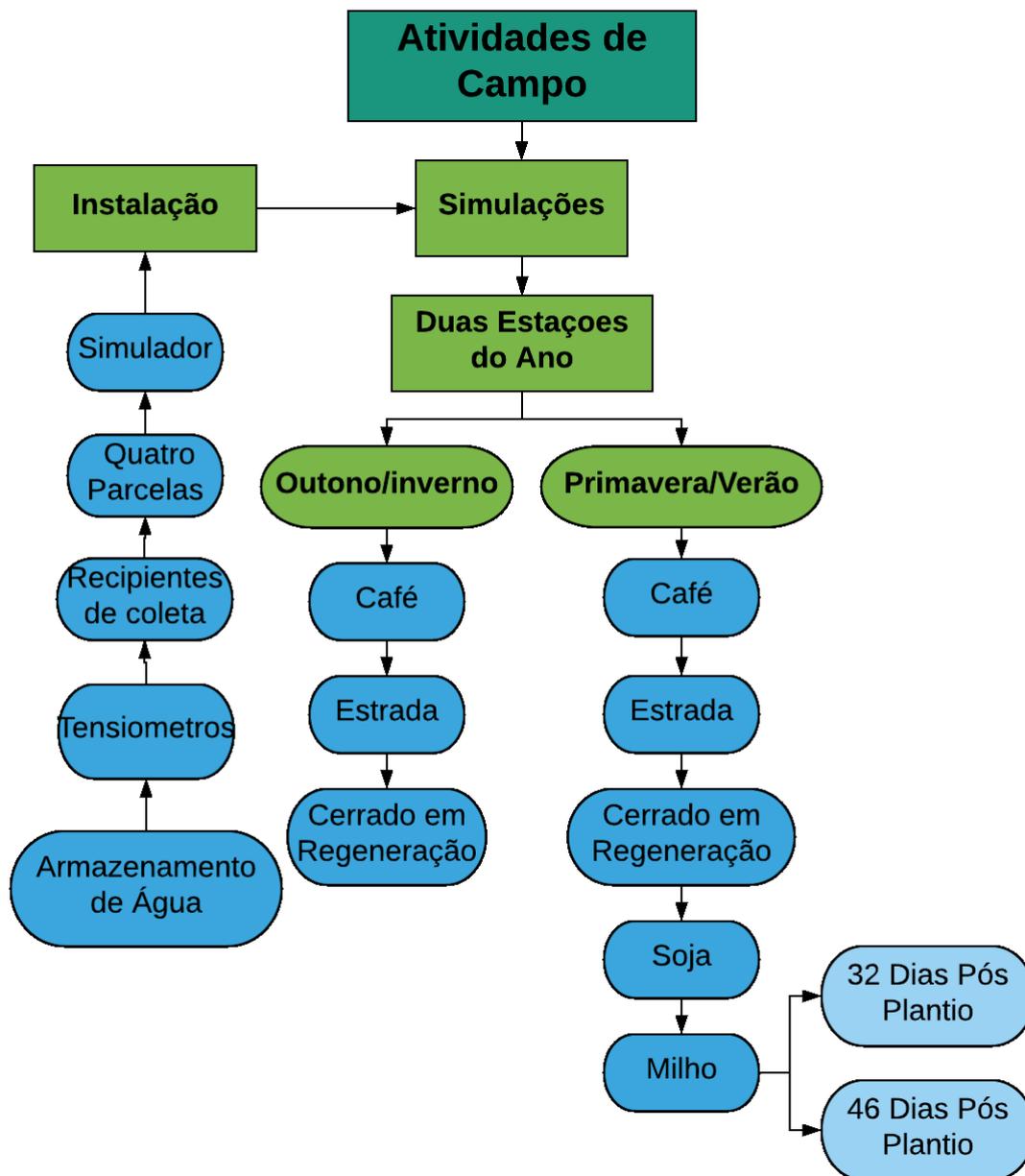


Figura 32 - Fluxograma das atividades de campo

6.3.1 Cultura de Milho

De acordo com Barros e Calado (2014), o milho está inserido na classificação botânica como pertence à ordem *Gramineae*, família *Poaceae*, género *Zea* e espécie *Zea mays L. A.*, e como visto nos trabalhos de Magalhães e Durães (2005) sua constituição pode ser subdividida em diferentes partes, onde as principais tratadas neste trabalho são; sistema radicular; caule e folhas.

A planta é composta por uma haste cilíndrica ereta, sua estatura pode variar de acordo com os diferentes tipos de cultivares encontradas e estádios fenológicos da

planta, podendo atingir até 2 metros de altura do solo ao topo, alterando o número de folhas expostas de acordo com sua estatura e cultivar. Possui crescimento acelerado e compatível ao adensamento, produzindo elevada biomassa por hectare (CRUZ et al., 2011).

De acordo com Fornasieri Filho (2007) e Souza (2012) o crescimento da cultura do milho se faz em grande parte ainda quando as folhas estão fechadas, no qual à medida que o colmo vai se alongando as folhas vão sendo expostas em sentidos alternados, havendo assim diferentes possibilidades de interação com o meio de acordo com os estágios fenológicos da cultura.

Para realização dos ensaios na cultura do milho, uma área 30x30 metros foi preparada nos moldes convencionais, com auxílio de maquinário para arar e nivelar o solo, sendo estabelecido densidade de 65.000 plantas/há. Desta forma, 2 linhas da cultura permaneceram dentro da parcela de erosão. Cabe destacar que a parcela foi inserida no ambiente sem haver a retirada das plantas do entorno, podendo estas influenciar dentro da parcela.

Buscou-se com a amplitude de tempo escolhida (32 e 46 dias) mudanças nos estádios vegetativos da cultura, sendo o período escolhido representativo no crescimento das plantas, nas quais passaram por transformações em sua morfologia, com a exposição de uma serie de folhas, que refletem em um aumento expressivo da biomassa, recobrando grande parte do solo.

O período entre testes proporcionou tempo para o crescimento da cultura, constatado sob análise comparativa do software ENVI (Figura 33), onde por meio do aumento da biomassa possibilitou a cultura recobrir grande parte do solo exposto, partindo de 27,1 %, nos primeiros ensaios (32 dias pós plantio), para 4,5 % nos ensaios finais (46 dias pós plantio).

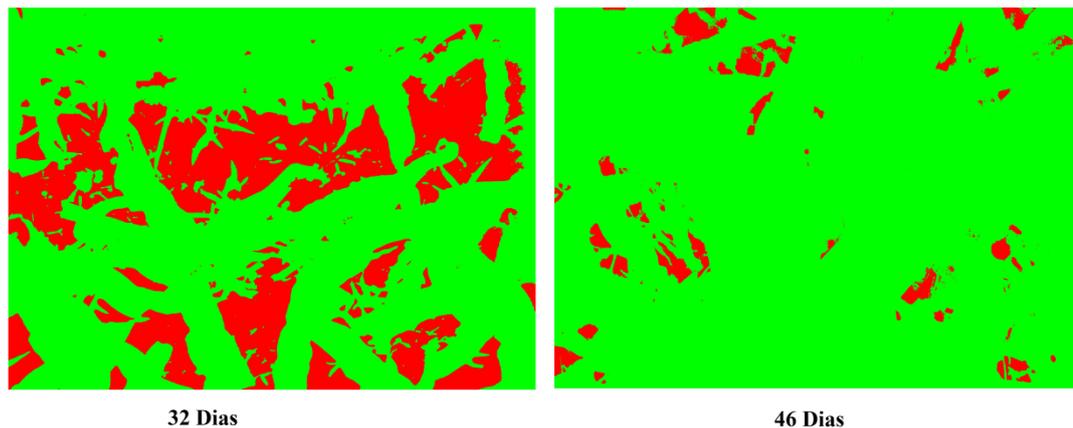


Figura 33 - Análise comparativa entre a cobertura vegetal e o solo exposto na cultura do milho, em diferentes fases vegetativas. Aos 32 dias apresentando 72,8 % de cobertura vegetal e 27,2 % de solo exposto, e para 46 dias 95,5 % e 4,5% respectivamente.

Os diferentes estádios vegetativos da cultura do milho, cultivado sob manejo tradicional afetaram diretamente tanto no volume escoado superficialmente como na produção de sedimentos (Figura 34). Além da variação da cobertura vegetal mudanças na estrutura do solo também ocorreram ao longo do tempo dos experimentos, pois ao prepará-lo para o plantio revolvendo-o, altera-se sua estrutura resultando em condição de maior porosidade e menor agregação, desta forma afetando diretamente nos valores escoados e erodidos.

Com 32 dias pós plantio (E1) a cultura encontrava-se no estágio vegetativo (v8) onde o estande apresentava 50% mais plantas com 8 folhas totalmente expostas. Desta forma observou-se para a primeira hora de simulação (1A) um tempo médio de 8:06 minutos para início do escoamento superficial, com abstração inicial de aproximadamente 9,33 mm de água.

O avanço linear do fluxo superficial expos alta correlação de crescimento (Figura 34), e se fez à medida que a precipitação preencheu os espaços vazios existentes no sistema, seja ocupando os poros vazios do solo ou cavidades capazes de armazenar água existente nas próprias plantas do milho (SHEEDER et al., 2002; MELLO et al., 2003).

A produção de sedimentos não demonstrou alta correlação, pois a coleta de 10 minutos expos valor bem acima aos demais. Possivelmente algum agregado próximo a calha foi conduzido pelo fluxo até o recipiente de coleta, destoando de forma significativa às demais coletadas seguintes, que apresentaram crescimento linear assim como o fluxo de escoamento superficial.

Para o período de 46 dias pós plantio notou-se o crescimento vegetativo da cultura, apresentando estadio vegetativo v14. Apesar da semelhança comportamental se comparado ao primeiro ensaio (Figura 34) verificou-se diminuição no início da produção do fluxo superficial (4:05 minutos) com abstração de 4,23mm.

A alta correlação da produção do escoamento superficial foi acompanhada pela produção de sedimentos. Assim como na primeira fase de experimentos no milho (32 dias) os valores foram se elevando a medida em que os espaços capazes de armazenar água foram sendo preenchidos, afetando a condutividade hidráulica conforme exposto por Silva e Kato (1997); Amorim et al. (2001).

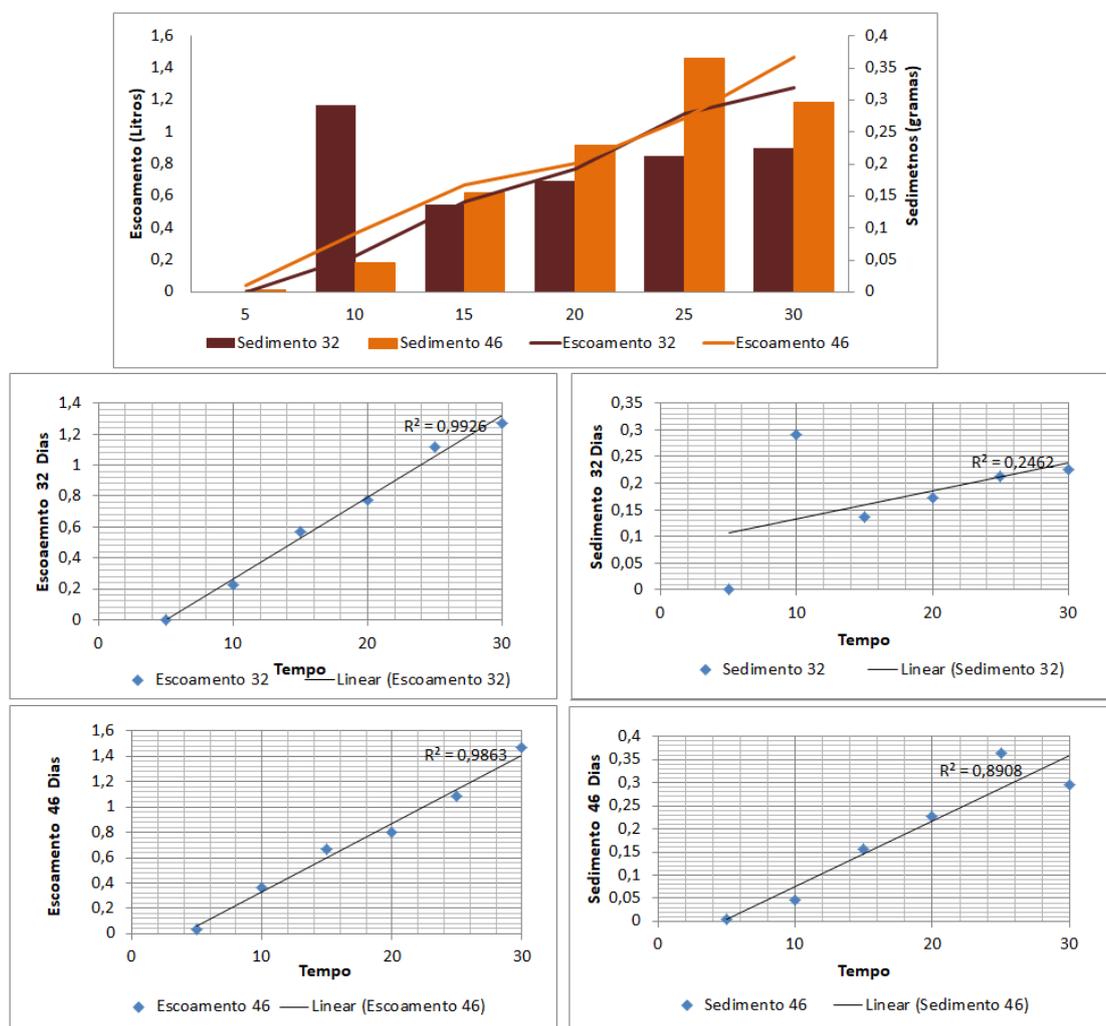


Figura 34 - Produção de escoamento superficial e sedimentos em parcela de erosão inserida na cultura do milho em dois períodos diferentes 32 e 46 dias pós plantio sob chuva simulada de precipitação média de 62,22 mm/h.

Com relação ao escoamento e produção de sedimentos totais (Figura 35), mesmo a parcela apresentando maiores valores de solo exposto após 32 dias de plantio (27,1%), possibilitando o impacto direto das gotas na superfície e consequentemente promovendo a desagregação do material superficial (PANACHUKI et al., 2006), os maiores valores de ambas as variáveis foram expostos aos 46 dias de plantio, pois o fluxo deve apresentar competência suficiente para transporte, se tornando maior na segunda fase de experimentos (46 dias).

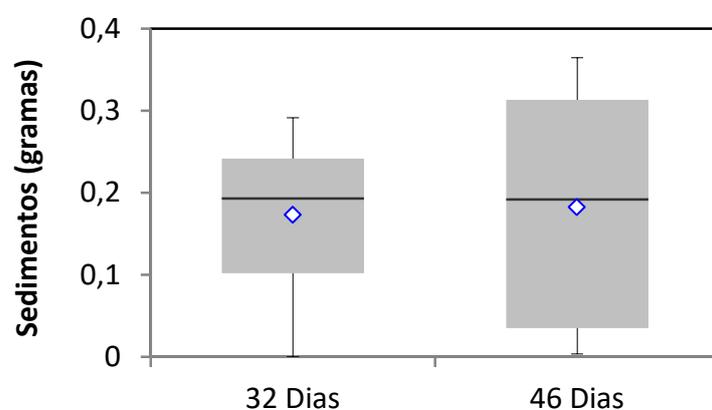
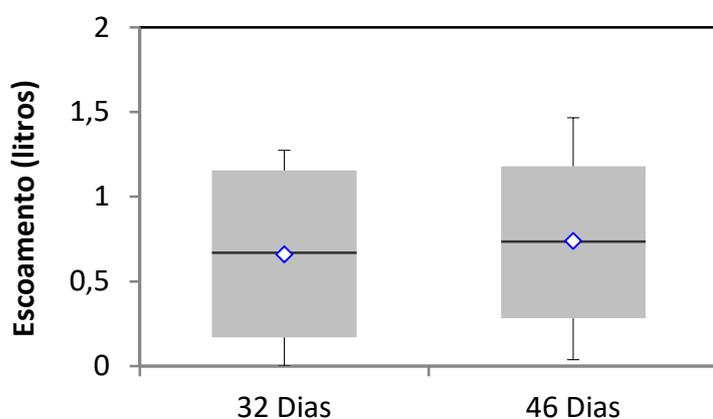
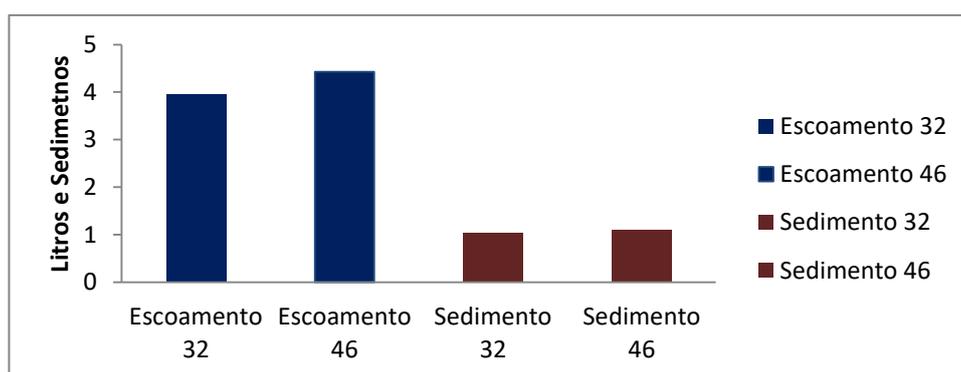


Figura 35 - Escoamento e sedimentos totais em parcela de erosão localizada na cultura do milho, cultivado em sistema tradicional de plantio. Valores apresentados referentes à médias de 3 simulações.

As taxas de erosão, obtidas pela razão entre a produção de sedimentos e escoamento superficial no tempo de cada coleta, demonstraram grande correlação para segunda fase de experimentos (0,912), bem acima da correlação de 0,47 exposta na fase de 32 dias de plantio. Esta diferença se deu pela amostragem do tempo de 10 minutos, pois esta destoou de forma significativa às demais (Gráfico 6), possivelmente devido a

maior quantidade de solo exposto na parcela, dando oportunidade a ação direta das gotas de água na superfície, podendo ter salpicado algum agregado até a calha coletora, influenciando diretamente na quantidade de sedimentos contabilizados.

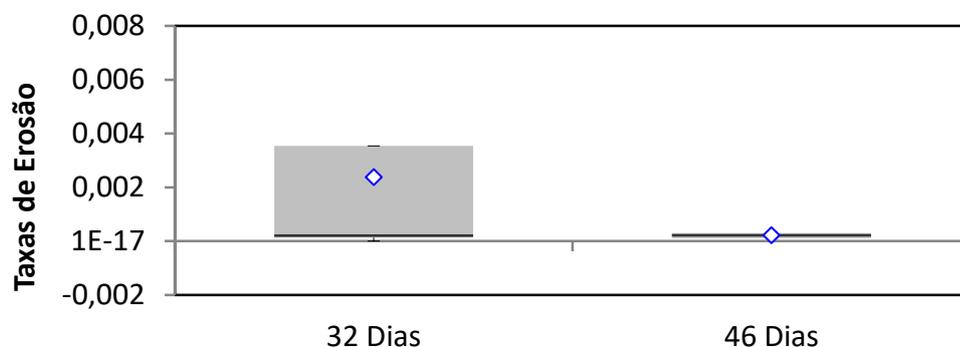


Gráfico 6- Taxa de erosão em parcela de erosão inserida na cultura do milho no período de 32 e 46 dias pós plantio, valores são resultados de medias de 3 repetições.

Os valores apresentados expuseram a forma que este tipo de sistema de cultivo se relaciona com a água provinda de precipitações elevadas, sendo que nos primeiros minutos de chuva o solo e sua cobertura abstraem grande parte do volume precipitado. Entretanto, após os 5 minutos iniciais, as condições de saturação comprometem a capacidade de percolação da água no perfil, escoando o excedente de forma progressiva e linear até findar as precipitações.

Apesar de maior recobrimento do solo exposto pela cultura do milho em 46 dias pós plantio, o fluxo superficial apresentou maior volume neste período. Tal fato pode ser explicado por alguns fatores:

Além da cobertura vegetal, o acomodamento do solo também possui efeitos no escoamento, pois a fase de plantio demandou o revolvimento de sua camada superficial, fornecendo maior aeração e conseqüentemente aumentando a quantidade de poros para infiltração da água, concordando com os ensaios efetuados aos 32 dias, onde apresentaram valores mais baixos de escoamento.

E como exposto por Valentin e Bresson (1992), Alves e Cabeda (1999), os repetidos impactos diretos das gotas de chuva aliados à cinética do escoamento superficial, desagregam as partículas superficiais do solo, e ao reacomodar-se geram uma camada fina compactada (selamento), diminuindo a macroporosidade e afetando diretamente na condutividade hidráulica, proporcionando expressiva diminuição da infiltração conforme Tackett e Pearson, 1964; Reichert, Veiga e Cabeda, 1992; Silva e Kato, 1997; Brandão et al., 2007; também podendo ser constatado por amostragens de

solo, que não demonstraram mudanças em sua compactação como visto a seguir (tabela 10).

Amostra	Densidade total	Umidade%	Penetrômetro (Lbs)
32 Dias Pós Plantio	1,26	12,5	24
46 Dias Pós Plantio	1,25	12,11	23

Tabela 10 - Densidade total; Umidade; Dados Penetrômetro de solo com anel; valores expostos são resultados de valores médios de 3 amostragens.

Rangel e Guerra (2017) demonstram que a densidade do solo crítica é dependente de sua classe textural. Desta forma, Reichert et al. (2003) propuseram o limite para densidade de algumas classes, sendo que para a classe textural do solo encontrado na área de estudo (franco-argiloso), os valores iniciam-se a partir de 1,7 a 1,80 g/cm³, demonstrando assim que os valores 1,25 e 1,26 cm³ constata a não compactação do solo, provinda pelo manejo que antecedeu o plantio.

A morfologia da planta do milho também possuiu grande impacto nos resultados, pois auxilia diretamente na concentração da água proveniente da chuva. Estádios fenológicos mais avançados das plantas proporcionam maior área de interceptação das gotas, concentrando e elevando o fluxo.

Como se observa na Figura 36 (B), a planta do milho é composta por uma haste ou colmo, que apresenta ao longo de sua extensão alguns Nós (1) e Entrenós (2), em cada nó há o crescimento de 1 folha, que apresenta crescimento invertido à sua subsequente em relação a posição do colmo, garantindo equilíbrio no desenvolvimento da planta, sendo que todas folhas possuem mesmo sentido como visto na figura.

Nota-se como a forma e arranjo das partes constituintes da planta favorecem a acumulação de água em seu colmo (Figura 36 A). Sua folha por grande parte de sua extensão se mostra ereta, possuindo forma e ângulo capaz de interceptar e conduzir as gotas de chuva até a parte central da planta, formando um fluxo de água que aumenta do topo à base, devido seguidas contribuições de cada folha.

Por se tratar de uma cultura cujo adensamento reflete em maior produção e prevenção de tombamentos (RESENDE et al. 2003; SANGOI et al., 2006; DEMÉTRIO et al., 2008) o número elevado de plantas acaba por produzir ampla quantidade de folhas interceptadoras que recobrem grande parte do solo. Desta maneira cada indivíduo

concentra o volume de chuva de sua área de interceptação até um único ponto, como observado em campo e retratado na Figura 30 como um todo.

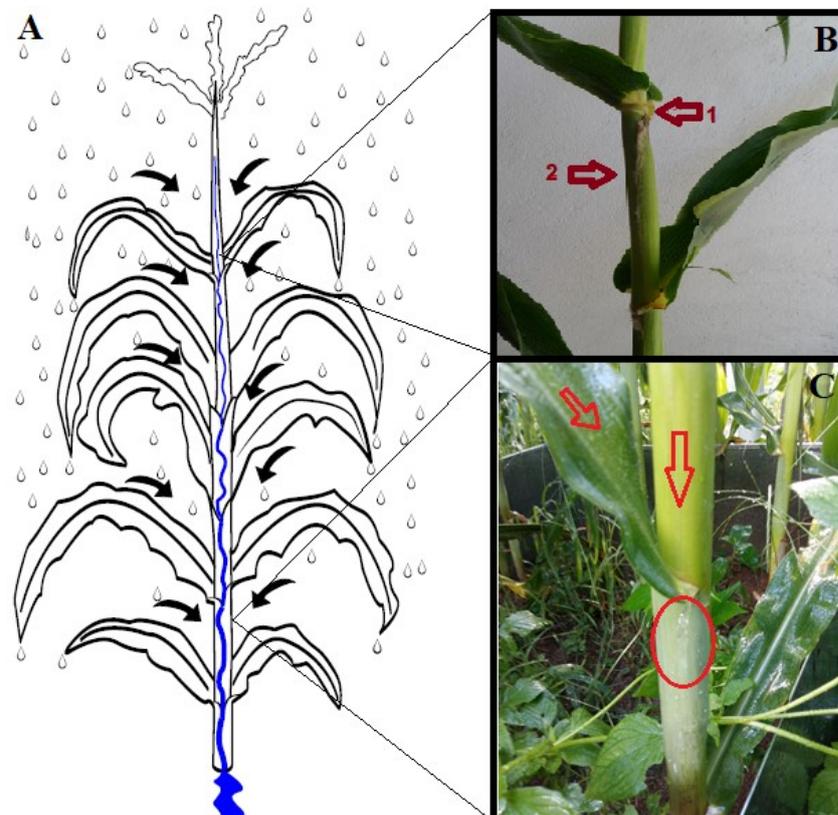


Figura 36 - Figura 30: (A) Dinâmica da interação da planta do milho com a chuva; folhas interceptam as gotas, onde seu ângulo agudo por grande parte de sua extensão concentra a água de forma a produzir um fluxo maior à cada contribuição das folhas subsequentes;(B) Arranjo das partes constituintes de seu colmo: (1) Nó; (2) Entrenó. Folhas apresentando crescimento invertido e no mesmo sentido, com ângulo próximo à 45°; (C) Concentração das gotas de chuva pela planta do milho, fluxo partindo das partes mais periféricas indo de encontro ao centro da planta, e posteriormente disposto ao solo.

Sendo assim, iniciado às precipitações, o volume concentrado aliado à cinética do fluxo de água disposta de forma acentuada em uma área reduzida, gera um canal de escoamento partindo do alto da planta para sua base (Figura 36 A). A disposição desta quantidade elevada de água, em um único ponto, supera a capacidade de infiltração do solo, promovendo maior fluxo de água que escoam superficialmente.

Apesar do maior volume escoado, a erosão se manteve bem próxima nas duas fases de teses, tal fato que pode corroborar para a perda menos acentuada de solos, se deve ao fato de que o milho obteve maior tempo para fundamentar seu sistema radicular fasciculado, caracterizado por seu adensamento em camadas mais superiores no solo,

onde 65 a 70 % dos seus totais são encontrados na camada mais superficial (0 a 0,10 m), logo agregando as partículas que o constituem (CALEGARI , 2000; COGO E STRECK, 2003; VOLK et al., 2004; COSTA, BARCELOS e RODRIGUES, 2014).

Além do sistema radicular fasciculado a planta de milho também conta com estruturas externas denominadas de raízes adventícias (Figura 37), que se originam na parte inferior do caule logo acima da superfície, onde nos primeiros nós a planta apresenta um volume considerável de emersões.

Desta forma a diferença temporal nas simulações deram oportunidade para o maior crescimento e desenvolvimento destas estruturas, as quais também puderam influenciar diretamente no travamento do solo, atuando com barreira física capaz de diminuir a cinética do fluxo, dividindo-o em canais menores, além de auxiliar na possível retenção de partículas que eventualmente encontravam-se soltas (BIFULCO, 2013).



Figura 37 - Constituintes do sistema radicular da planta de milho capazes de promover interação com o fluxo superficial; (1) Raiz fasciculada; (2) Raízes Adventícias.

6.3.2 Cultura de Soja

A soja é uma leguminosa difundida mundialmente, caracterizada por ser uma dicotiledônea herbácea, de classificação botânica pertencente à classe Rosidae, família Fabaceae e espécie *Glycine Max* (NEPOMUCENO, FARIAS e NEUMAIER, 2008). Por ser uma planta anual, apresenta etapas específicas de desenvolvimento, com estádios fenológicos que segundo Oliveira Jr. et al (2016) se dividem em dois grandes grupos; sendo fases vegetativas: as quais expressam o período de maior desenvolvimento e crescimento da planta; e fases reprodutivas: período este que a planta inicia-se sua fase propagativa, com emergência de flores, vagens e sementes.

As plantas apresentam aspectos morfológicos que podem ser divididos em 3 partes principais (MERCANTE et al, 2011); sistema radicular dotado de eixo principal, apresentando ramificações a partir do mesmo, com presença de nódulos responsáveis pela armazenagem da fixação do nitrogênio (Figura 38 A). Caule ereto, de estatura variável (60 cm à 150 cm) possuindo ramificações bifurcadas, que apresentam-se alongadas dispersas em ângulos variáveis, sendo mais alongados na base e menores próximos ao topo, Figura 38 (NEPOMUCENO, FARIAS e NEUMAIER, 2008).

E por fim, no terço final das ramificações, expondo folhas trifolioladas (Figura 38 C) (com exceção do primeiro par de folhas, que se apresenta simples em virtude de serem resultantes da emergência inicial dos cotiledos).

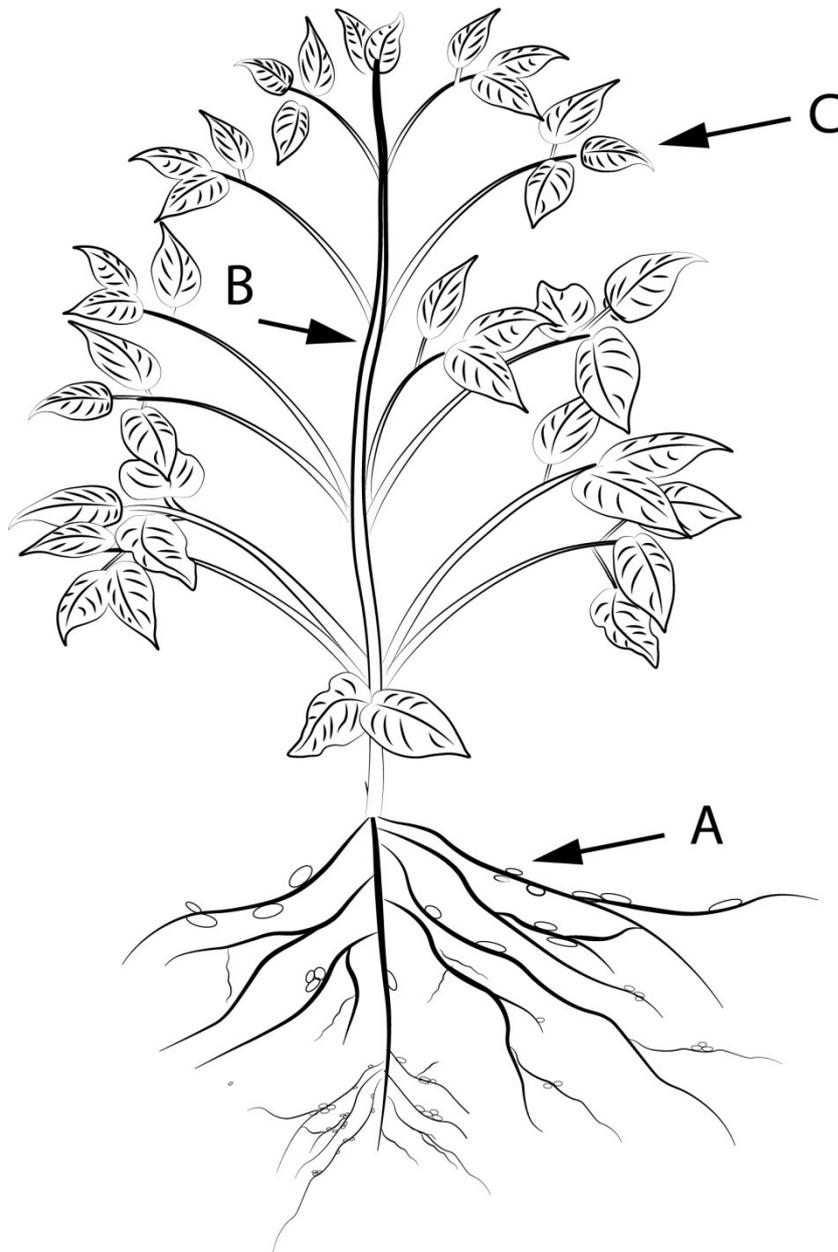


Figura 38 - Aspectos morfológicos da planta de Soja. Subdivisão em três grandes partes, Sistema radicular (A); Caule (B); Folhas (C)

Com relação aos experimentos, o solo do cultivo foi subsolado antes do plantio (60 cm de profundidade), e apresentou densidade de 440.000 plantas por hectare. A cultura apresentava-se em pleno vigor vegetativo, estatura de 80 cm da base ao topo, se enquadrando no estágio vegetativo R6, ou seja, exibindo grão cheio ou completo em um dos quatro nós superiores na haste principal (Figura 39).



Figura 39 - Planta de Soja retirada do local de experimentos, estágio vegetativo R6.

O plantio foi estabelecido em declive de 8%, respeitando espaçamento entre linhas de 45 centímetros. Desta forma, foi possível manter na parte interna de cada parcela duas linhas da cultura, cabendo ressaltar que as plantas da mesma linha e do entorno não foram extraídas. Portanto mesmo situadas fora das parcelas, suas estruturas foliares foram capazes de influenciarem no interior das parcelas como visto na Figura 40.



Figura 40 - Local de simulação. Cultura de soja em pleno vigor vegetativo, com linhas de plantas homogêneas.

Com relação à cobertura do solo, a cultura apresentou pleno vigor vegetativo, sem nenhuma deformidade nas linhas de experimentos, e como constatado na Figura 41, as plantas recobriram quase toda área das parcelas, expondo apenas pequenos espaços lineares presentes nas entrelinhas de plantio. No geral, a cultura apresentou média de 94,75% de recobrimento do solo das parcelas.

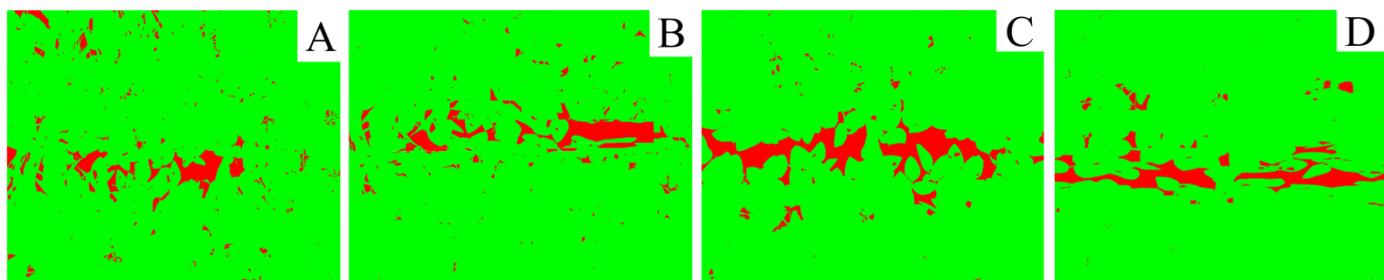


Figura 41 - Parcelas de erosão inseridas em cultura de soja, após tratamento assistido de imagem no software ENVI; Parcela 1- 94,9 % de cobertura vegetal e 5,1 % de solo exposto (A); Parcela 2- 95,6, % de cobertura vegetal e 4,4 % de solo exposto (B); Parcela 3- 92,2 % de cobertura vegetal e 7,8 % de solo exposto (C); Parcela 4- 96,3 % de cobertura vegetal e 3,7 % de solo exposto (D).

Após dar início às simulações, os primeiros volumes de escoamento superficial foram apreciados após o tempo médio de 16,58 minutos, com abstração inicial de 17,59 litros, valor este que representa mais da metade do volume total precipitado. Bertol et al., (2007) também se deparou com tempos semelhantes para de soja sob cultivo tradicional, em volumes precipitados de 66 mm/h, com 16:32 minutos após início dos testes, com abstração inicial de 17,14 mm, ou seja 55% do volume total precipitado foi abstraído antes mesmo de começar o escoamento. Os volumes escoados após início da formação do fluxo superficial se mantiveram baixos até findar o tempo de experimentos, como visto na Figura 42.

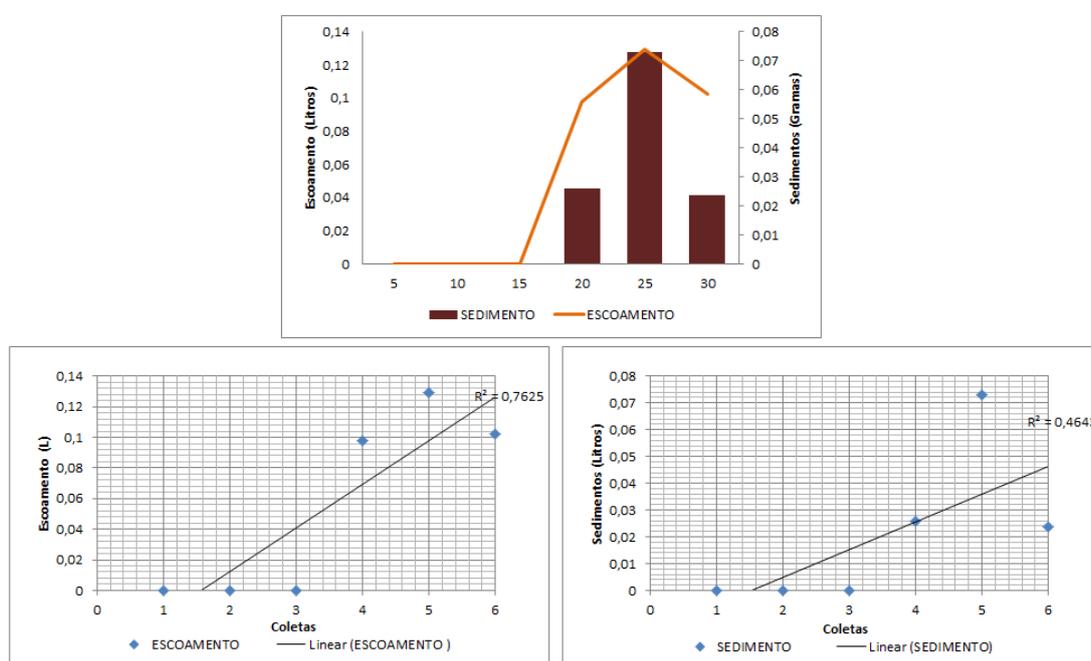


Figura 42 - Escoamento e sedimentos totais em parcela de erosão localizada na cultura de soja, cultivado em sistema tradicional de plantio com subsolagem de solo. Valores apresentados referentes à médias de 3 simulações.

A produção de sedimentos no experimento se mostrou intimamente ligada aos volumes escoados (88% de correlação) (Figura 43), indo de acordo da tendência de que quanto maior o fluxo superficial maior será sua cinética, e conseqüentemente maior poder de desagregação e arraste de partículas. Sendo assim, os baixos volumes escoados não obtiveram energia suficiente para carrear grandes volumes de sedimentos, expondo 0,12 gramas nos tempos totais.

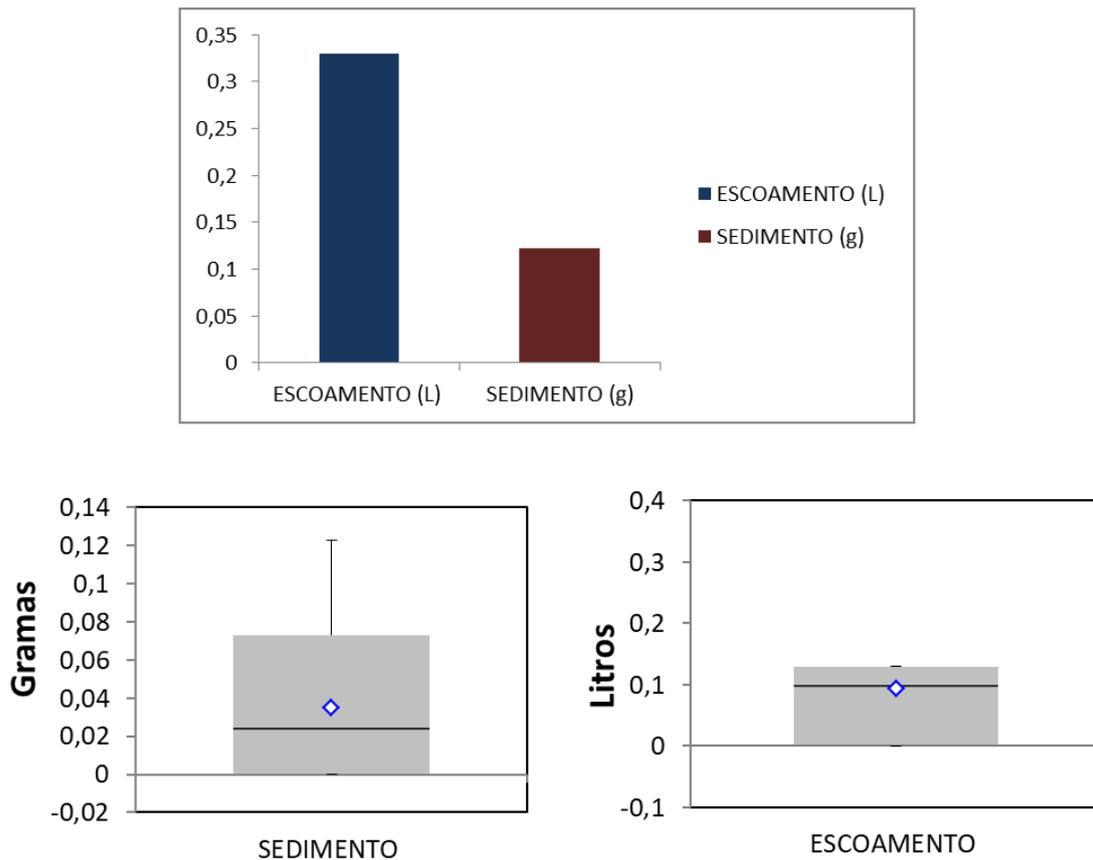


Figura 43 - escoamento e sedimentos totais em parcela de erosão localizada na cultura de soja, cultivado em sistema tradicional de plantio com subsolagem de solo. Valores apresentados referentes à médias de 3 simulações.

Apesar do início do escoamento estar próximo dos valores encontrados por Bertol et al., (2007), em seus experimentos os volumes escoados para parcial de 30 minutos foram de 10 litros, valor muito acima do encontrado. Entretanto cabe ressaltar que o solo dos experimentos realizados por Bertol et al., (2007) foi apenas gradeado, e não subsolado como no experimento em questão.

Os baixos valores de escoamento e sedimentos foram reflexos diretos de uma combinação de fatores. Primeiramente a baixa inclinação do terreno forneceu ambiente propício para infiltração, combinado ao fato do solo se apresentar altamente poroso, pois o processo de subsolagem revolveu e descompactou uma camada de aproximadamente 50 centímetros de profundidade.

Sendo assim, mesmo se enquadrando em uma classe de solo argiloso (Tabela 11), a falta de estrutura do perfil permitiu a percolação da água de forma rápida e em profundidade.

Textura	Areia	Argila	Silte	Classificação
	32	57	11	Argiloso
Densidade total	Densidade Partículas	Umidade%	Penetrômetro (Lbs)	
1,87	2,54	13,6	13	

Tabela 11 - Análise física de solo sob cultivo de soja em sistema tradicional de plantio com subsolagem de solo.

A proposta de Reichert et al. (2003) em expor o limite para densidade de solo para algumas classes, foi mascarada neste estudo, segundo o autor um solo argiloso que apresenta boa qualidade, possui valores ideais que variam entre 0,90 a 1,25 g/cm³. Como constatado em campo, a subsolagem foi realizada no local, pois o solo se apresentava bem compactado, aferido através do penetrômetro, que também apresentou baixos valores.

Os valores de densidade se mantiveram acima dos limites expostos, pois após subsolagem a camada superficial que antes apresentava-se compactada de forma homogênea superficialmente foi destorroada. Entretanto, como resultante deste processo, verificou-se a presença de grandes agregados (torrões) compactados em meio a solo solto (Figura 44). Desta forma, a amostragem por meio de anéis volumétricos, contabilizou parte dos agregados compactados juntamente com solo desestruturado.

Os grandes agregados compactados não acentuaram a formação do fluxo superficial devido à falta de sua estruturação (Figura 44), pois o material particulado em seu entorno permitiu a infiltração da água ao longo do perfil de forma rápida e facilitada.

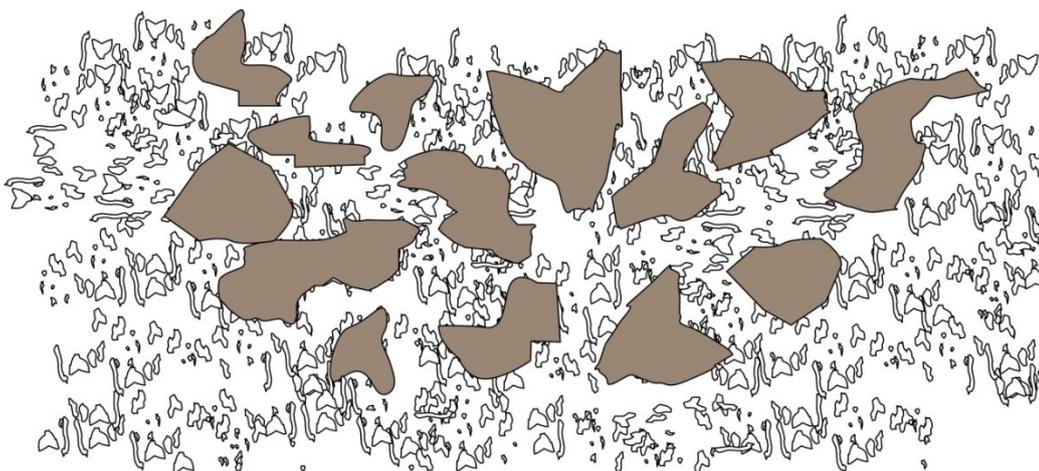


Figura 44 - Ilustração do solo pós descompactação por meio de subsolagem.

Outro fato que corrobora para os baixos volumes escoados se faz por meio da estruturação do plantio da soja, que permite o recobrimento quase que completo do solo

e travamento do mesmo por meio de sua densa rede de raízes, Figura 45. As plantas em conjunto formam uma barreira que não permite o impacto direto das gotas provenientes da precipitação ao solo, e suas diversas ramificações formam diferentes estrados foliares, não permitindo a concentração de fluxos nas próprias plantas, dissipando a energia cinética da água precipitada.

As raízes por se fundamentarem em maior concentração na parte superior do solo (figura 45) (ROSOLEM et al, 1994), também contribuem para fixação das partículas, não permitindo sua desagregação e conseqüentemente transporte. Sendo assim a concentração de plantas permite maior travamento e proteção do solo contra a ação das chuvas.

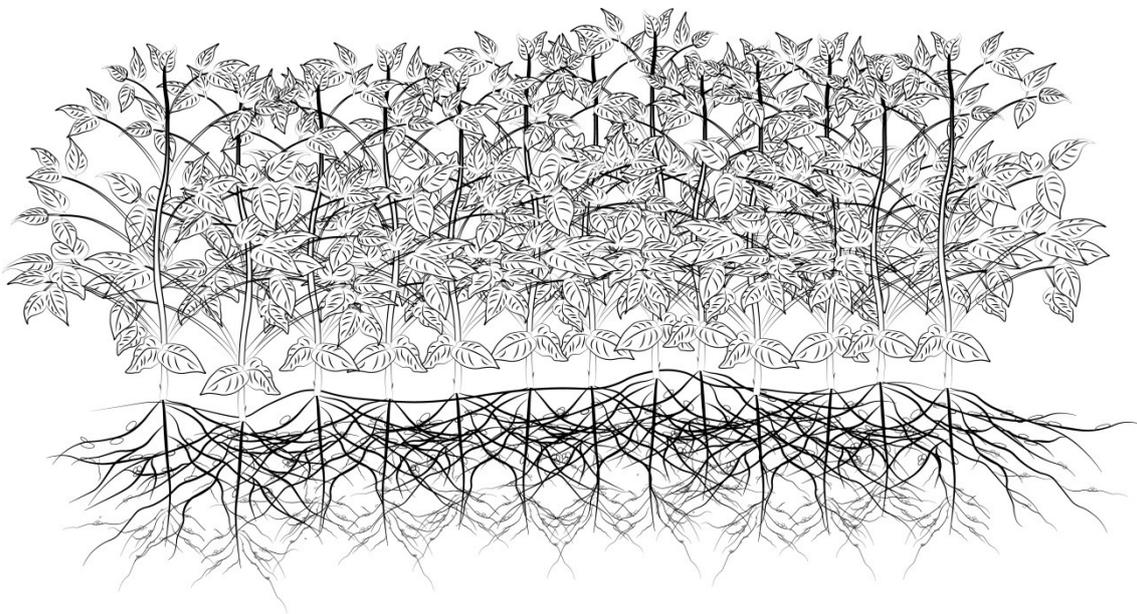


Figura 45 - Linha de plantio da cultra de soja. Proteção aérea e subsuperficial por meio do entrelaçamento de ramos e raízes.

6.3.3 Cultura de Café

A planta de café do gênero *Coffea*, espécie Arábica, se apresenta dentro das demais espécies a de maior expressão na produção mundial (SOUZA et al, 2004). São plantas arbustivas (Figura 46), que apresentam monocule intitulado de ramo ortótropico (Figura 46 B), que pode atingir entre 8 e 10 centímetros de diâmetro e até 4 metros de altura. A partir de seu tronco são emitidos galho primários (Figura 46 A), e destes galhos secundários e até terciários (ramos Plageotrópicos), os quais fixam suas folhas ovaladas ou sub-lanceoladas (Figura 46 C), medindo entre 10 e 15 centímetros de comprimento e 4 a 6 centímetros de largura, divididas entre 9 a 12 partes por nervuras, que formam um ângulo de mais ou menos 45 graus com a nervura principal (Figura 46 C C) (CCCMG, 2018; Souza et al 2004; COSTE, 1955).

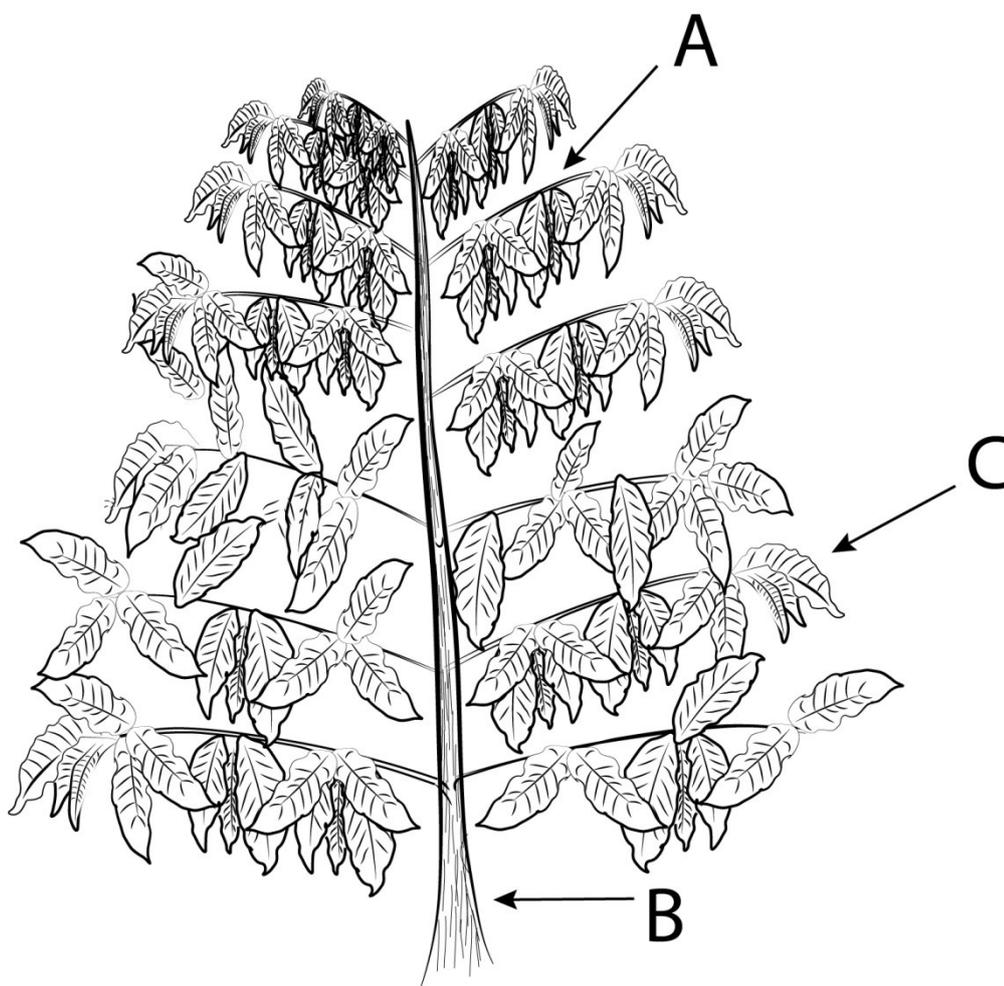


Figura 46 - Principais constituintes morfológicos da planta de café. Ramo plageotrópico (A); Ramo ortótropico (B); Folhas sub-lanceoladas (C).

Vários fatores tem a capacidade de influenciar em seu sistema radicular, de acordo com Lynch (1995) estas variações podem ser observadas de acordo com as características do solo (textura e estrutura), densidade de plantio, tipo de irrigação, espécie, variedade, idade, período do ano, clima, método de formação de mudas, características químicas do solo, tratos culturais, plantas daninhas, doenças e pragas e manejo nutricional adotado (BRAGANÇA, 2005; BARRETO et al., 2006; PARTELLI et al., 2014; MOTA et al., 2006, RENA & DAMATTA, 2002; RONCHI et al., 2007).

O sistema de cultivo se fundamenta de acordo com condições impostas pelo meio, assim como a intensão de mecanização do sistema. Normalmente o trânsito de implementos é limitado por declividades mais acentuadas. Já em localidades que permitem o tráfego de maquinário como apresentado na área de estudo em questão, o estabelecimento da cultura deve permitir espaço suficiente para o tráfego dos mesmos.

Sendo assim, a cultura apresentou tratos culturais de instalação da lavoura conforme Mesquita et al. (2016), com plantio em nível, apresentando declividade média de 15 %, espaçamento entre plantas de 50 centímetros e entre linhas de 3,50 metros, resultando em densidade de plantio de aproximadamente 5.700 plantas/ha, com plantas apresentando altura média de 2,30 metros.

O simulador de chuvas, assim como as parcelas de erosão foram inseridas no local sem a retirada de plantas ou galhos, evitando qualquer alteração, refletindo diretamente as condições reais de cultivo (Figura 47). Buscando ambiente mais homogêneo, optou-se por efetuar os testes na parte central do cultivo, evitando plantas das bordas.



Figura 47 - Local de reestabelecimento dos experimentos. Simulador de chuvas sobre a cultura de café (A); parcelas de erosão inseridas sob a linha da cultura, parte frontal (B) e traseira (C).

Os experimentos foram replicados em dois períodos distintos (Figura 48), sendo uma fase de testes no verão (estação chuvosa) e outra no inverno (entre chuvas). As

parcelas foram inseridas no mesmo local nos dois momentos de testes, sob mesmos indivíduos, diferenciando apenas a variação temporal existente.

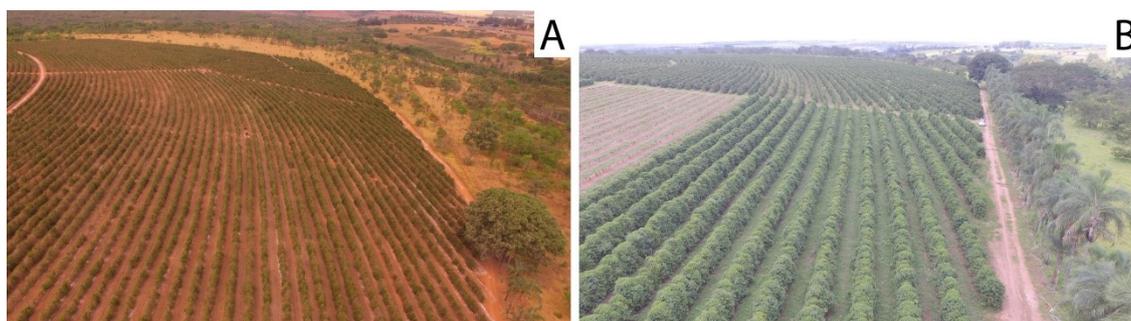


Figura 48 - Alteração na paisagem de acordo com variações na precipitação, promovidas por mudanças de estações do ano. Inverno seco (A); Verão chuvoso (B).

Com relação ao solo do local (Tabela 12), o mesmo apresentou textura Argilo-Arenosa, e conforme amostras de densidade se revelou não compactado, sendo encontrados valores bem abaixo dos níveis críticos expostos por Reichert et al. (2003) (até $1,7 \text{ gcm}^3$). E conforme aferição por meio de penetrômetro de campo, os valores também se mantiveram baixos.

Areia (%)	Argila (%)	Silte (%)	Classificação	DP	Ds	Penetrômetro Verão (Lbs)	Penetrômetro Inverno (Lbs)
59	36	5	Argilo-Arenoso	2,65	1,08	20	37

Tabela 12 - Análise física de solo sob cultivo de café. Coletas realizadas nas linhas de cultivo.

Os valores de tensão do solo nas duas fases de testes apresentaram-se aproximados, com valores médios de 8 kpa na estação chuvosa e 20 kpa para entre chuvas. Valores estes influenciados diretamente pelo pré-molhamento das parcelas, 24 horas antes dos experimentos, rebaixando as tensões do solo.

Após início dos testes, o escoamento superficial originou-se aos 3:23 minutos no verão e 4:01 minutos no período de inverno, com abstração inicial de 3,5 e 4,2 mm respectivamente. A produção de sedimentos não apresentou correlação direta com o aumento do fluxo superficial, com 59% para o verão e 44 % para o inverno (Figura 49).

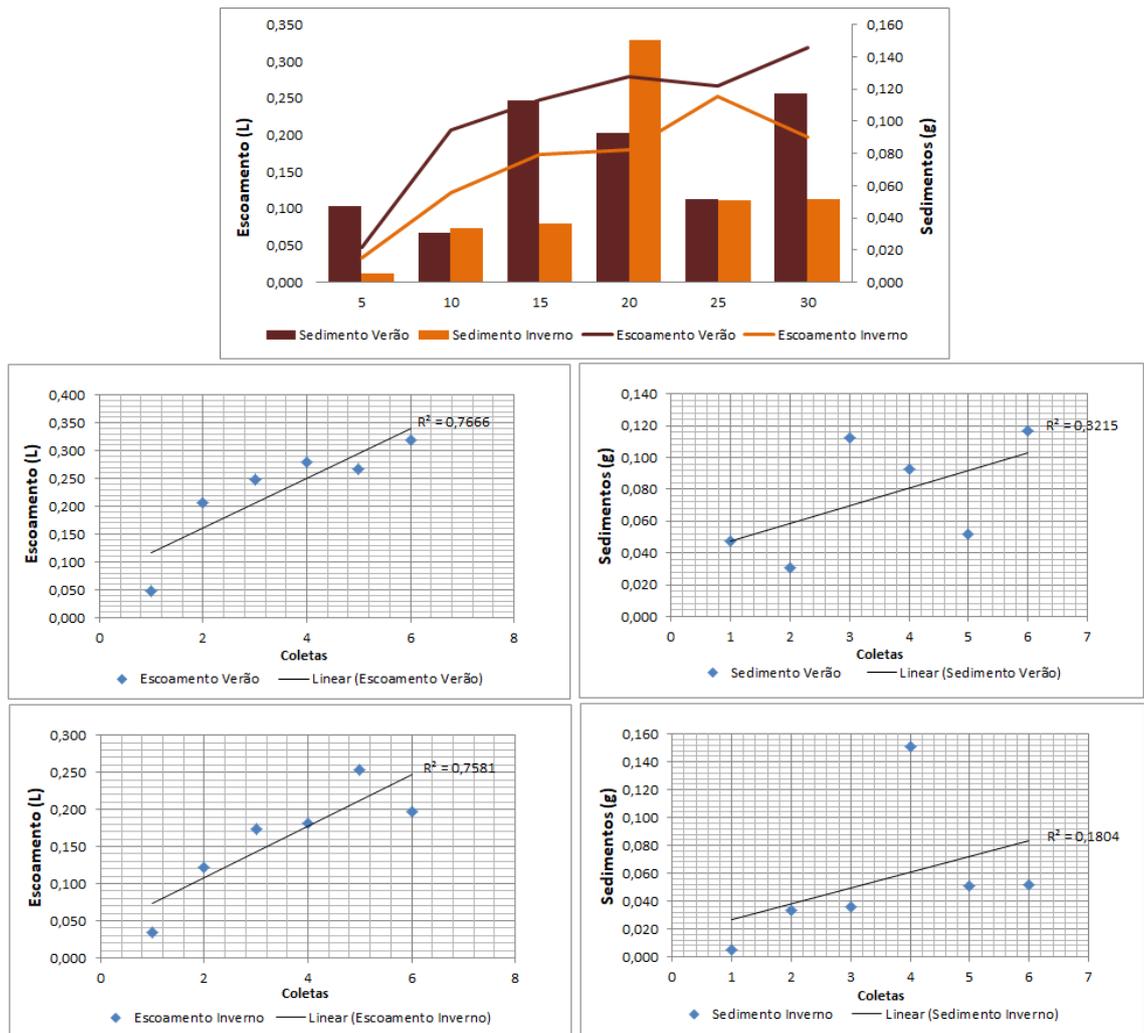


Figura 49 - Escoamento e sedimentos totais em parcelas de erosão localizadas na cultura de café Arábica. Valores apresentados referentes à médias de 3 simulações.

Ao comparar os totais escoados e erodidos (Figura 50), foram apreciados no verão valores maiores para as duas variáveis, sendo 30 % maior para o escoamento e 28% maior para sedimentos. Porém apesar da diferença, nota-se um padrão para os dois momentos, aferindo correlação de 98,9 % entre a produção de sedimentos e escoamento para as duas fases de testes.

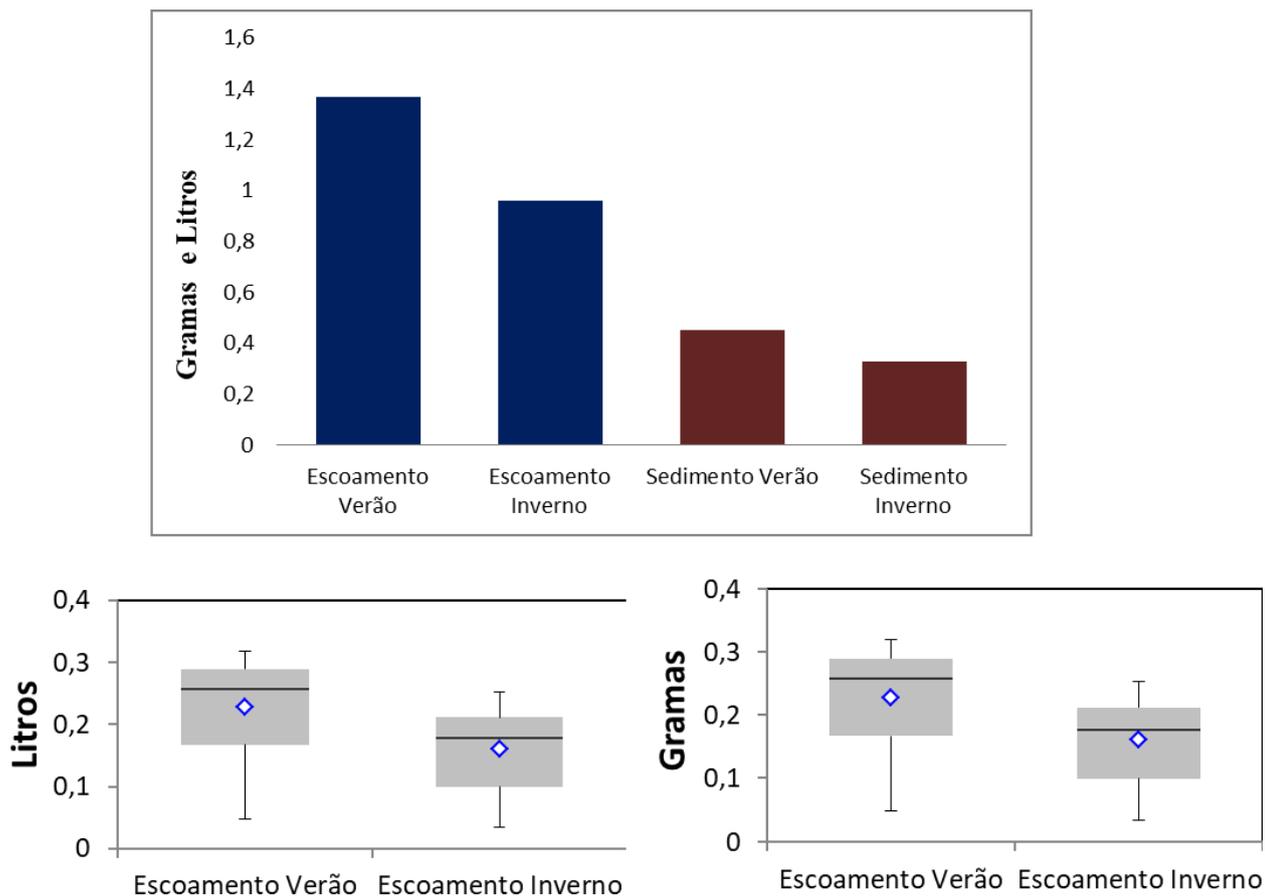


Figura 50 - Escoamento e sedimentos totais em parcela de erosão localizada na cultura de café Arábica. Valores apresentados referentes à médias de 3 simulações.

Os baixos volumes escoados e erodidos são reflexo direto de uma serie de fatores: A estrutura morfológica da planta; forma de plantio e tratos culturais. Como explanado anteriormente, a planta de café possui vários estratos ao longo de seu perfil vertical, apresentando grande quantidade de emersões de folhas, efetivando assim em uma densa camada arbustiva.

Os sucessivos estratos das plantas ao receber o impacto das gotas provenientes das precipitações, absorvem grande parte da energia cinética das mesmas. Suas grandes folhas apresentam crescimento em diferentes direções, destinando de forma difusa os fluxos pelo interior da planta.

A proximidade entre os ramo plageótropicos não permite às gotas adquirirem cinética expressiva pós-colisão, visto que as camadas inferiores dos diversos estratos se efetivam bem próximas uma das outras, consolidando-se como uma barreira física eficaz.

A forma de plantio também auxilia na diminuição do potencial erosivo das chuvas, o estabelecimento de plantas umas próximas às outras aumenta a densidade de ramos, e por consequência promove maior quantidade de folhas interceptadoras, diminuindo a velocidade de queda das gotas no interior das plantas (Figura 52 A).

As folhas mortas dispostas no solo também favorecem sua proteção, após entrarem em senescência caem e são alojadas debaixo da saia da planta por ação natural e também por meio do manejo, formando uma camada superficial espessa de serapilheira com aproximadamente 4 centímetros de altura (Figura 51 e 52 B). Esta camada é composta de material orgânico de varias idades e graus de intemperização, cobrindo toda camada superior do solo e protegendo-a da ação dos impactos das gotas que atravessaram os diferentes camadas de ramos das plantas.



Figura 51 - Matéria orgânica depositada sob as plantas de café Arábica, constituídas de restos de galhos, folhas e frutos. Nota-se também o crescimento de raízes da cultura neste material em decomposição.

O sistema radicular também contribui para os baixos valores escoados e erodidos (Figura 52 C). Sendo caracterizado como pseudopivotante, suas raízes de menor calibre não atingem grandes profundidades no solo, se finalizando próximas à 45 centímetros

de profundidade Partelli et al (2006) Rena e Guimarães (2000). Através da raiz mestra, uma densa rede de raízes laterais de menor calibre são emitidas, e a partir destas, outras menores intituladas de capilares (responsáveis pela absorção). E como apontado por Inforzato & Reis (1963), para o Café Arábica de seis anos de idade aproximadamente 80 % de suas raízes se concentram a 30 centímetros de profundidade, próximas ao tronco até o final da copa.

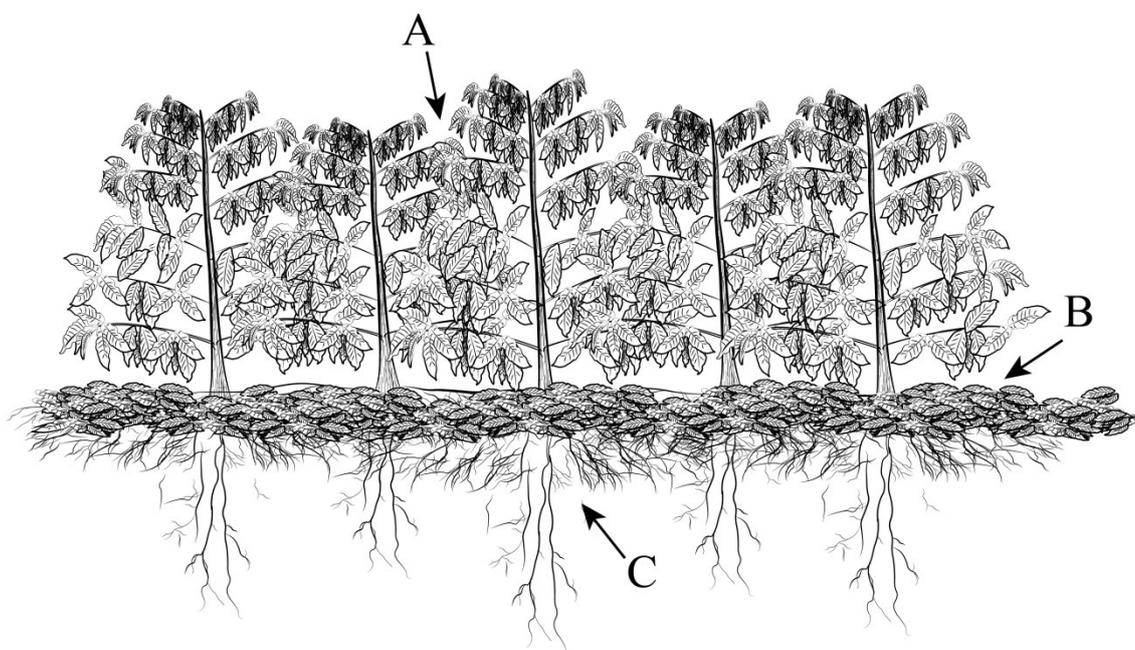


Figura 52- Aspectos de proteção do solo promovidos pela ação das plantas dispostas em linhas de cultivo. Entrelaçamento de ramos plageotrópicos e folhas de diferentes indivíduos (A); Deposição de material orgânico sobre a cultura (B); Sistema radicular superficial da cultura de café (C).

Por se consolidarem próximas à superfície, as raízes superficiais promovem o travamento da parte mais susceptível a ação das gotas, e como visto na Figura 52, a selhampilheira também fornece ambiente favorável ao surgimento de raízes acima da superfície, auxiliando ainda mais na proteção por travamento e formação de rugosidades.

As raízes também promovem a aeração do solo, e após entrarem em senescência são decompostas e dão lugar a espaços porosos, e como visto em análise de densidade, o solo do local apresentou valores bem abaixo dos críticos para compactação, sendo ambiente favorável para infiltração.

Alguns tratos culturais também podem auxiliar na qualidade da proteção dos solos nos cafezais. Como visto as linhas de cafezais não expressam grandes volumes

escoados e erodidos, sendo assim, as entrelinhas não protegidas pelas plantas revelam um ambiente mais susceptível para ocorrência do processo erosivo.

Uma forma de minimizar as perdas de água e solo neste local se faz por meio do consórcio da cultura com gramíneas (braquiária), que são plantadas no intuito de recobrir a superfície de forma a apresentar poucos espaços de solo exposto (Figura 53).

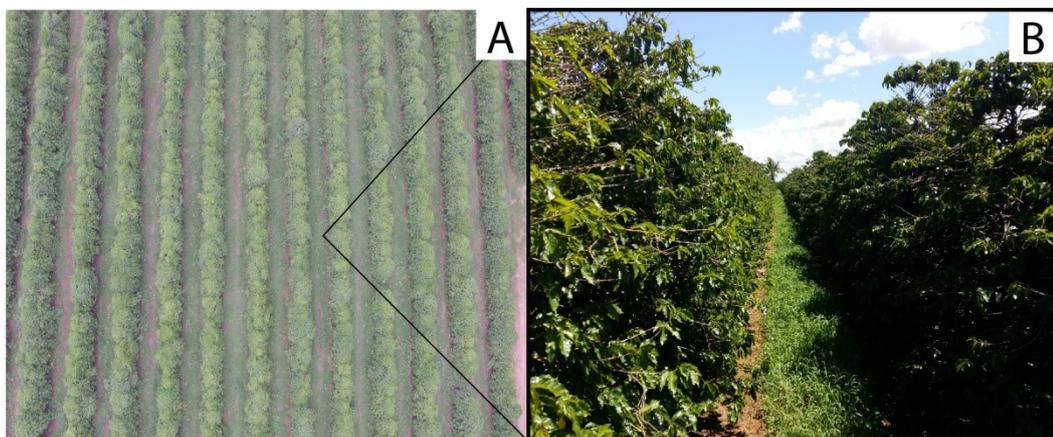


Figura 53 - Linhas de cultivo da cultura de café Arábica (A). Presença de gramíneas entre as linhas de cultivo (B).

Para evitar a competição das gramíneas com as plantas de café, e prevenção à doenças fungicas promovida pelo aumento da umidade e sombreamento do local, as mesmas devem ser roçadas, se mantendo com baixa estatura, impedindo maior competição de luz e nutrientes (Figura 54).



Figura 54 - Roçagem linhas de café; Linhas de café protegidas por grande presença de gramíneas (A); Corte de braquiárias para evitar competição de nutrientes e luminosidade com as plantas de café (B); Linhas de café pós roçagem (C).

A colheita também se mostra como ponto crucial na forma em que as plantas de café interagem com as precipitações, pois ao colher os frutos, também promovem a retirada de folhas dos ramos plageotropicos, podendo comprometer a estrutura das plantas. Sendo assim, o tipo de colheita escolhida também influi neste processo.

No geral existem três formas extração dos frutos da planta, sendo: colheita manual, processo que consiste em fechar as mãos nos ramos em que estão os frutos e puxar, extraindo os frutos e por vezes folhas; outro processo é o semi-mecanizado, por meio de colheitadeiras costais, passam-se hastes vibratórias nos ramos em que os frutos estão, derrubando-os juntamente com as folhas; e por fim, o mecanizado, consistindo no uso de maquinário pesado que atua de forma semelhante ao semi-mecanizado, no qual o maquinário percorre as linhas da cultura e também com auxílio de hastes vibratórias, agita as plantas de forma a colher os frutos e por consequência também extraindo folhas.

Todos os processos produzem mudanças na densidade foliar da cultura, entretanto a forma como é realizada a derriça pode acentuar as perdas de folhas. Estágio de maturação dos frutos; falta de cuidados e equipamentos mal calibrados podem exponenciar os danos provocados às plantas (Figura 55).



Figura 55 - Planta de café Árabica com grande presença de folhas em seus ramos plageotrópicos (A); Planta de café Árabica pós colheita, apresentando queda nas folhas e ramos plageotrópicos (C).

6.3.4 Pastagem

No Brasil de acordo com Martuscello et al. (2009) aproximadamente 180 milhões de hectares são utilizados no cultivo de pastagens, cerca de 85% dessa área ocupada por plantas da Família *Gramineae* do gênero *Brachiaria* (FONSECA et al., 2006). As plantas deste gênero, conforme exposto por Monteiro et al. (1974) são encontradas principalmente em regiões tropicais, abrangendo aproximadamente 80 espécies, sendo 8 destas consideradas nativas do Brasil (SENDULSKY, 1977).

Sua ampla distribuição é reflexo direto de suas características naturais, apresentando crescimento linear ao longo de quase todo ano, com grande produção de matéria seca, sendo adaptadas a vários tipos de solos, além de não exporem limitações com doenças (SEIFFERT, 1984). Desta forma sua utilização na pecuária se tornou interessante e amplamente utilizada atualmente.

São plantas perenes de desenvolvimento aglomerado, segundo Bogdan (1977) após estabelecidas podem apresentar hábitos de crescimento do tipo cespitosas (no qual lançam novos brotos ou caules de maneira aglomerada, geralmente formando uma touceira) ou decumbentes (após elevar-se, a planta torna-se pendente sobre o solo, onde alastra), expondo assim, intenso adensamento vegetativo.

Sua morfologia estrutural varia de acordo com cada espécie, entretanto alguns de seus constituintes são comuns às gramíneas. As braquiárias apresentam folhas estreitas e alongadas (Figura 56 A), fixadas em seu colmo cilíndrico e fino (Figura 56 B) por meio de sua bainha (Figura 56 C), caracterizando assim o perfilho (Figura 56 D).

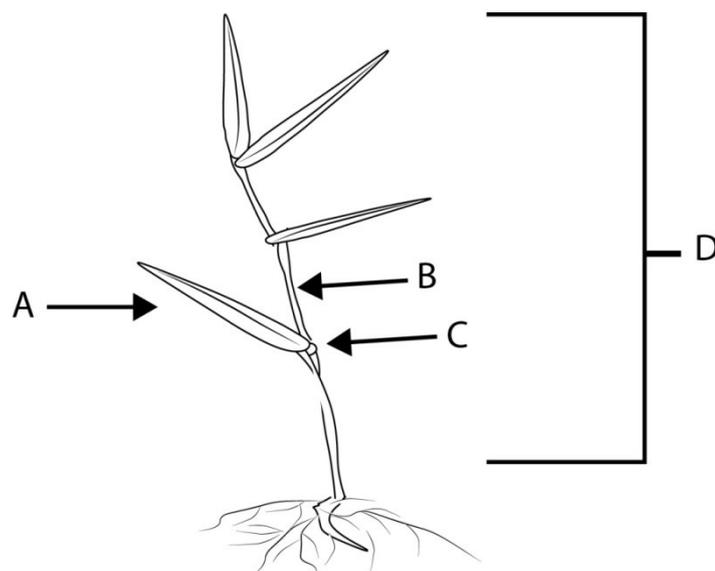


Figura 56 - Principais partes constituintes da braquiária. Folhas estreitas e alongada (A); Colmo (B); Bainha (C); Sendo a união das partes constituindo o Perfilho (D).

Diversos são os fatores que interferem na qualidade e estrutura das pastagens, expondo assim diferentes interações com o meio de acordo com seus condicionantes. Ao longo do tempo as plantas passam por fases que se caracterizam por investimentos em estruturas vegetativas ou reprodutivas, aéreas ou subterrâneas, desta maneira os estádios vegetativos das plantas reflete diretamente em sua composição.

Portanto, os diferentes indivíduos que compõe uma pastagem apresentam diferentes proporções de folhas, colmos, inflorescência e material morto no perfil da pastagem. Como visto por Garcia (1995) com o envelhecimento das plantas, as pastagens tendem a expor um aumento da quantidade de material seco próximo ao solo. Sendo assim, as pastagens exibem composições estruturais que se alteram ao longo do tempo (CARVALHO et al., 2001).

Um mesmo pasto exhibe plantas com diferentes alturas (SANTOS et al., 2011), seja por condições impostas pelo solo (Fertilidade, umidade, compactação), insolação, predação, doenças, e também pela desfolha animal, que também pode ser realizada de forma seletiva, pois diferentes animais podem apresentar preferências por certas partes estruturais, como folhas em relação a colmos (CARVALHO et al., 2001; L'HUILLIER et al., 1986).

O tipo de manejo também interfere na qualidade das pastagens, seja por meio da adoção de práticas conservacionistas ou em sua adubação. Como visto por Alves (2008) a adubação nitrogenada tem o poder de estimular a produtividade das pastagens, interferindo em seu crescimento e recuperação pós desfolhação.

Sendo assim, as pastagens têm a qualidade e abundância variáveis no tempo e no espaço (Reagain e Schwartz, 1995), exibindo grande complexidade devido à grande quantidade de processos capazes de influenciarem em suas condições, sejam elas de estabelecimento, propagação ou de crescimento vegetativo (CARVALHO et al., 2001).

Para área de estudo, a vegetação apresentou grande densidade vegetativa. Como visto na figura 57 a seguir, a cobertura do solo proporcionada pela ação da braquiária expôs valores próximos à totalidade, apresentando valor médio de 99,5 % para o período chuvoso e 97,12 % no entre chuvas.

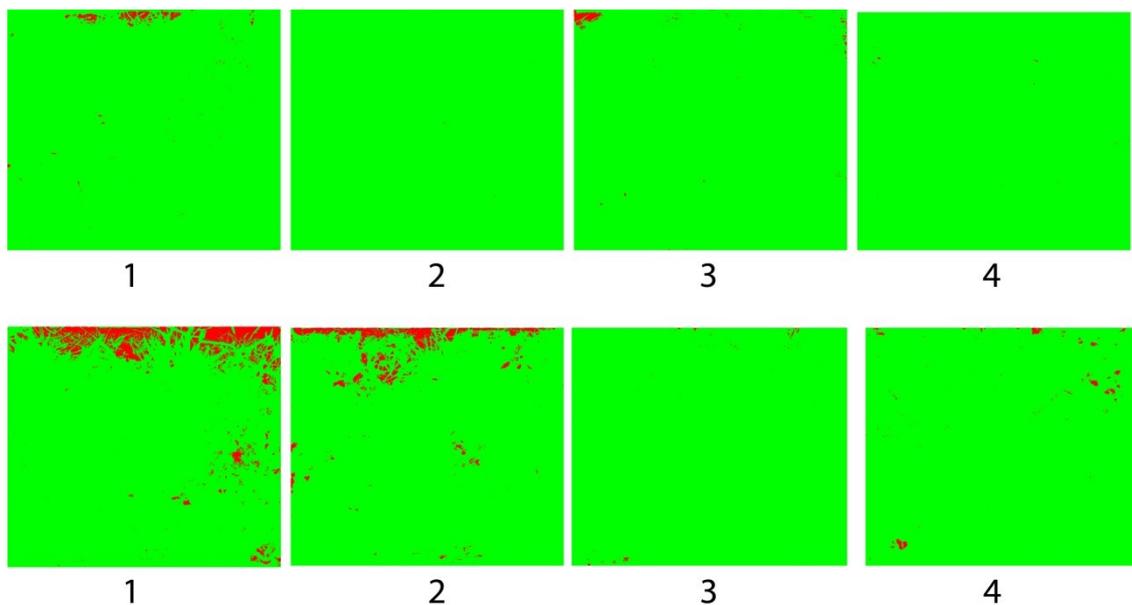


Figura 57 - Parcelas de erosão inseridas em cultura de soja, após tratamento assistido de imagem no software ENVI; Linha superior referente a experimentos realizados em 4 parcelas no período de verão Parcela 1- 98,9 % de cobertura vegetal; Parcela 2- 99,9, % de cobertura vegetal; Parcela 3- 99,5 % de cobertura vegetal; Parcela 4- 99,8 % de cobertura vegetal. Linha inferior referente a experimentos realizados em 4 parcelas no período de inverno, Parcela 1- 93,2% de cobertura vegetal; Parcela 2- 96,1, % de cobertura vegetal; Parcela 3- 99,8% de cobertura vegetal; Parcela 4- 99,4

Apesar da pouca variação da cobertura do solo, a grande mudança se deu nas condições vegetativas das plantas (Figura 58), pois a maior disponibilidade de água exibida no período de chuvas proporcionou condições favoráveis para propagação vegetativa, onde as plantas se demonstraram verdes e com estruturas vegetativas em crescimento.

Ao contrário disto, no período de entre chuvas a menor disponibilidade de água promoveu grandes mudanças na vegetação, limitando processos fisiológicos das plantas, nas quais suas folhas entraram em senescência. Desta forma, grande parte do volume vegetativo que recobriu o solo neste período se compôs de folhas secas (Figura 58 A).



Figura 58 - Alteração na paisagem de acordo com variações na precipitação, promovidas por mudanças de estações do ano. Inverno seco (A); Verão chuvoso (B).

As parcelas foram inseridas no interior da pastagem, buscando áreas representativas das condições locais e visando evitar qualquer efeito de borda. Optou-se por não utilizar o mesmo local exato para as duas fases de testes, com intuito de evitar contabilizar qualquer intervenção pretérita, distanciando aproximadamente 10 metros entre os locais.

A fixação das parcelas obedeceu ao sentido do declive (Figura 59 A), onde o mesmo apresentou valor médio de 10% para as duas fases de testes. Após instalação das parcelas, cavidades no solo foram realizadas para abrigar os recipientes coletores (Figura 59 B), os quais foram dispostos de forma mais próxima possível das calhas coletoras (Figura 59 C) para minimizar eventuais perdas de materiais e produzir resultados mais assertivos com relação ao tempo.



Figura 59 - Parcelas de erosão inseridas em ambiente de pastagem. Nivelamento do terreno para fixação de calhas coletoras (A); Cavidades no solo para acomodação de recipientes coletodres e parcelas de erosão instaladas (B e C).

O solo do local apresentou-se argiloso, e conforme amostras de densidade, o mesmo expôs valores acima dos níveis críticos estabelecidos por conforme Reinert e Reichert (2003) (0,9 a 1.7 g cm⁻³). Sua compactação também pôde ser aferida por meio

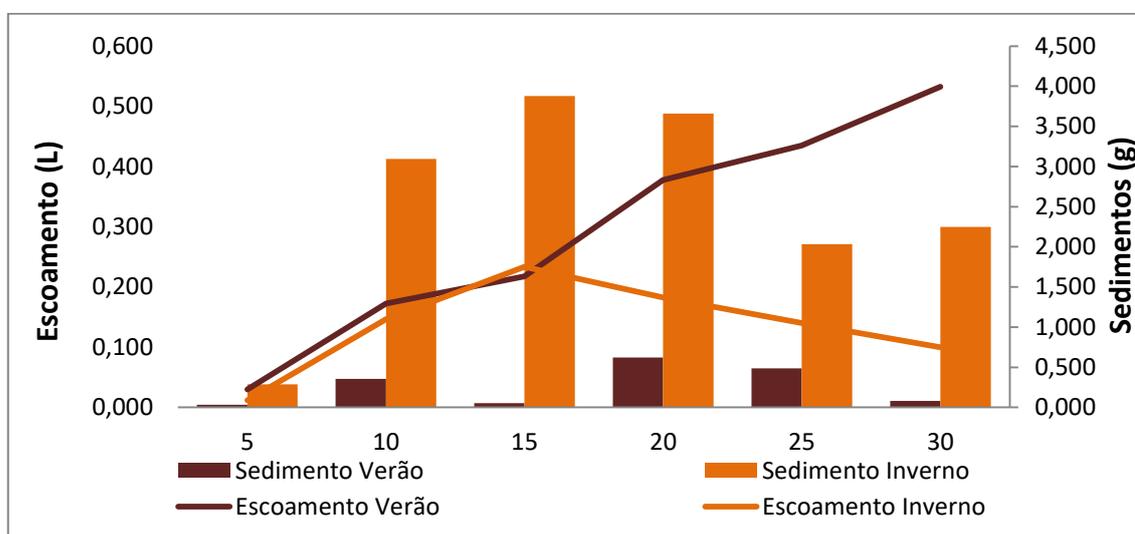
de penetrômetro de campo, indicando valores médios de 120 para o período do verão, e impenetrável no inverno.

Areia (%)	Argila (%)	Silte (%)	Classificação	DP	Ds	Penetrômetro Verão (Lbs)	Penetrômetro Inverno (Lbs)
34	61	5	Argiloso	2,65	2,37	120	-

Tabela 13 - Análises físicas de solo inserido em ambiente de pastagem.

Os valores de tensão do solo nas duas fases de testes apresentaram-se aproximados, com valores médios de 19 kpa no verão e 22 kpa para o inverno. Valores estes influenciados diretamente pelo pré-molhamento das parcelas, 24 horas antes dos experimentos, rebaixando as tensões do solo.

Após início dos testes (Figura 60), o escoamento superficial originou-se aos 3:23 minutos no verão e 4:01 minutos no período de inverno, com abstração inicial de 3,5 e 4,2 mm respectivamente. A produção de sedimentos não apresentou correlação direta com o aumento do fluxo superficial no verão (35,7%), diferente disto, no inverno as duas variáveis estão intimamente correlacionadas (95,3%).



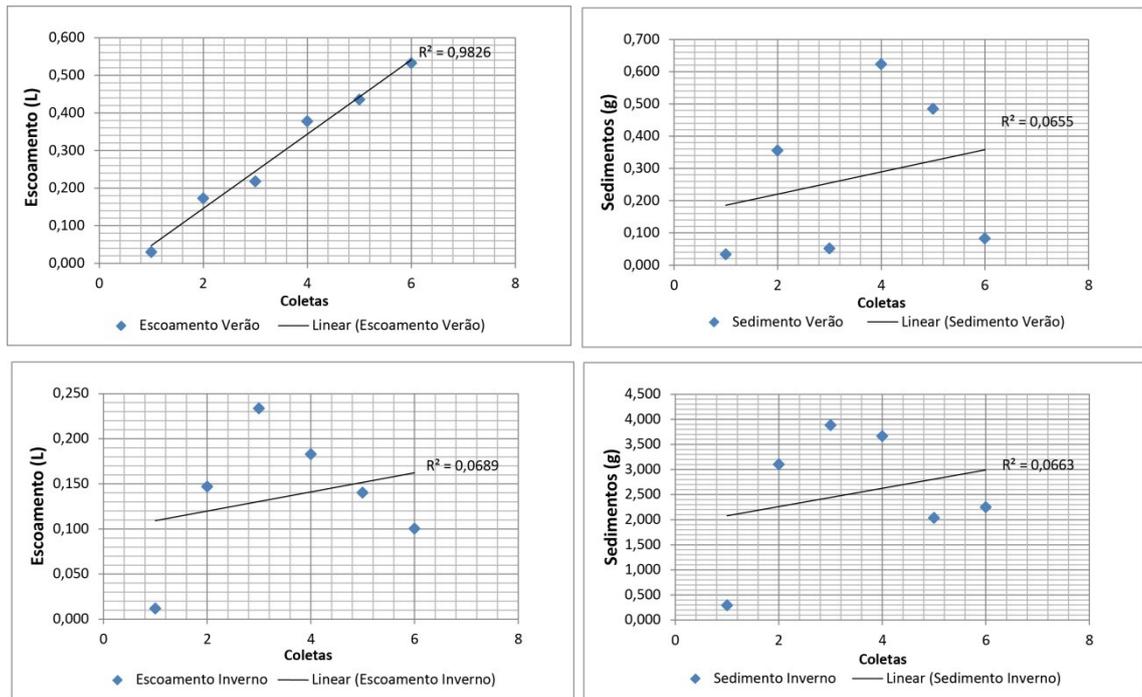


Figura 60 - Produção de escoamento superficial e sedimentos em parcela de erosão inserida em ambiente de pastagem em duas estações do ano distintas (verão/inverno) sob chuva simulada de precipitação média de 62,22 mm/h.

Ao comparar os totais escoados e erodidos (Figura 61), os testes realizados no verão expuseram valores de escoamento superficial coletado 216,7% maiores se comparado ao inverno. Entretanto apesar de maiores volumes escoados no verão, a produção de sedimentos no inverno demonstrou-se 932,3 % maior em relação ao verão.

Esta maior produção de sedimentos está intimamente ligada á distribuição de chuvas, visto que a diminuição no inverno reduz sua umidade do solo, aumentando a quantidade de material desagregado em superfície.

Outro fato que corrobora para este aumento se fez por mudanças estruturais das plantas, promovida pela disponibilidade de água variável nas duas situações. Sendo assim, apesar de recobrirem quase todo o solo nos dois períodos de testes, esta proteção se fez comprometida pela qualidade do material, que se apresentava seco no inverno.

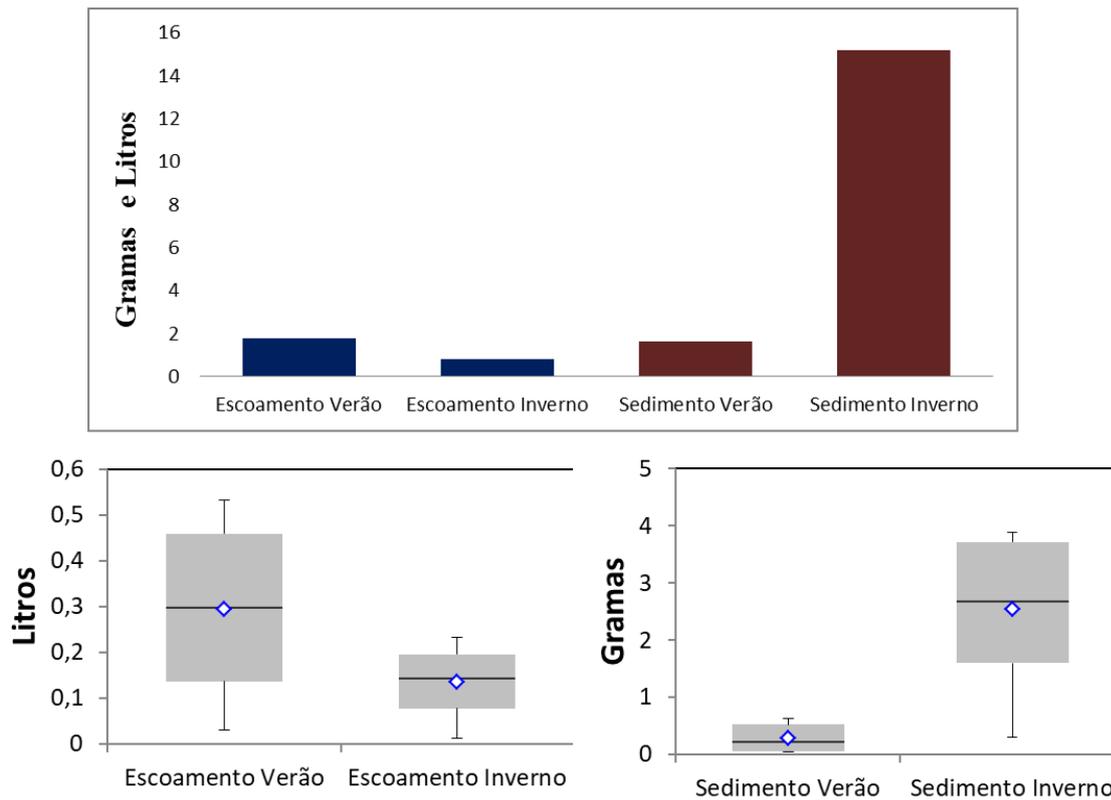


Figura 61 - Escoamento e sedimentos totais em parcela de erosão localizada no ambiente de pastagem. Valores apresentados referentes à médias de 3 simulações.

Isto posto, foi observado a campo como variações sazonais refletiram diretamente na qualidade das pastagens, provocando mudanças em sua morfologia estrutural, influenciando em seus hábitos vegetativos e por consequência nas formas de interação com a precipitação, promovendo mudanças na formação de escoamento superficial e produção de sedimentos.

Partindo dos hábitos de desenvolvimento das plantas, a unidade básica de crescimento das pastagens de braquiária é denominada de perfilho, nos quais de acordo com Hodgson (1990) são caracterizados como unidades modulares do desenvolvimento das gramíneas forrageiras. Desta forma, as pastagens de gramíneas são constituídas por varias plantas individuais às quais possuem diferentes perfilhos (SANTOS et. al, 2011) (Figura 62).

São dotadas de um sistema radicular fasciculado (Figura 62), de rápido estabelecimento que pode atingir grandes profundidades (CHIODEROLI et al. 2012; SALTON e TOMAZI, 2014). Atua próximo a superfície e também em profundidades, e por sua grande densidade contribui para os processos de estruturação do solo, aproximando as partículas e formando agregados (BRANDÃO E SILVA, 2012).

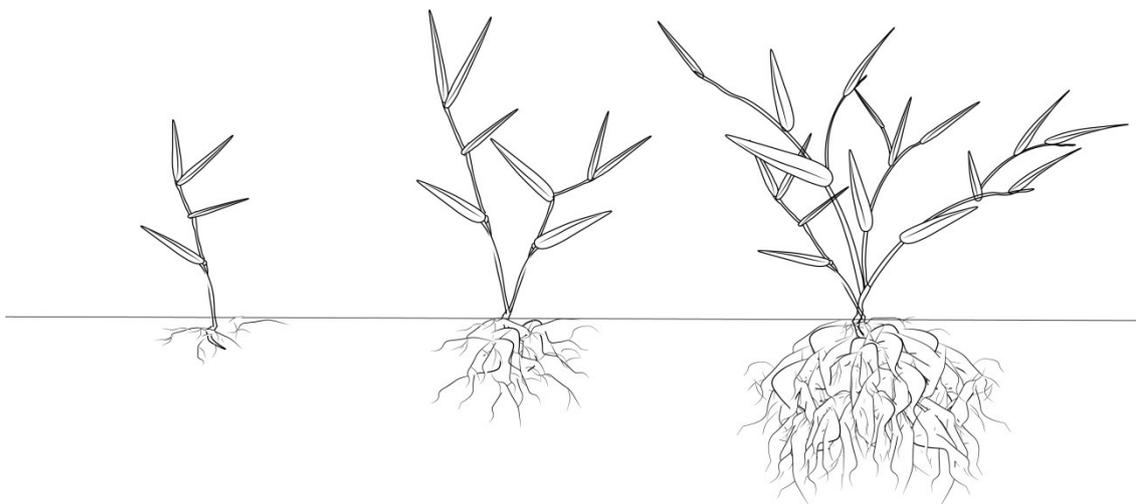


Figura 62 - Crescimento da planta de braquiária, desenvolvimento do sistema aéreo e radicular, com incremento de novos perfilhos.

A constante senescência das raízes promove acúmulo de matéria orgânica em profundidade, e através de sua decomposição por meio da ação microbiana, nutrientes são liberados e compostos orgânicos são alterados, contribuindo para aumento da fertilidade e estruturação do solo (CAMARGO FILHO, 1999; BRANDÃO E SILVA, 2012; SALTON e TOMAZI, 2014).

Após decomposição das raízes mortas, que pode ocorrer principalmente em períodos de escassez de água, espaços vazios no solo são criados, estruturando inúmeros canais e galerias no interior do solo, de forma a produzir grande densidade de poros, contribuindo para gênese de ambientes propícios à percolação e infiltração de água (Prando et al. 2010; SALTON e TOMAZI, 2014). Este fato conduz a menor formação de fluxos superficiais como evidenciado nos experimentos á campo.

Sua morfologia aliada a seus hábitos de crescimento também auxilia na baixa formação de fluxos superficiais, produzindo boa cobertura do solo e seu travamento. Após estabelecimento da pastagem, com emergência e crescimento caótico dos perfilhos (Figura 63), verifica-se a estruturação de uma densa camada vegetativa em diversos estratos, contribuindo para dissipação da energia cinética das chuvas pelo contato direto das cotas com a vegetação.

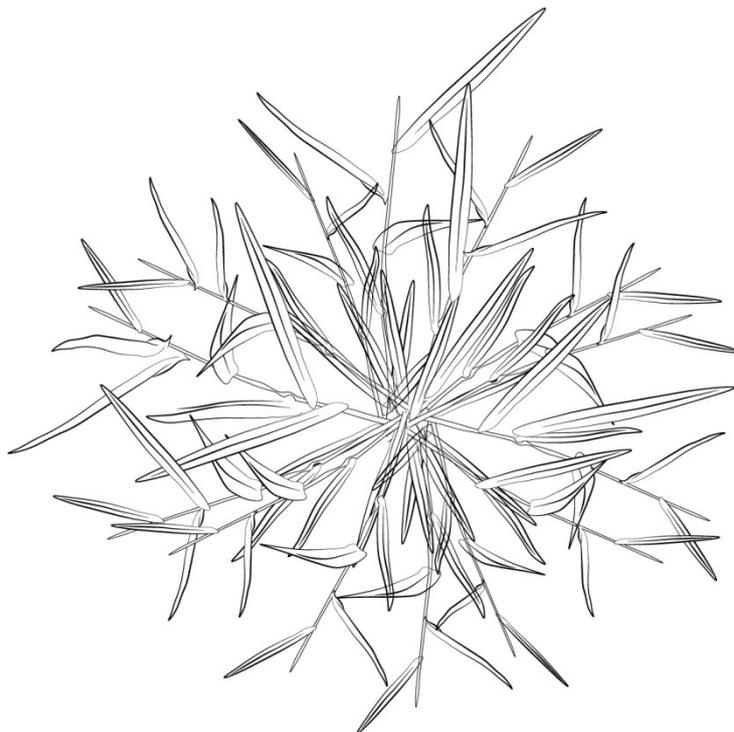


Figura 63 - Representação parte superior de touceira de braquiária, dotada de vários perfilhos.

Entretanto, a ação de um único indivíduo não é capaz de promover tal proteção de forma efetiva. Quanto mais densamente povoada for a pastagem e melhores forem suas condições de qualidade, mais efetivamente contribuirá para proteção do solo, evidenciando mínimas áreas de solo exposto (figura 64).

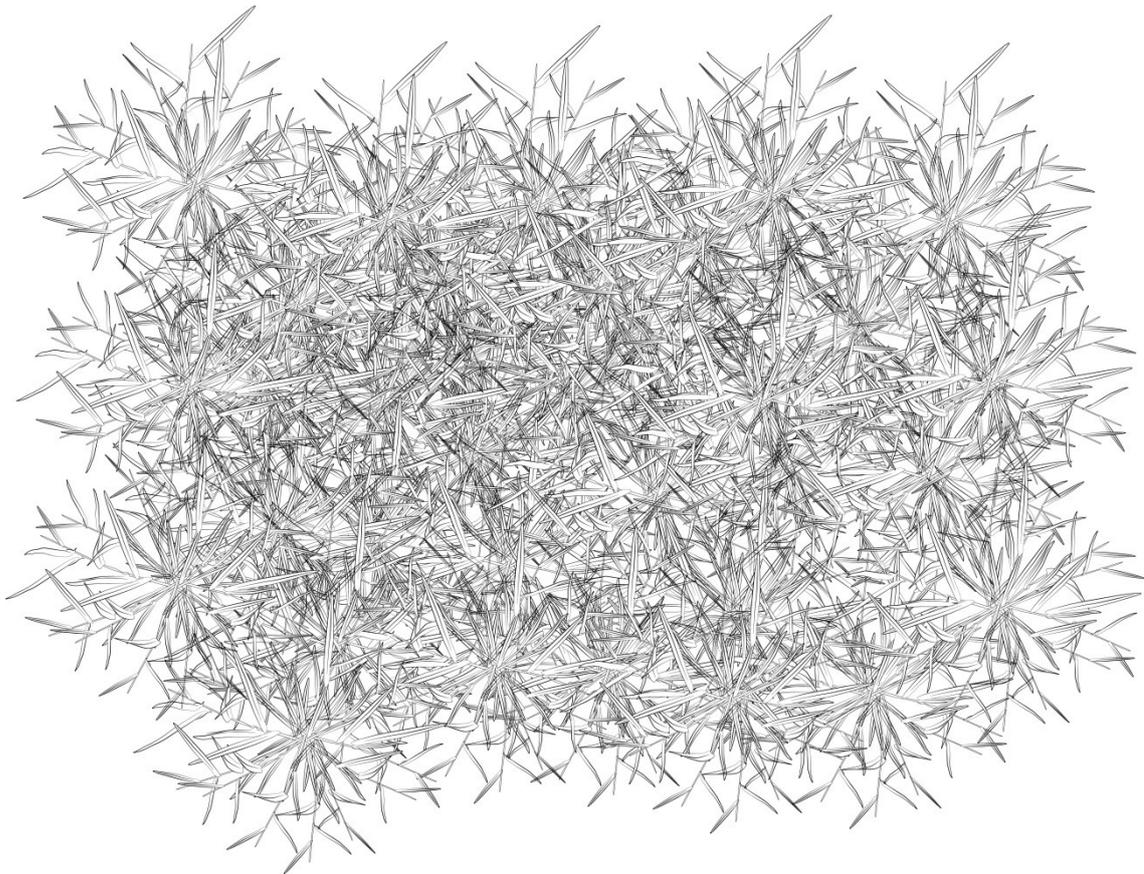


Figura 64 – Representação parte superior de pastagem de braquiária em pleno vigor vegetativo, recobrando grande parte da superfície do solo.

Seu crescimento por meio de touceiras, também contribui para difusão dos fluxos de água. O estabelecimento das plantas, no geral se fazem de forma aleatória no terreno (Figura 65), não apresentando uma estruturação organizada, contribuindo para formação de barreiras naturais frente aos fluxos superficiais, absorvendo sua energia cinética de forma a não produzir ambiente propício para a desagregação e arraste de partículas de solo.

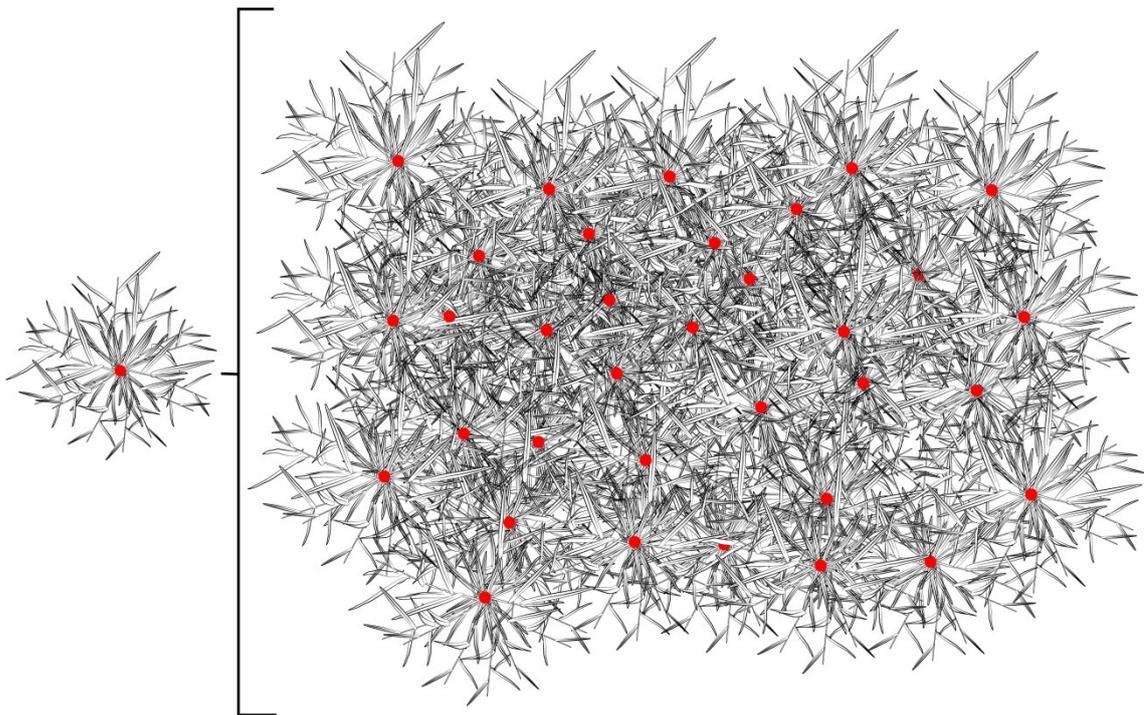


Figura 65 - Vista superior de pastagem de braquiária. Espacialização desordenada das touceiras.

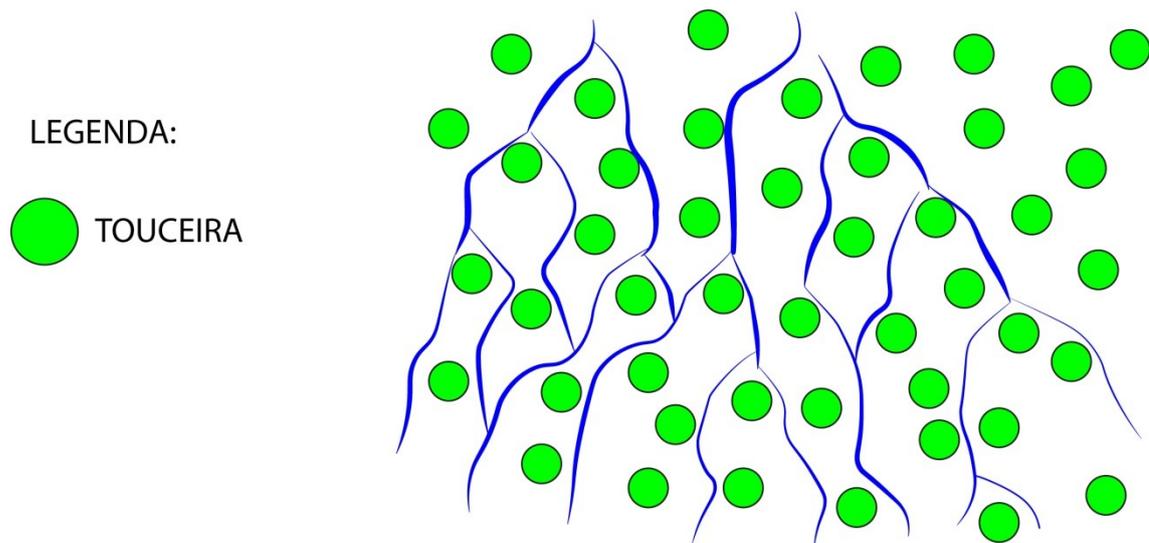


Figura 66 - Vista superior da localização de touceiras de braquiária em ambiente de pastagem. Espacialização desordenada das touceiras e desconcentração dos fluxos superficiais.

Apesar dos benefícios mencionados, diferentes qualidades de pastagens podem ser observadas em campo, com distintas alturas e densidades. Sendo assim, pastagens mal manejadas se tornam degradadas, influenciando na sua capacidade de proteção do solo.

No geral, pastagens degradadas não possuem boa cobertura do solo (Figura 67) permitindo o impacto direto das gotas das chuvas diretamente na superfície. Com isto, a formação dos fluxos se acentua pela falta de barreiras físicas, e aliado à maior quantidade de material desagregado por meio da ação do efeito *splash*, maiores taxas de materiais poderão ser carreadas.

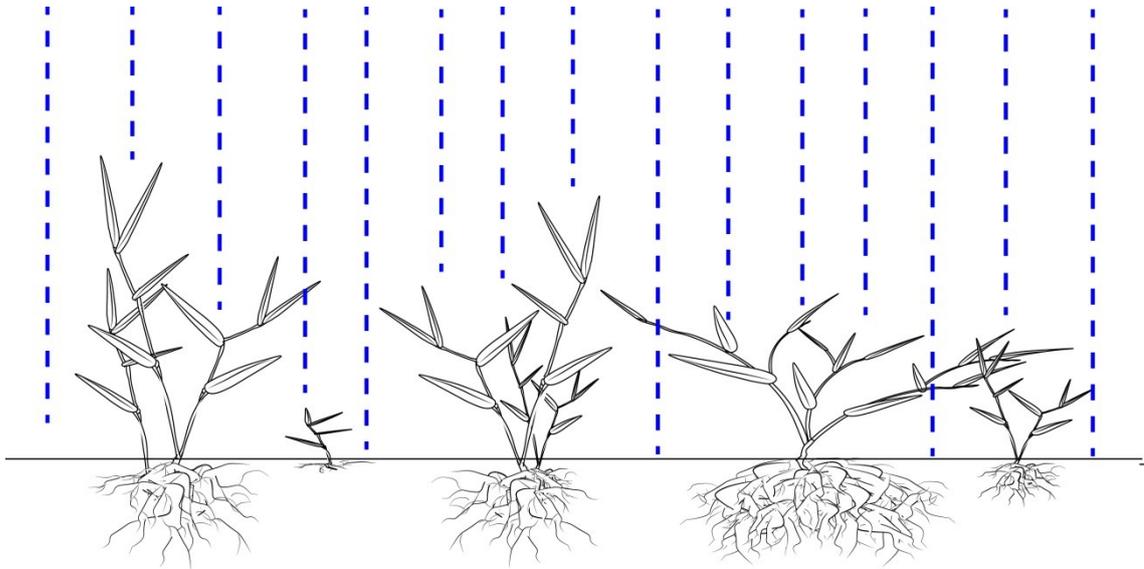


Figura 67 - Interação da precipitação em ambiente de pasto degradado, gotas incidindo diretamente na superfície do solo por falta de proteção vegetativa.

Ao contrário disto, pastagens bem manejadas exibem boa proteção do solo frente a ação direta das chuvas, pela atuação de sua densa camada vegetativa que recobre o solo (Figura 68). Aliado a isto, em sub-superfície, o sistema radicular apresenta-se denso e com grande sobreposição de raízes de diferentes indivíduos, agregando as partículas e promovendo maior travamento do solo.

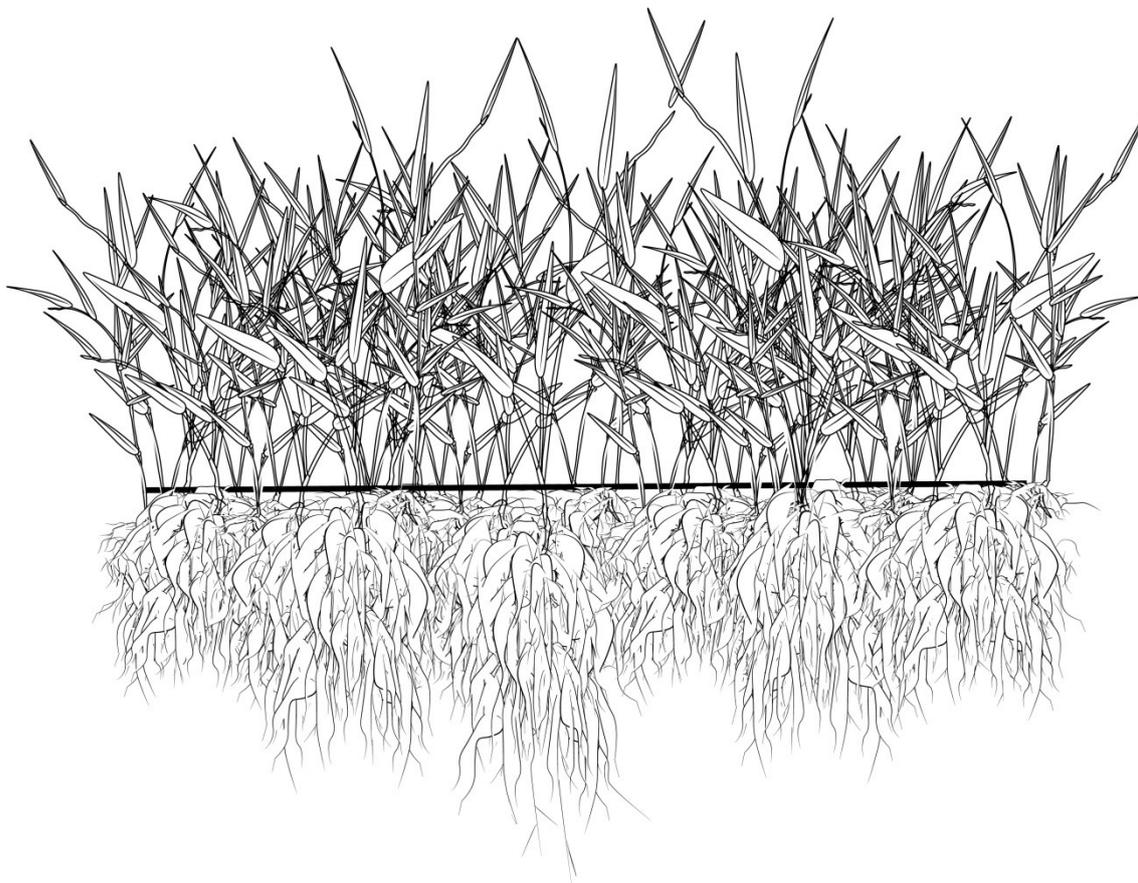


Figura 68 - Pastagem de braquiária em pleno vigor vegetativo, grande proteção aérea e subsuperficial do solo, por meio do entrelaçamento dos perfilhos e sistemas radiculares.

Além das próprias imposições estruturais das plantas, singularidades produzidas no terreno pela ação de agentes externos também pode gerar oscilações na dinâmica hídrica no solo. Pastagens são utilizadas como fonte primordial de alimento para animais, entretanto seus hábitos alimentares conduzem ao depauperamento da qualidade do solo, visto que o pisoteio constante pode gerar compactação.

Se tratando de bovinocultura, o peso dos animais é variável a depender da idade, raça e manejo. A disposição de seu peso ao solo se faz em poucos pontos de contato e em uma área reduzida, gerando assim grande pressão sobre a superfície, justamente pela pequena área de contato (Figura 69).

Desta forma, quando úmido, solos tendem a apresentar maior facilidade de compactação, se tornando mais susceptíveis a alterações promovidas por pastoreio, fato evidenciado em observação de campo e também exposto por meio de amostragens de solo, como visto anteriormente.

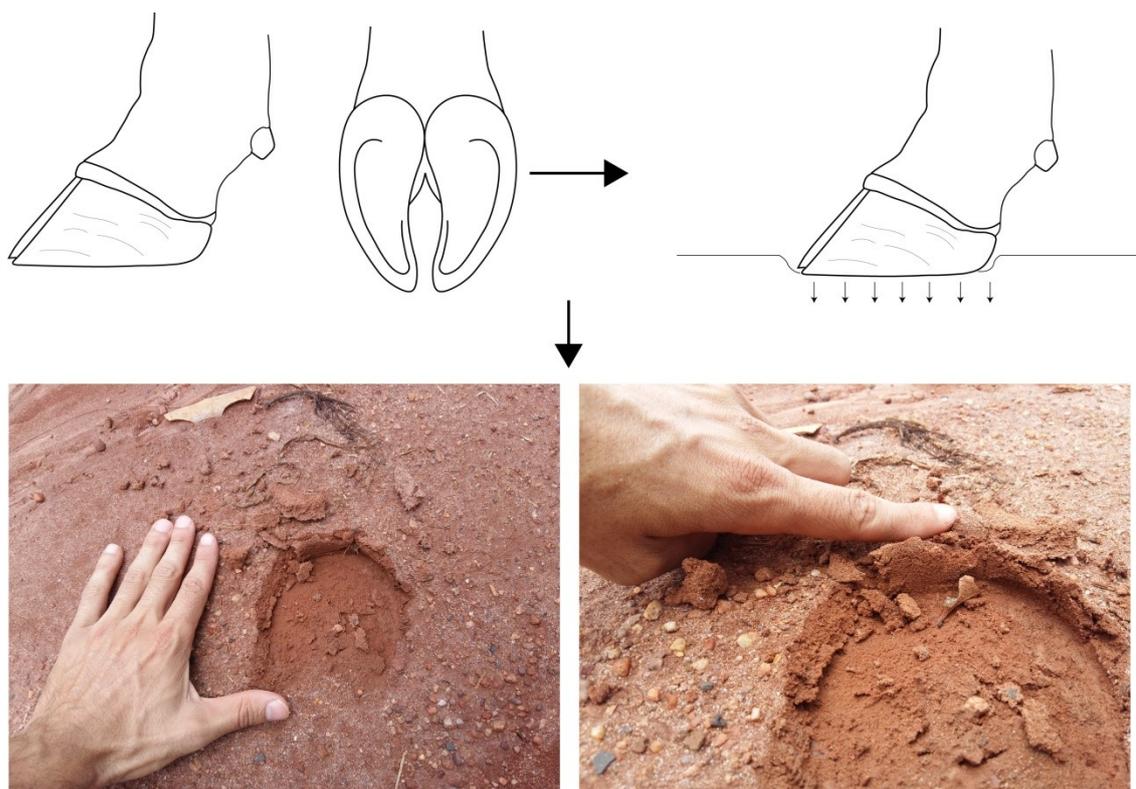


Figura 69 - Forma de cascos de bovinos; pressão promovida pelo pisoteio ocasionando compactação superficial do solo; desagregação do material superior em forma de torrões.

Os animais ao movimentarem-se, tendem a buscar caminhos de melhor acessibilidade. O constante trânsito dos mesmos em pontos do terreno gera caminhos preferenciais, conhecidos como trilhas, as quais são desprovidas de vegetação e se mostram mais compactadas se comparado a áreas adjacentes (Figura 70) (MARCHÃO et al, 2009). Gerando ambiente propício para formação e concentração de fluxos superficiais e consequentemente aumento no potencial erosivo.



Figura 70 - Espacialização de rede de trilhas de gado sob manejo extensivo em ambiente pastagem de braquiária.

Sendo assim, um grande numero de variáveis pode influenciar o processo erosivo assim como a perda de água em pastagens. Se tornando a qualidade das plantas um fator de grande relevância na prevenção, contenção e mitigação da perda de solos e de água em pastagens.

6.3.5 Cerrado em Recuperação

No Brasil, vastas áreas são utilizadas para produção de pastagens, sendo estas fontes vitais para a produção pecuária, visto que a atividade está intimamente ligada à produção extensiva (FERRAZ; FELÍCIO, 2010). Basicamente, estas áreas são constituídas por diferentes tipos de pastagens, subdividindo-se em pastagens perenes (nativas e cultivadas), e em menor escala pastagens cultivadas de ciclos anuais (CEZAR et al., 2005).

Cada qual, com singularidades próprias de produção, manejo, estrutura, abundância e qualidade, variando no tempo e espaço (REAGAIN e SCHWARTZ, 1995; CARVALHO et al. 2001). Tais variáveis são expressas devido a grande extensão territorial do país, que por sua vez apresenta grande heterogeneidade de ecossistemas assim como grande variedade socioeconômica, interferindo diretamente nas formas de cultivo (CEZAR et al., 2005).

Diferentes tipos de pastagens são expressas ao longo do território, cada sistema de manejo adotado influi diretamente em suas características. No cerrado, pastagens são fortemente influenciadas por condições do solo, onde os mesmos apresentam elevados índices de acidez e baixa fertilidade natural, se mostrando como principal fator limitante na boa qualidade de cultivo (BUENO, 2002).

Visando garantir melhor produtividade e perenidade do cultivo, a nutrição das plantas de forma contínua por meio de adubação e correção do solo é de extrema importância (Zimmer et al. 1998), evitando a degradação do cultivo. Dias-Filho (2011) atenta a não existência de uma metodologia uniforme para caracterizar os indicadores de degradação de pastagens, pois as mesmas podem ser inseridas neste contexto em um espectro relativamente amplo de condições.

Dentre as variações de degradação das pastagens, Dias-Filho (2017) cita a Degradação Agrícola como sendo uma forma comum de degradação, caracterizada por um aumento excessivo na densidade de plantas daninhas, ocasionando competição entre as mesmas e o capim, seja na oferta de luz, nutrientes e água. Se tratando de pastagens cultivadas, as imposições nutricionais das plantas quando não atendidas promovem a sucessão das mesmas por plantas mais adaptadas, ocasionando a substituição da pastagem por plantas nativas ou invasoras menos exigentes.

No cerrado, este fato conduz ao surgimento de áreas mistas, formadas principalmente por vegetação rasteira composta por gramíneas arrançadas em meio à

arbustos e árvores nativas (Figura 71), evidenciando um processo de sucessão natural com vistas a restauração dos ambientes.

Apesar de comuns, estudos sobre o comportamento erosivo destas áreas são escassos na literatura. Desta forma, experimentos foram realizados em uma área dotada das condições acima citada em duas estações climáticas distintas do ano, uma inserida no período de entre chuvas da região (inverno) Figura 71 A, e outra no período chuvoso (verão) Figura 71 B.

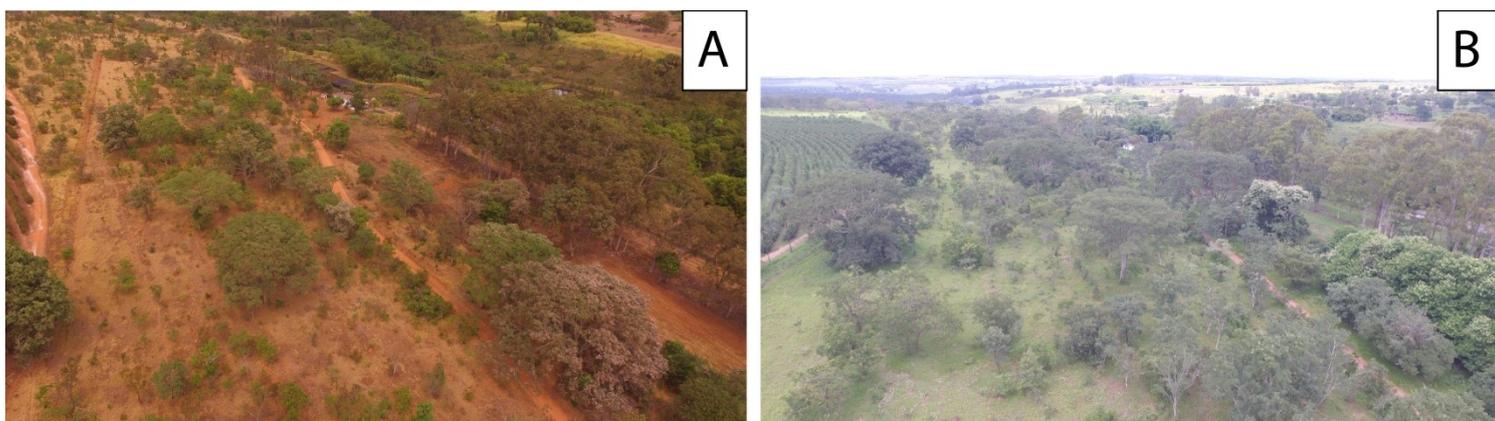


Figura 71 - Alteração na paisagem de acordo com variações na precipitação, promovidas por mudanças de estações do ano. Inverno seco (A); Verão chuvoso (B).

A área dos experimentos é utilizada para produção pecuária, contudo o manejo adotado se limita ao rodízio dos animais em certos períodos do ano, visando o crescimento da pastagem com a retirada dos animais. Sendo assim, a densidade de animais é estabelecida de acordo com a oferta de alimento e sua variação anual.

As parcelas foram fixadas em meio à vegetação, buscando inseri-las em áreas representativas do local. Por apresentar grande heterogeneidade de ambientes em curtos espaços, não se tornou possível a inserção das parcelas em ambientes semelhantes, desta forma cada qual apresentou singularidades em sua cobertura, expondo uma composição de vegetação rasteira (gramíneas) aliada a vegetação de porte arbustivo (variando de 30 centímetros de altura até 3,5 metros) (Figura 72).



Figura 72 - Local de realização dos experimentos em ambiente de cerrado em regeneração; Local com diversas plantas arbustivas e solo recoberto por gramíneas.

A declividade média dos locais onde foram inseridas as parcelas exibiram valores médios de 15 %. De acordo com amostragens de solo, a textura local foi classificada como Argilo-Arenosa, e de acordo com valores de qualidade expostos por Reichert et al. (2003) a camada superficial está no limite dos valores normais, evidenciando-se como compactada (Tabela 14), valores estes confirmados também por Penetrômetro de campo, que não adentrou o solo na fase de inverno.

Areia (%)	Argila (%)	Silte (%)	Classificação	DP	Ds	Penetrômetro Verão (Lbs)	Penetrômetro Inverno (Lbs)
60	37	3	Argilo-Arenoso	2,60	1,7	-	127

Tabela 14 - Análises físicas de solo provenientes de ambiente de cerrado em regeneração.

Os valores de tensão do solo nas duas fases de testes apresentaram-se aproximados, com valores médios de 10 kpa na estação chuvosa e 23 kpa para entre chuvas. Valores estes influenciados diretamente pelo pré-molhamento das parcelas, 24 horas antes dos experimentos, rebaixando as tensões do solo.

Após início dos testes (Figura 73), o escoamento superficial originou-se em tempo médio de 1:14 minutos no verão e 3:11 minutos no período de inverno, com abstração inicial de 1,27 e 3,29 mm respectivamente. Entretanto cabe ressaltar que houve grande variação entre as parcelas em relação ou início do escoamento, devido as singularidades expostas em cada, principalmente se tratando de cobertura vegetal, com 30% de amplitude nos valores de inverno e 132% para o verão.

A produção de sedimentos não apresentou alta correlação com o aumento do fluxo superficial, com valores de 49% para o verão e 66 % para o inverno. A falta de regularidade na produção de sedimentos pode ser evidenciada devido a movimentação das rugosidades do terreno, composta principalmente pela própria vegetação e seus resíduos (como galhos e folhas), que por vezes atuaram como barreiras frente as partículas retendo-as, entretanto liberando-as em certos momentos.

Ao comparar os totais escoados e erodidos (Figura 74), no inverno foram apreciados maiores valores de escoamento superficial (26% maior), entretanto a produção de sedimentos no verão expôs valores mais elevados (97% maior).

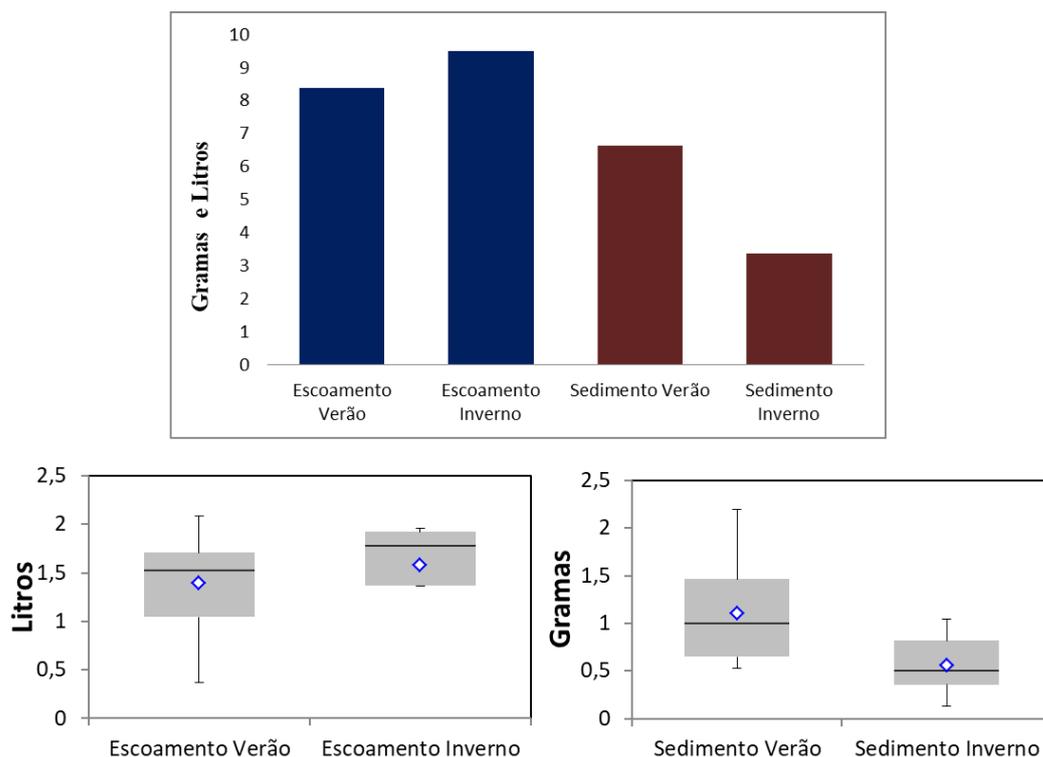


Figura 73 - Escoamento e sedimentos totais em parcela de erosão localizada em ambiente de cerro em regeneração. Valores apresentados referentes à médias de 3 simulações

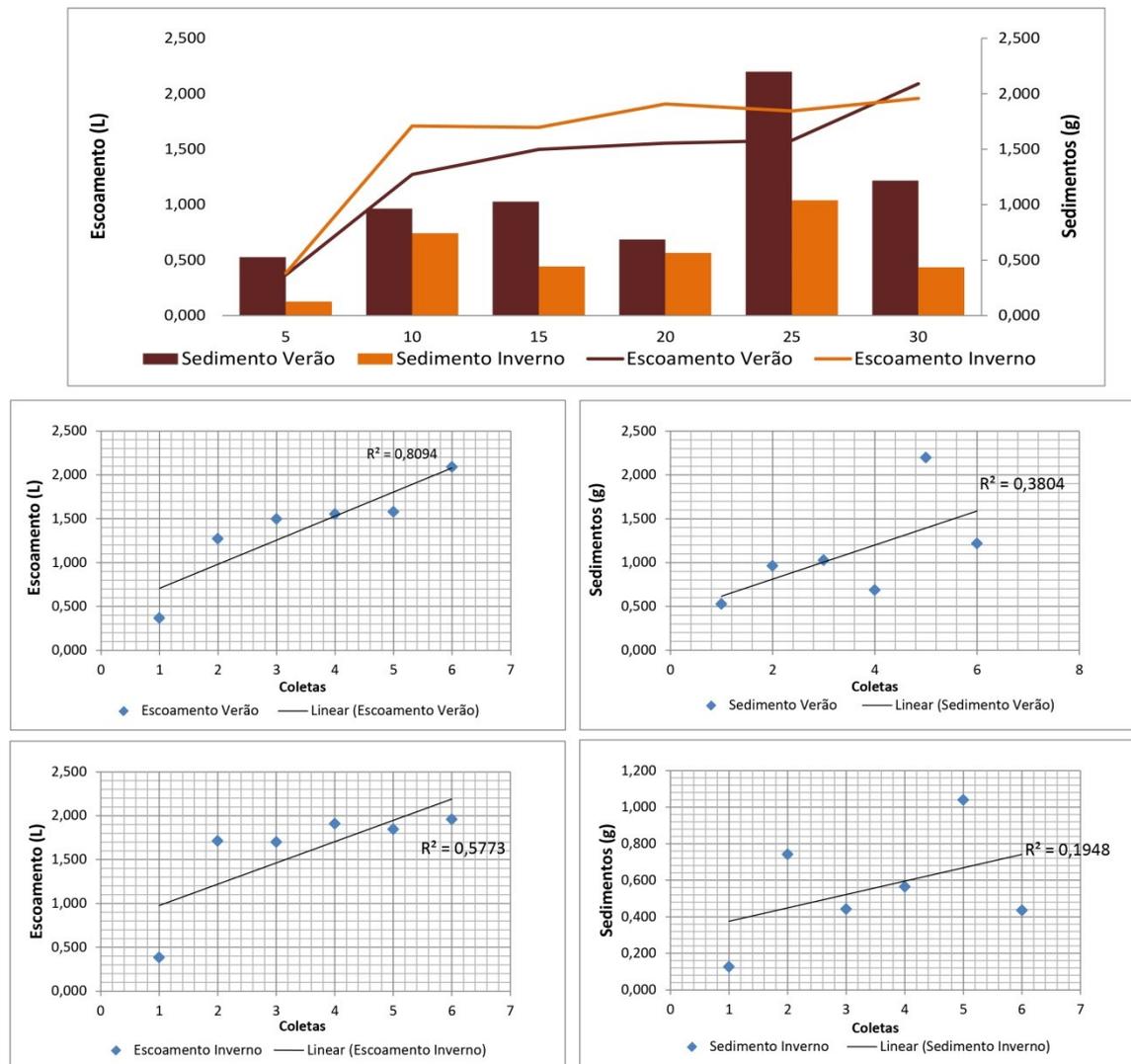


Figura 74 - Escoamento e sedimentos totais em parcelas de erosão localizadas em ambiente de cerrado em regeneração. Valores apresentados referentes à médias de 3 simulações

Contudo, apesar da semelhança nos totais escoados exposto nas duas fases de testes, no período de inverno as parcelas apresentaram grande discrepância nos volumes de escoamento superficial (Tabela 15). Comparando o menor valor escoado no inverno (parcela 2) ao maior (parcela 4), verifica-se um volume 33 vezes maior. Do mesmo modo, no verão a parcela de numero 4 também expôs grande diferença nos valores erodidos se comparado ao menor do mesmo período (7 vezes maior).

Parcelas	Verão		Inverno	
	Escoamento (litros)	Sedimento (gramas)	Escoamento (litros)	Sedimento (gramas)
1	3,81	2,19	1,93	0,59
2	9,49	5,12	0,83	0,31
3	10,36	3,58	7,90	5,87
4	9,79	15,59	27,35	6,63
Totais	33,45	26,49	38,01	13,40

Tabela 15 - Totais escoados e erodidos em parcelas de erosão inseridas em ambiente de cerrado em regeneração sob chuva simulada de 62,22 mm/h.

As grandes variações nos volumes escoados e erodidos em cada parcela são reflexo direto dos desiguais ambientes nas quais as parcelas se inserem. A sucessão das gramíneas (braquiária) por outras espécies sejam elas arbustivas ou não, por meio de crescimento natural e aleatório, originou grande complexidade de ambientes (Figura 75). Localidades heterogêneas, nas quais cada qual expõe relação diferenciada frente às precipitações, exibindo dinâmicas singulares.



Figura 75 - Cerrado em regeneração, constituído de diversos estratos arbustivos, compostos por plantas arbóreas, arbustivas e rasteriras. Com presença microfauna ao longo de sua extensão (termiteiros e formigueiros).

Os distintos estratos vegetativos, exibidos pela grande variedade de espécies de plantas, apesar de oferecer boa cobertura do solo também podem promover a concentração da água precipitada em determinados pontos do terreno (Figura 76).

A água retida nos arbustos por meio de suas folhas, é acumulada e disposta de forma concentrada, variando de acordo com cada morfologia de planta. Podendo a água ser destinada de forma direta (galhos/solo) Figura 76 A, ou por meio de escoamento na própria planta (folhas/galhos/tronco) Figura 76 B.

Desta forma, os volumes precipitados são extraviados de seu destino final por meio da ação da vegetação, se concentrando em determinadas áreas e captando a precipitação de seus arredores.

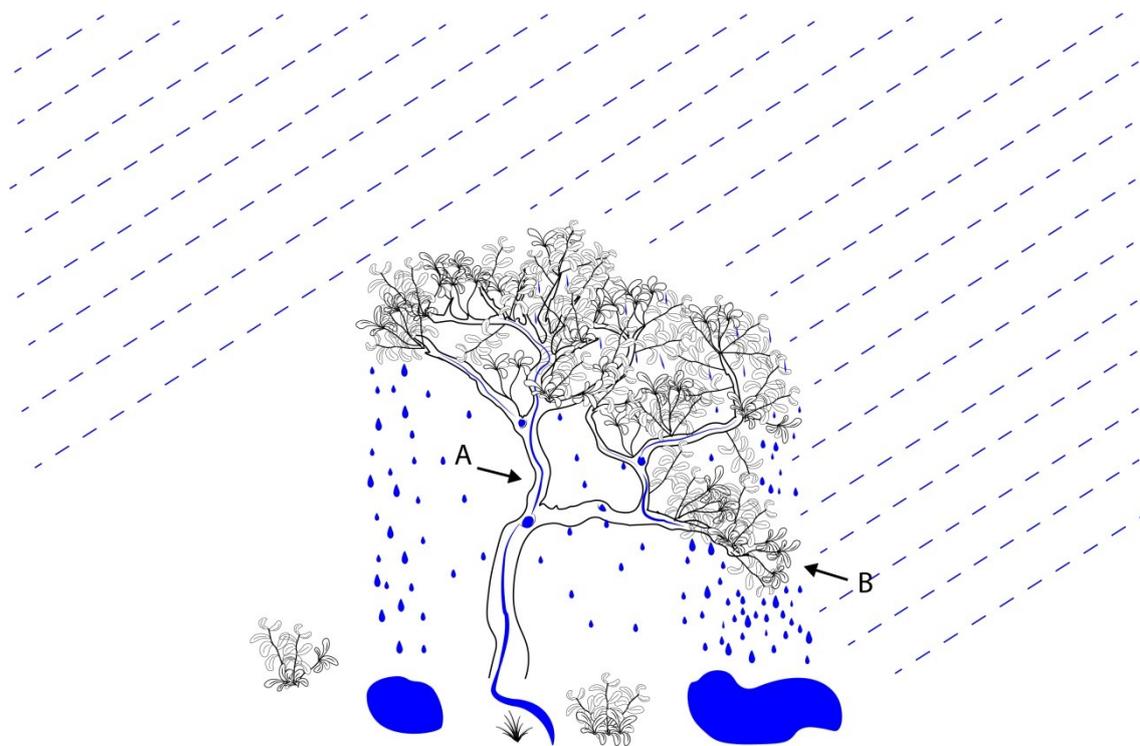


Figura 76 - Interação arbusto com a precipitação; Intercepção da água precipitada por meio de galhos e folhas (B); Disposição da água concentrada pela planta em forma de escoamento de tronco (A); Discrepancia na disposição dos volumes dispostos no solo, com concentração pontual.

A água disposta por esta ação pode apresentar erodibilidade variável, a depender da altura, volume e área de ação. Como visto na parcela 4 no período de verão, a água captada pela vegetação se destinava ao solo de forma concentrada em um único ponto

do início ao fim dos testes, permitindo maior desagregação do solo e posterior carreamento das partículas.

A presença de térmitas assim como de formigas cortadeiras na área, também influenciaram na dinâmica hídrica local. Especialmente térmitas do gênero *Cornitermes*, que são responsáveis pela construção de montículos verticais (Valério, 2006), e formigas dos gêneros *Atta* (Saúva) responsáveis por grandes montículos de terra solta (COUTHINO, 1984).

Notou-se durante os testes, que algumas parcelas apresentaram volumes escoados aquém às demais. Tal constatação pôde ser relacionada com a vegetação como já citado acima, mas também à maior atividade dos térmitas e formigas em subsuperfície.

Mesmo evitando o posicionamento das parcelas sobre os mesmos, sua atividade subterrânea expõem uma densa rede de tuneis logo abaixo da superfície (DEMATTÊ, MAFRA e BERNARDES 1998), interferindo no início da formação dos fluxos superficiais, assim como aumentando consideravelmente os volumes infiltrados.

Térmitas do gênero *Cornitermes* e formigas dos gêneros *Atta* produzem assinaturas no terreno em formas de montículos (Figura 77 1 e 6), estruturados de solo provindos de horizontes subterrâneos. Esta ação de remoção gera uma densa rede de tuneis em sub-superfície (Figura 77 3-4-5-7), os quais podem servir de caminho preferencial para água, que infiltra-se no solo por meio de aberturas no terreno utilizadas para entrada e saída dos indivíduos (Figura 77 2), ou através de tuneis desmoronados.

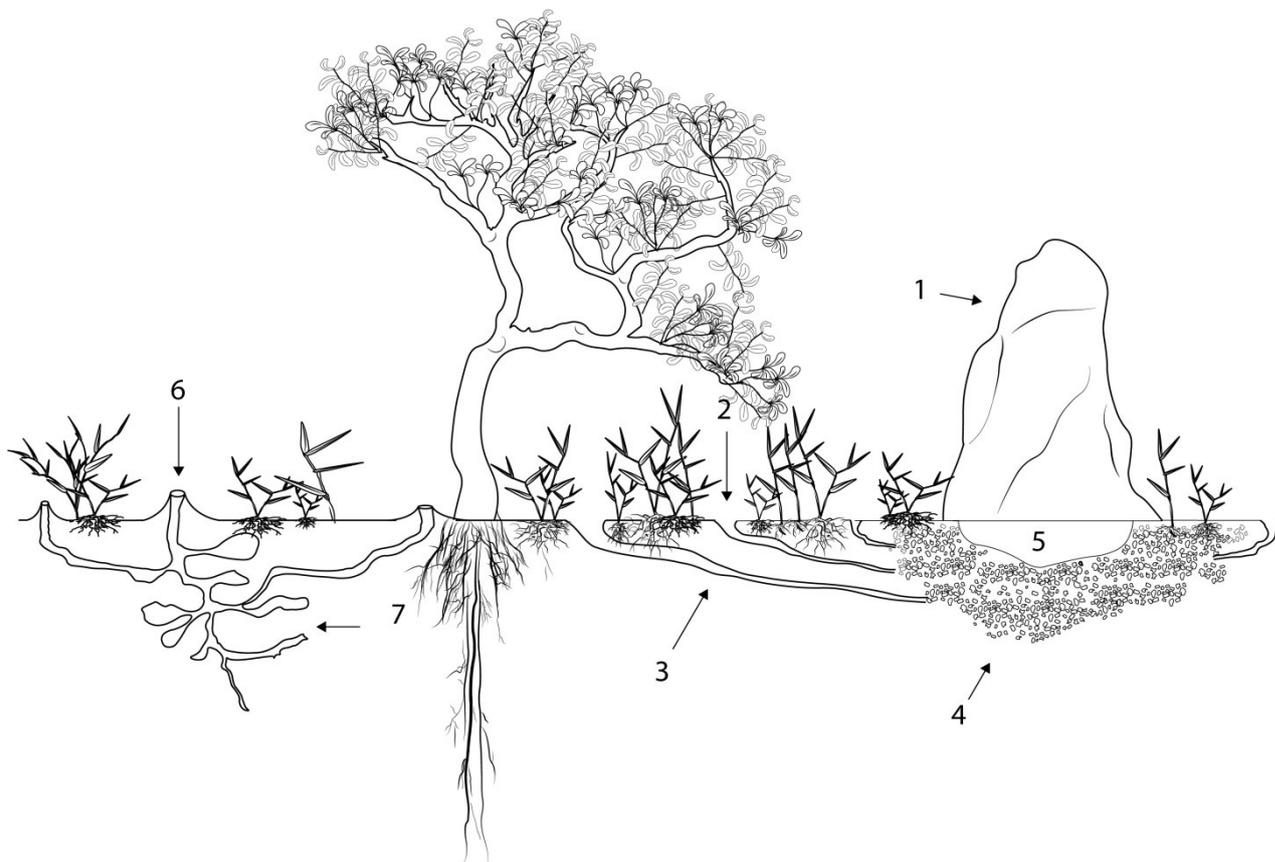


Figura 77 - Ambiente de cerrado em regeneração em pastagem; Presença de termiteiros em montículos (1); Túneis de acesso a superfície (2); Túneis subterrâneos (3 ,4 e 7); Cavidade abaixo do montículo principal (5); Entrada principal formigueiro.

Desta forma, os variados ambientes expostos assim como a presença de animais que promovem alterações no solo, interferem nas formas de gerenciamento da água precipitada, seja no contexto vegetativo e no próprio solo. Sendo assim, o ambiente de pequenas parcelas concebe informações de processos, e por estarem inseridas em um ambiente sistêmico, a interação entre os fatores em escalas maiores também se faz necessário.

6.3.6 Estrada

Estradas rurais tem por característica principal a falta de pavimentação (Cunha, 2010), sendo constituídas por materiais encontrados *in situ* ou do próprio entorno. São expressões comuns em paisagens não urbanas, utilizadas para o deslocamento de pessoas, animais, veículos e insumos para as propriedades (Machado et al., 2003; Thomaz e Pereira, 2013)

Possui grande influencia na dinâmica hídrica local, se tornando ambiente propício para o aumento da formação de fluxos superficiais, produção de sedimentos e ampliação da conexão entre vertente e canal fluvial (ANTONELI, 2011; THOMAZ e MELQUIADES, 2009; LUCE & WEMPLE, 2001; GRACE et al., 1996; LIMA, 1996).

Ao se trabalhar erosão com estas formas, se torna difícil sua caracterização, justamente por sua falta de homogeneidade, visto que, as estradas não seguem um padrão estrutural. Pois diferentes configurações de estradas são reflexo de variados fatores, como tipo de solo, disponibilidade de materiais, clima, geomorfologia e principalmente o investimento econômico, podendo este ser considerado como principal destes para se obter uma estrada de qualidade (ODA, et al., 2007).

No geral, estradas que recebem maiores volumes de capital, possuem melhores condições de rodagem, pois recebem o devido manejo. Seja nos materiais utilizados em sua construção, obras de contenção e distribuição de fluxos superficiais de água, além do acompanhamento periódico e manutenção preventiva (LANE et al., 2006; CUNHA, SANTOS E CRUZ 2014) .

O tipo de função também reflete em suas condições gerais, vias principais recebem maior aporte de veículos em comparação a estradas vicinais, tornando seu leito mais compactado pelo maior trânsito de veículos. Os tipos de veículos que transitam, também tem seu papel na transformação do pavimento, visto que locais onde o trânsito de caminhões pesados se mostra intenso, principalmente no escoamento de safras, como de culturas anuais de milho e soja, ou extração de madeira e cana, o pavimento é retrabalhado com maior velocidade (Dietz et al., 1983; CÂNDIDO et al., 2014).

Sendo assim, os diferenciados usos encontrados no ambiente rural terão reflexos diretos nas estradas, seja em seu dimensionamento, tipo de pavimento, configuração de traçado e manejo. A principal fonte de degradação de estradas está ligada intimamente à presença de água normalmente provinda de chuvas (OLIVEIRA et al. 2010), onde sua concentração em fluxos tem o poder de desagregar grandes quantidades de materiais,

implicando em menor qualidade do pavimento e conseqüentemente reduzindo sua vida útil.

Objetivando minimizar os efeitos da erosão hídrica por eventos de chuva em estradas não pavimentadas, a compreensão dos processos envolvidos neste sistema se torna de grande relevância. A fazenda experimental onde foram realizados os testes possui vias de acesso em grande parte de sua extensão. Para realização dos experimentos, buscou-se para local de inserção das parcelas de erosão um ponto por onde transitasse diferentes usuários, como motos; carros de passeio; caminhonetes; caminhões; maquinário agrícola; pessoas e animais.

A superfície na qual foram fixadas apresentou-se retilínea em todas as parcelas, com declividade média de 11% (Figura 78 A). O pavimento constituído do solo local, mas também de materiais provindos de outras localidades, como cascalhos utilizados para melhoria do pavimento (Figura 78 B).

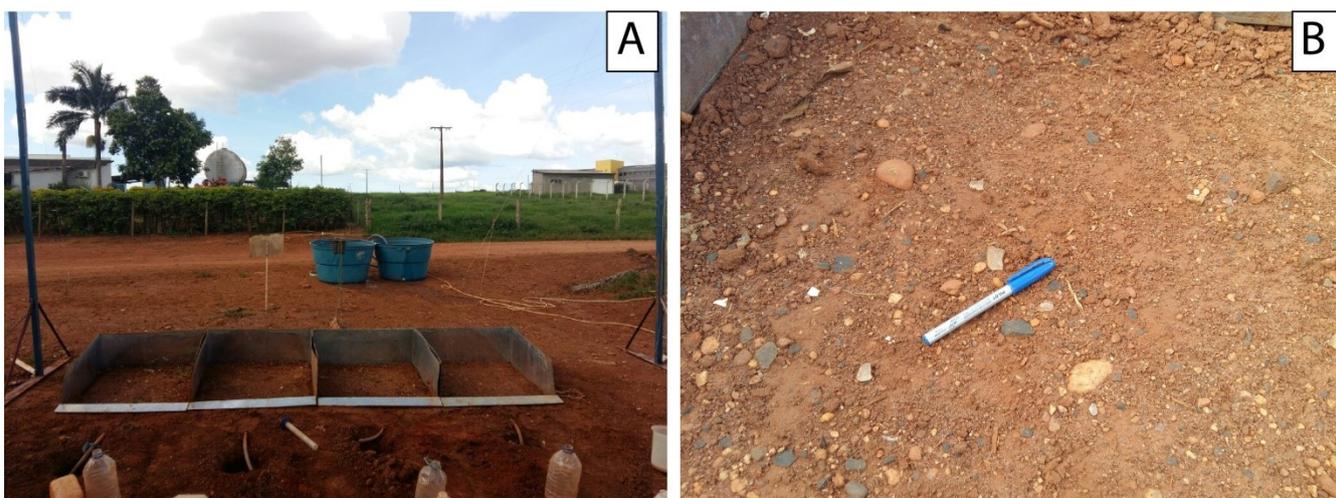


Figura 78 - Parcelas de erosão inseridas em ambiente de estrada (A); Material superficial constituinte de estrada não pavimentada (B).

Através de análise textural de amostras extraídas do local, verificou-se que o material constituinte da superfície é argiloso, com presença de cascalhos espalhados de forma homogênea por toda a superfície, possuindo vários diâmetros, todos menores de 3 centímetros (Figura 78 B). A presença de encrostamento superficial não permitiu o uso do Penetrômetro em nenhuma das fases de experimentos, pois o mesmo não adentrou totalmente no solo.

Os valores de densidade do solo encontrados estiveram acima do limite de qualidade exposto por Reichert et al. (2003), sendo para solos argilosos os índices de

qualidade variam entre 0,90 a 1,25 g/cm³, enquanto na área de estudo o valor médio obtido foi de 1,52 g/cm³. Nenhuma parcela apresentou cobertura vegetal representativa, estando o solo protegido apenas por cascalhos superficiais, e de acordo com visualização em campo os mesmos são capazes de absorver o impacto das gotas diminuindo os danos à superfície do local onde se inserem, porém sua área de atuação é reduzida (Figura 79).

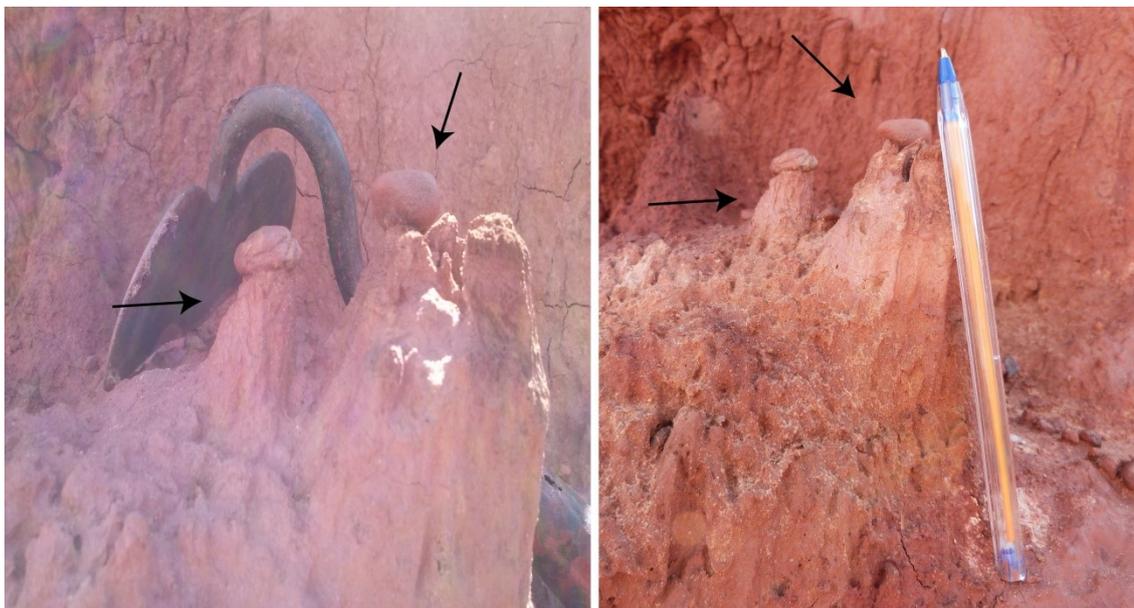


Figura 79 - Ação de proteção do solo por cascalhos em ambiente de voçoroca. Criação de formas intituladas de demoiselles.

Sendo assim, por se apresentar compactado, sem a presença de vegetação ou barreiras físicas que impedissem a formação dos fluxos foram apreciados fluxos superficiais logo após o acionamento do equipamento. Os valores se se mantiveram próximos nos dois períodos de testes, no verão com tempo médio de início de 1:48 minutos com abstração inicial de 1,8 mm, e inverno iniciando-se aos 1:14 minutos e abstração de 1,2 mm.

O ambiente de estradas não pavimentadas apresentou alta correlação entre a produção de sedimentos em relação ao escoamento superficial, com valores de 77% para o inverno e 87 % para o verão. Como dito anteriormente barreiras físicas são capazes de reter os sedimentos que são arrastados pelo fluxo que esco superficialmente, desta maneira, a falta de barreiras permite a condução do material facilmente, sendo apreciados valores que aumentam em proporção ao fluxo (Figura 80).

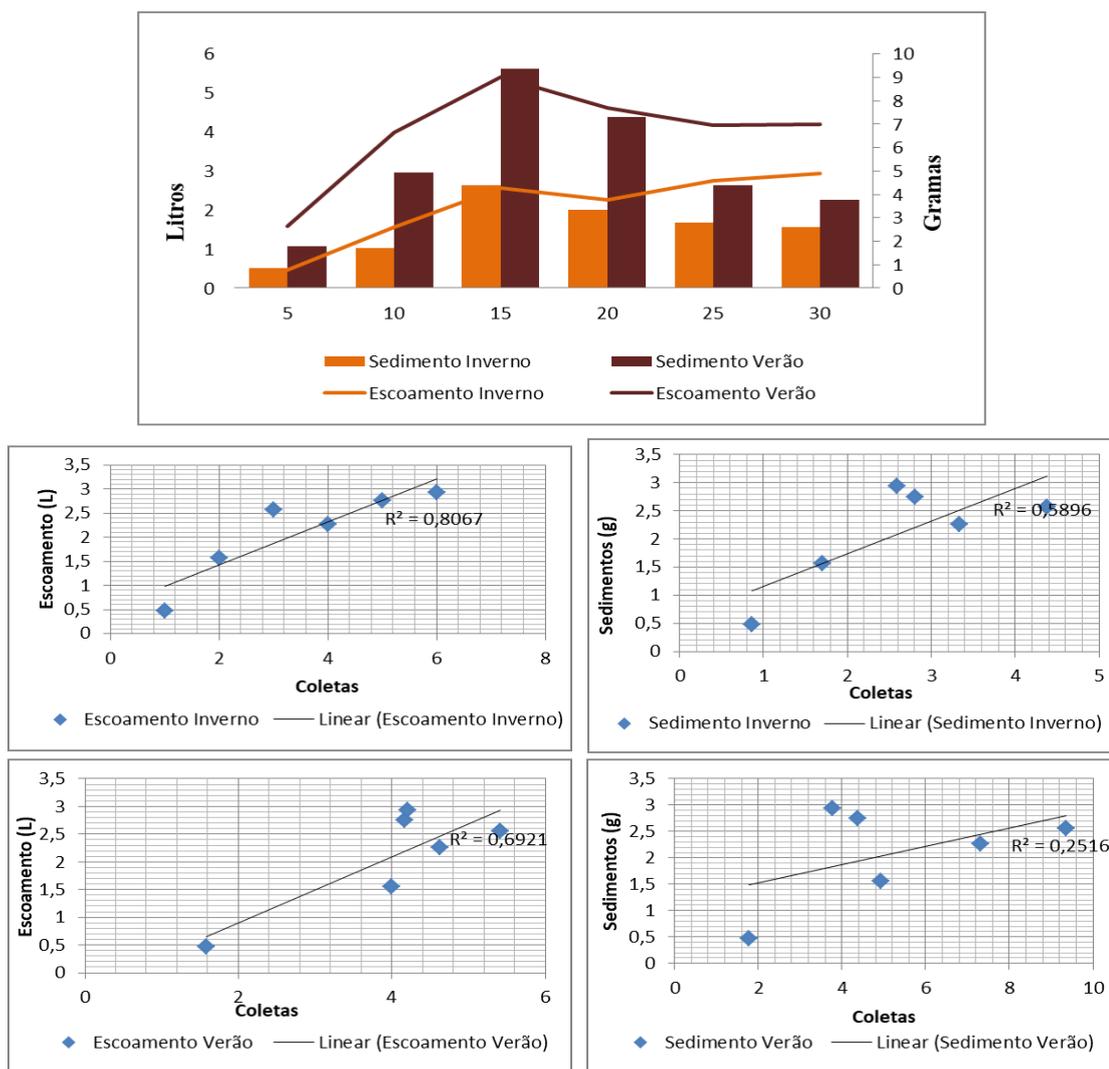


Figura 80 - Produção de escoamento superficial e sedimentos em parcela de erosão inserida em ambiente de estrada em duas estações do ano distintas (verão/inverno) sob chuva simulada de precipitação média de 62,22 mm/h.

O escoamento produzido no inverno foi 47 % menor se comparado ao verão, visto que o solo apresentava-se com menor umidade, 10,2% e 15,9 % respectivamente. A produção de sedimentos também exibiu variação semelhante, sendo que no inverno foram apreciados valores 50,2 % menores se comparados ao verão.

Como visto anteriormente, no período de entre chuvas da região (inverno), o material superficial das estradas se fragmenta em porções pequenas pelo tráfego de veículos e de animais. Com os testes, esperava-se valores de sedimentos maiores para este período se comparado ao verão, entretanto se mostraram inferiores (Figura 81).

O pré-molhamento da parcela influenciou diretamente este resultado, pois ao ser aplicada na superfície uma pluviosidade com 24 horas de antecedência, a formação

deste primeiro fluxo carrou da superfície o material desagregado, sendo apreciados valores menores nas taxas erodidas para o experimento final (Figura 81).

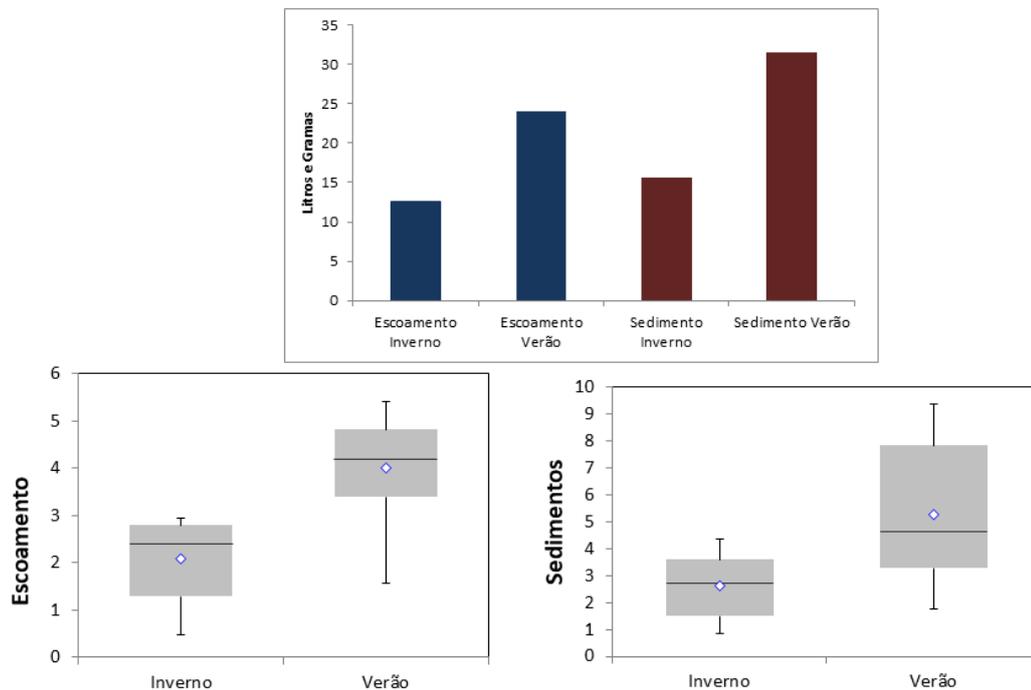


Figura 81 - Escoamento e sedimentos totais em parcela de erosão localizada em ambiente de estrada não pavimentada em duas estações do ano (Inverno/Verão). Valores apresentados referentes à médias de 3 simulações.

Como visto, o ambiente de estradas não pavimentadas tem grande capacidade de produção de passivos, seja na perda de água ou de sedimentos. O material erodido é conduzido até as partes mais baixas do terreno, sedimentando nos corpos hídricos ocasionando seu assoreamento (ANTONELI e DIAS, 2011; LUCE & WEMPLE, 2001).

Apesar de que este estudo foi conduzido de forma pontual, em um segmento de estrada, cabe ressaltar que estas formas possuem características singulares ao longo de sua extensão, com variações em seu traçado, declividade, material, e posição na paisagem. Sendo assim, alguns fatores locais e operacionais se mostram relevantes na dinâmica dos volumes precipitados neste tipo de ambiente, visto que a alteração em um de seus condicionantes pode mudar a forma do gerenciamento hídrico.

Isto posto, as diferentes configurações de estradas podem produzir distintas alterações ao meio. Estradas inseridas em divisores topográficos, no geral possuem a capacidade de dispersar os fluxos produzidos em várias direções (Figura 82), mas também podem promover um movimento contrário. Por estar posicionada nas porções

mais elevadas do terreno, a disposição da água escoada em sua superfície para as vertentes possui grande energia potencial, sendo assim, se disposta de forma concentrada o fluxo tende a possuir grande energia para ocasionar entalhamento do terreno, devido ao desnível entre o divisor e fundo de vale.

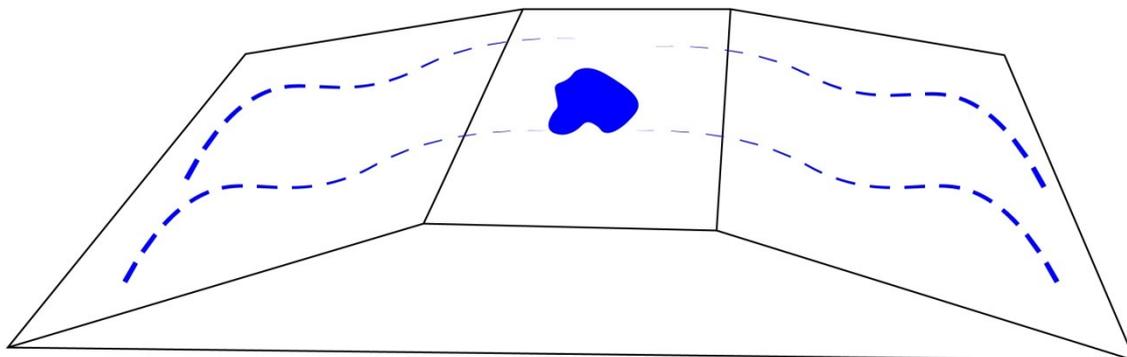


Figura 82 - Estrada não pavimentada inserida em divisor topográfico, com pavimento plano e promovendo a dispersão de fluxos em suas laterias.

Outra configuração comum se faz por seu estabelecimento ao longo das vertentes (Figura 83). Segmentando-as em duas partes, de forma a interceptarem os fluxos advindos do segmento superior. Se mal manejadas, as consequências inerentes a este fato podem reduzir consideravelmente sua vida útil.

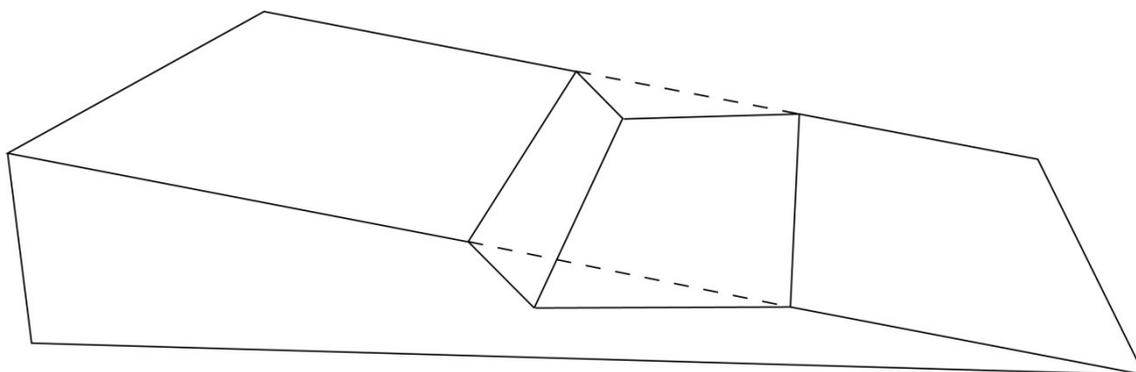


Figura 83 - Corte na vertente para construção de estradas, de forma a promover uma descontinuidade do terreno e segmentar a vertente em duas partes.

Estradas com visto neste estudo possuem baixa permeabilidade, visto que no momento de sua construção seu pavimento é compactado, aliado ao trânsito de veículos que também conduz ao maior adensamento da camada superficial de solo (PEREIRA, MACHADO e LIMA, 2006; CORRÊA et al., 2005).

Ao realizar o corte do talude para confecção de estradas, toda água não infiltrada vertente acima é disposta em seu leito. Se tornando um local propício para concentração de fluxos, e pela falta de barreiras físicas necessárias para diminuição de sua velocidade da água escoada, pode aumentar a cinética do fluxo e por consequência seu poder de erosão.

Os danos podem ser visualizados em diferentes pontos do sistema, o corte no talude pode gerar erosões remontantes como visto na Figura 84. A mudança abrupta no perfil promove maior ganho de energia potencial do fluxo de água, gerando maior poder de incisão sobre o terreno, iniciando-se com erosões laminares e posteriormente em sulcos mais profundos.

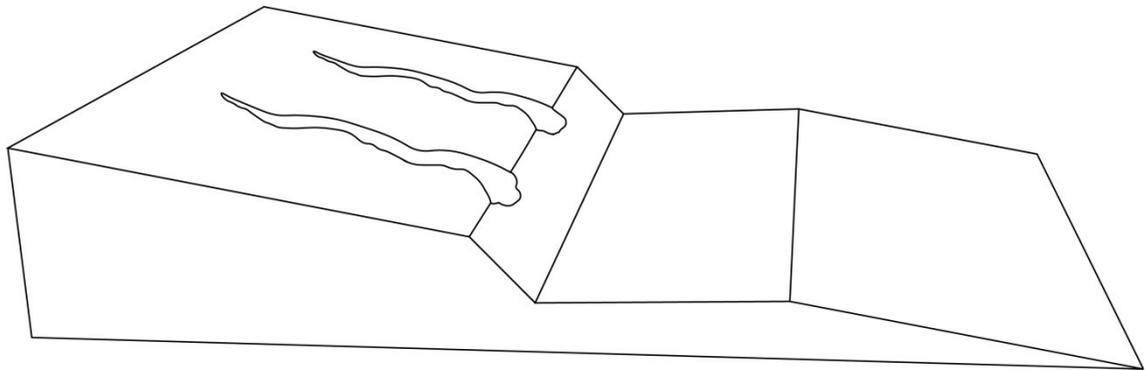


Figura 84 - Erosão remontante no corte de estrada, produzido pelo aumento no nível de base pelo corte da vertente.

A concentração da água no próprio pavimento também pode gerar consequências, visto que a falta de rugosidades que diminuiriam a cinética dos fluxos é insuficiente. Sendo assim, o trânsito de veículos no local juntamente com o escoamento superficial pode promover a desagregação do material superficial e posterior carreamento das partículas a localidades mais baixas do terreno (Figura 85).

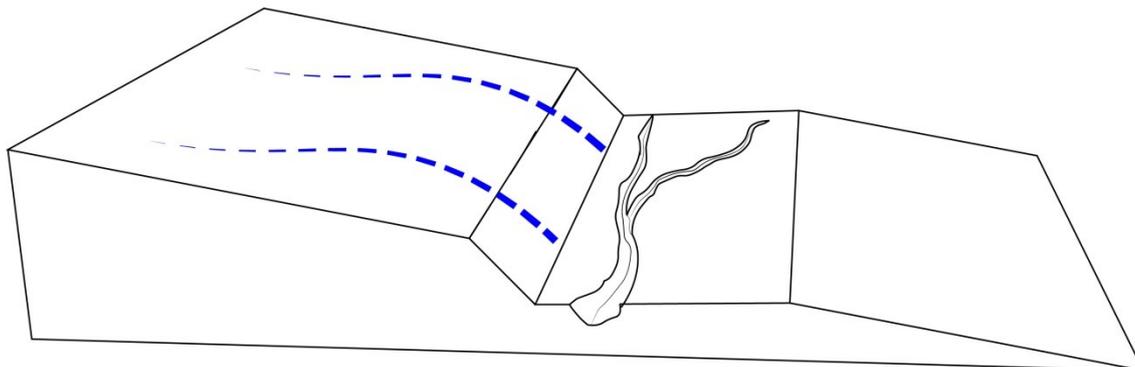


Figura 85 - Concentração do escoamento superficial da parte superior da vertente na calha da estrada; condução do fluxo sobre o pavimento ocasiona a desagregação e carreamento do material superficial, de forma a produzir incisões lineares no terreno.

A disposição do escoamento superficial concentrado vertente abaixo também pode gerar passivos consideráveis, uma vez a transferência de grandes volumes de água em áreas reduzidas do terreno pode promover a abertura de fissuras nas laterais do pavimento se aprofundando vertente abaixo, como visto na Figura 86.

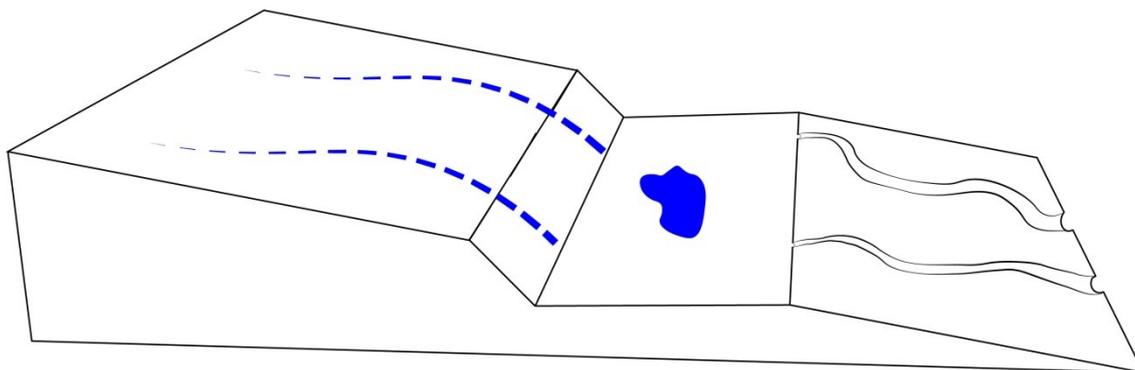


Figura 86 - Concentração do fluxo superficial da parte superior da vertente no pavimento da estrada, seguido de sua admissão vertente abaixo, ocasionando incisões lineares no terreno.

O trânsito de veículos também pode promover alterações no pavimento (Figura 87), possuindo a capacidade de concentrar os fluxos superficiais de água, em canais preferências no terreno promovidos por meio da ação de suas rodas, através da remoção ou compactação do material. Este aprofundamento do terreno reduz ainda mais a área de escoamento dos fluxos superficiais, aumentando seu volume e conseqüentemente poder erosivo.

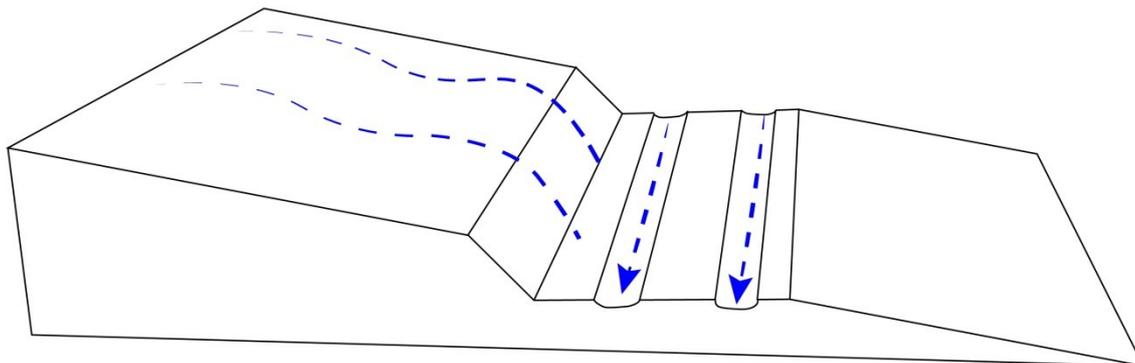


Figura 87 - Concentração do fluxo de água superficial vertente acima em incisões rebaixasadas no pavimento da estrada, produzidas pelo transito de veículos.

A remoção do material ao longo do tempo força a realização de manutenções periódicas. Com intuito de promover uma faixa transitável o mais plana possível e sem deformidades, para evitar trepidações e solavancos nos veículos que ali transitam, normalmente é realizada a raspagem do leito de rodagem, extraindo eventuais deformidades presentes.

Ao realizar este tipo de manutenção, produz-se ambiente ideal para concentração de fluxos. Como visto na Figura 88, a água que adentra a estrada não possui rotas de saída, devido ao desnível produzido pela raspagem do pavimento. Sendo assim, grandes volumes de água serão concentrados, de forma a atingir um ponto de saída, podendo o ocasionar danos ao escoar vertente abaixo, devido a grande concentração de água.

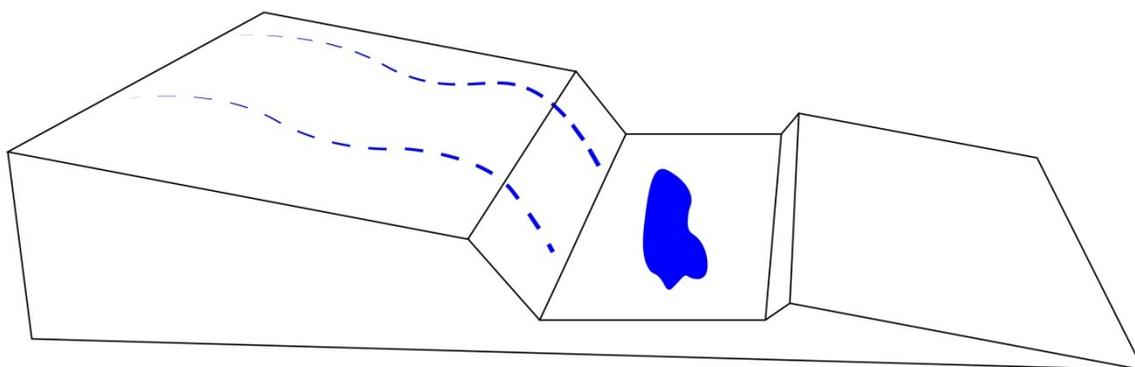


Figura 88 - Concentração de água escoada vertente superior no pavimento da estrada, pelo rebaixamento produzido por raspagens do pavimento em manutenções promove o empocamento da água na estrada por falta de rotas de saída.

O transito de animais também auxilia na remoção do material superficial do pavimento, ao caminhar, seus cascos em contato com o solo deslocam porções de solo (Figura 89 A-B) de forma a desagrega-lo, tornando sua remoção facilitada pela ação da enxurrada. O caminhar de apenas um individuo pode não gerar passivos consideráveis, porém quando seu deslocamento se faz em forma de manada multiplicam-se os efeitos, abrangendo áreas mais significativas (Figura 89 C).



Figura 89 - Compactação do solo úmido do pavimento da estrada pelo transito de bonivos (A); Desagregação em forma de torrões pela ação de pisoteio de animais no pavimento da estrada (B); Trilha de material desagregado produzida por transito de vários animais em uma área reduzida do terreno (C).

A estruturação do pavimento em declive, de forma a concentrar os fluxos em uma das laterais (Figura 90 e 91), também pode promover passivos à estrada e seu entorno. Quando destinados de forma errônea, sem as devidas precauções, os fluxos superficiais podem gerar erosões em diferentes escalas, no geral quando maiores os volumes e velocidade de movimento, maior o poder erosivo.

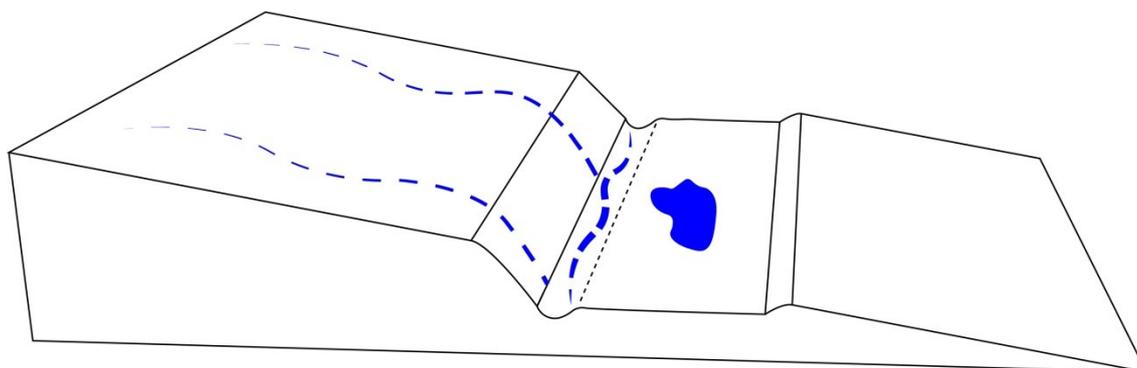


Figura 90 - Concentração da água escoada na lateral da estrada, promovendo maior fluxo em uma área reduzida.



Figura 91 - escoamento concentrado em uma lateral da estrada não pavimentada (A); Erosão promovida pela concentração do fluxo superficial em uma das laterais da estrada.

Em períodos de estiagem prolongada, percebe-se em estradas de grande tráfego a presença de solo desagregado na superfície do pavimento, especialmente em locais que apresentam curvas. O atrito dos pneus no o pavimento, aliado a força centrípeta da curva, fragmenta os agregados do solo em pequenas partículas, originando uma camada de material fino desagregado de alguns centímetros de espessura em superfície (Figura 92).

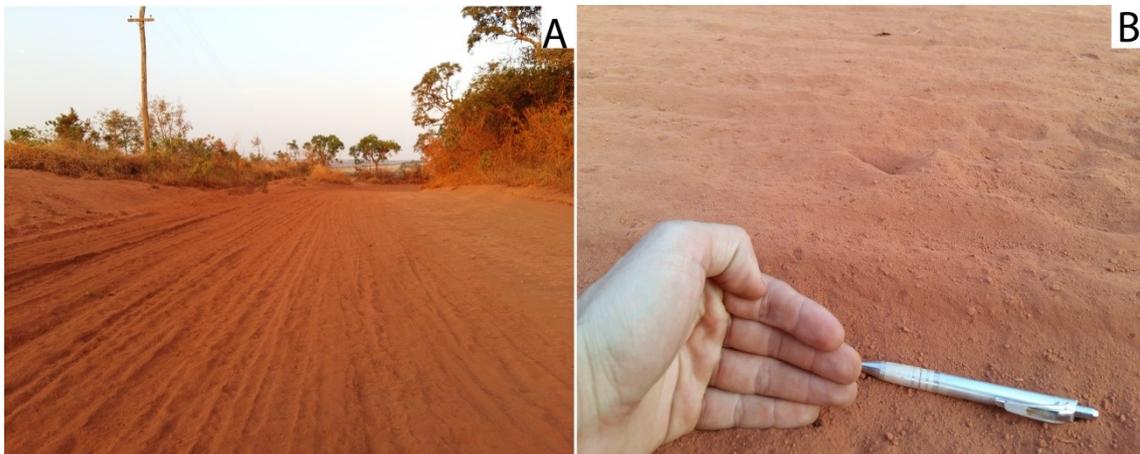


Figura 92 - Solo desagregado sobre pavimento de estrada em período de entre chuvas (A); Camada de aproximadamente 6 centímetros de material desagregado sobre o pavimento.

Por estar inconsolidado e ser constituído por finas partículas, o material é facilmente extraído da calha de rodagem, e por se originar em um período de estiagem a forma de erosão mais frequente neste momento se faz por meio dos ventos. O próprio trânsito de veículos lança as partículas ao ar, sendo extraviadas por qualquer tipo de

brisa. Fato constatado facilmente, sendo visualizado nas áreas de entorno das estradas, principalmente na vegetação lateral (Figura 93).



Figura 93 - Linha de café próxima estrada em período chuvoso (A); Linha de Café próxima estrada em período de entre chuvas, composta de plantas recobertas por partículas de solo (B).

Após cessar o período de inverno, e dar a retomada das chuvas, este material disperso nas estradas é facilmente carregado pela ação fluxo escoado, pois o mesmo encontra grandes quantidades de material desagregação em superfície, necessitando apenas sua condução por meio de fluxos de água superficiais (Figura 94).



Figura 94 - Concentração de água escoada sobre de estrada não pavimentada, promovendo o arraste de partículas.

Sendo assim, cada ambiente produzido pelo amplo espectro de formas de estradas não pavimentadas apresenta dinâmica hídrica singular, podendo uma mesma estrada possuir diferentes configurações ao longo de seu trajeto. Medidas para dissipação e armazenagem dos fluxos se efetivam como formas de minimizar os impactos erosivos provenientes de estradas, contribuindo para sua maior vida útil e conservação do ambiente em seu entorno (SILVA et. al, 2015; FIZOLA et. al, 2011; CORRÊA e DEDECEK, 2009).

6.4 Análise Comparativa entre Usos

Como visto, a dinâmica erosiva é influenciada por uma série de fatores, como: erosividade das chuvas; declividade do terreno; umidade do solo, textura, estrutura, porosidade e usos da terra. Sendo assim, variações nas propriedades físicas do solo, pedofauna, manejo, tipo de cobertura vegetal e variações sazonais, expuseram informações relevantes para compreensão da grande amplitude de resultados.

A bacia do Córrego do Glória utilizada para realização dos experimentos é dotada de relevos suaves. Desta forma, não foram apreciadas grandes diferenças nas declividades entre os diversos usos em que foram inseridas as parcelas de erosão. Com relação aos solos, a variação dos mesmos na bacia está fortemente ligada à litologia, sendo assim, em cotas mais altas se distribuem solos derivados de rocha arenítica (formação Serra Marília), e em cotas mais baixas do terreno derivados de rochas basálticas provenientes da formação Serra Geral.

Desta maneira, a classificação textural dos locais de experimentos apresentou grande relação com o tipo de rocha matriz, expondo solos argilosos nas partes altas da bacia associados a depósitos detriticos-lateríticos e Argilo-Arenosos nas localidades mais inferiores.

Os usos pré-existentes e existentes do solo influenciaram fortemente em sua qualidade, alterando sua estrutura de forma a produzir solos mais compactados ou não. Como visto na Tabela 16, os diversos usos da bacia impactaram diretamente nas condições de porosidade dos solos, assim como os distintos manejos adotados.

As culturas de soja e milho, apresentaram alta porosidade segundo manejo adotado no pré-plantio, com revolvimento do solo por meio de subsolagem e gradagem, respectivamente. O ambiente de cerrado e a braquiária demonstram-se ligeiramente compactados, fato ligado ao trânsito de animais de grande porte, realizado de forma frequente no ato de pastagem.

O manejo dos cafezais permitiu boa qualidade do solo nas linhas de plantio, por não expor trânsito de maquinário na parte inferior das plantas. Além disto, o crescimento e senescência de raízes aliado a microbiota do solo também conduziu no aumento da porosidade do solo. Seguindo de forma contrária, por apresentar intenso tráfego de maquinários agrícolas, veículos e animais, o ambiente de estrada expôs maior compactação do solo.

Usos	DP	Ds	Porosidade Total	Areia	Silte	Argila	Classificação	Declividade
Soja	2,54	0,95	62,63	32	11	57	Argiloso	10
Estrada	2,62	1,52	41,83	34	5	61	Argiloso	13
Café	2,65	1,08	59,02	59	5	36	Argilo-Arenoso	14,5
Cerrado	2,60	1,50	42,41	60	3	37	Argilo-Arenoso	18
Braquiária	2,45	1,20	50,84	24	15	61	Argiloso	9
Milho 32	2,51	1,12	55,23	35	13	52	Argiloso	11
Milho 46	2,51	1,13	54,97	35	13	52	Argiloso	11

Tabela 16 - Análises físicas de solo de diferentes usos. Siglas: Densidade de partículas (Dp); Densidade do Solo (Ds).

Variações de usos e estações do ano também proporcionam mudanças na forma de recobrimento e proteção do solo, alterando a densidade e qualidade da cobertura vegetal. Com exceção do ambiente de estrada, os demais usos exibiram bom recobrimento do solo. Entretanto alterações nas culturas, formas de cultivo, estádios vegetativos e morfologia das plantas produziram mudanças no gerenciamento da água precipitada.

Se tratando de perdas de água por escoamento superficial, foram apreciadas grandes variações nos totais escoados, com diferença de 7.276% entre o menor e maior volume escoado (Soja/Estrada verão) (Figura 95).

Apesar das diferenças, nota-se um padrão de aumento dos fluxos superficiais em relação ao tempo de precipitação (Tabela 17). Alterações nesta premissa são explicadas por variações apresentadas ao longo dos experimentos, com retenção de água por meio de empoçamento em rugosidades (matéria orgânica, barramentos por sedimentos) ou por maior infiltração através de canais preferenciais (tuneis realizados pela pedofauna).

De acordo análise estatística de Clusters foi possível subdividir os usos em dois grandes grupos de acordo com os padrões de escoamento. Um constituído por usos que refletiram em baixos volumes escoados (até 6%) e outro com valores acima deste. E como apresentado, variações sazonais tem grande repercussão nas formas de

gerenciamento da água em superfície, refletindo nas relações de proximidade e distanciamento dos usos de acordo com as fases de testes (Figura 96).

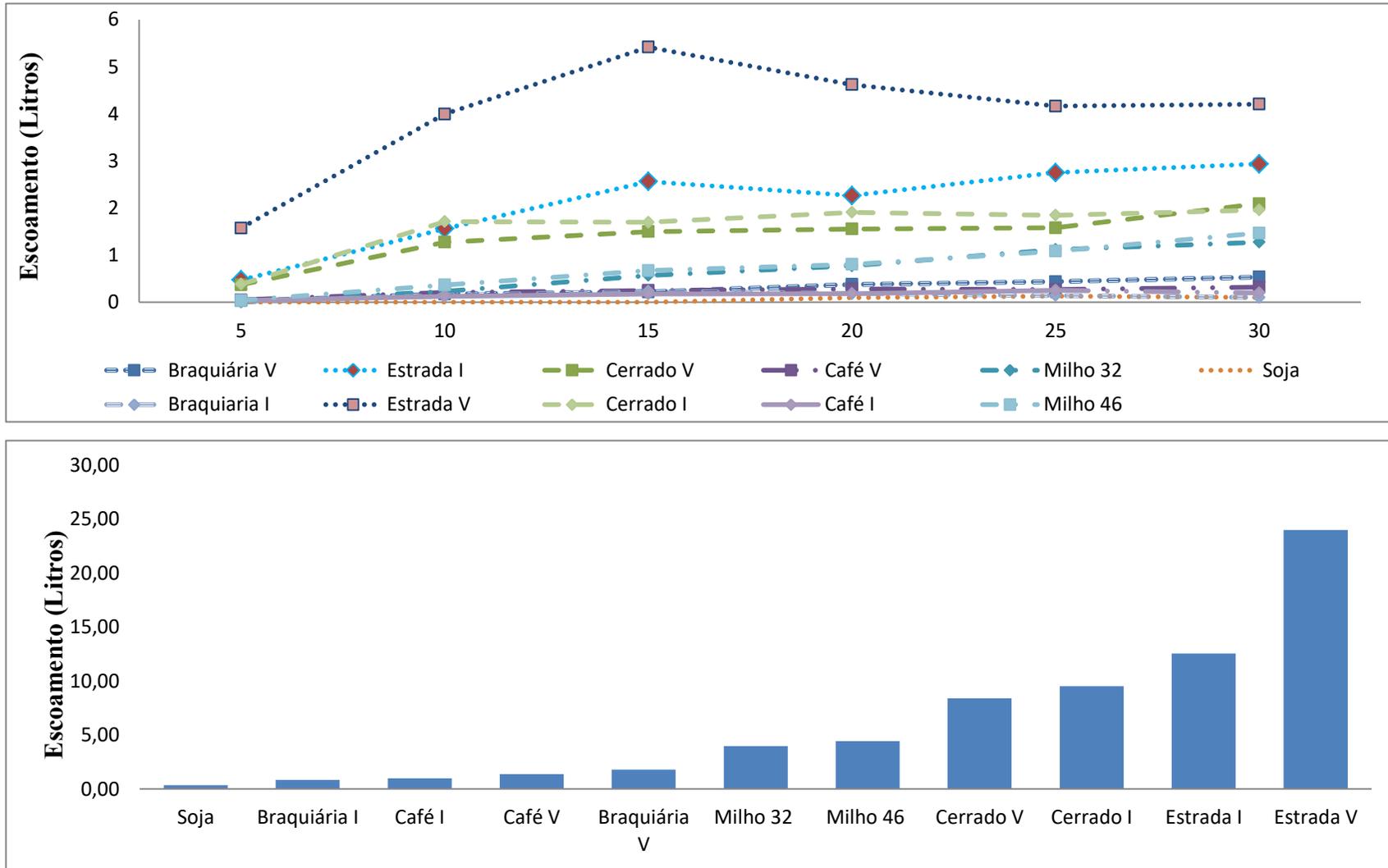


Figura 95 - Escoamento de diferentes usos sob chuvas simuladas com precipitação média de 62,22 mm/h. Seguido de totais escoados em diferentes usos em em dois períodos distitos do ano (Verão e Inverno).

TEMPO	Soja	Braquiária I	Café I	Café V	Braquiária V	Milho 32	Milho 46	Cerrado V	Cerrado I	Estrada I	Estrada V
5	0,00	0,01	0,03	0,05	0,03	0,00	0,04	0,37	0,38	0,47	1,58
10	0,00	0,15	0,12	0,21	0,17	0,23	0,37	1,27	1,71	1,56	4,00
15	0,00	0,23	0,17	0,25	0,22	0,57	0,67	1,50	1,70	2,56	5,42
20	0,10	0,18	0,18	0,28	0,38	0,77	0,80	1,56	1,91	2,26	4,62
25	0,13	0,14	0,25	0,27	0,44	1,12	1,08	1,58	1,85	2,75	4,16
30	0,10	0,10	0,20	0,32	0,53	1,27	1,47	2,09	1,96	2,94	4,21
TOTAL	0,33	0,81	0,96	1,37	1,77	3,96	4,43	8,36	9,50	12,54	23,98
%	1,06	2,62	3,09	4,40	5,67	12,71	14,22	26,88	30,54	40,32	77,09
C	0,5	1,2	1,4	2,0	2,6	5,8	6,5	12,3	14,0	18,4	35,3

Tabela 17 - Valores escoados em parcelas de erosão sob chuva simulada média de 62,22 mm/h.

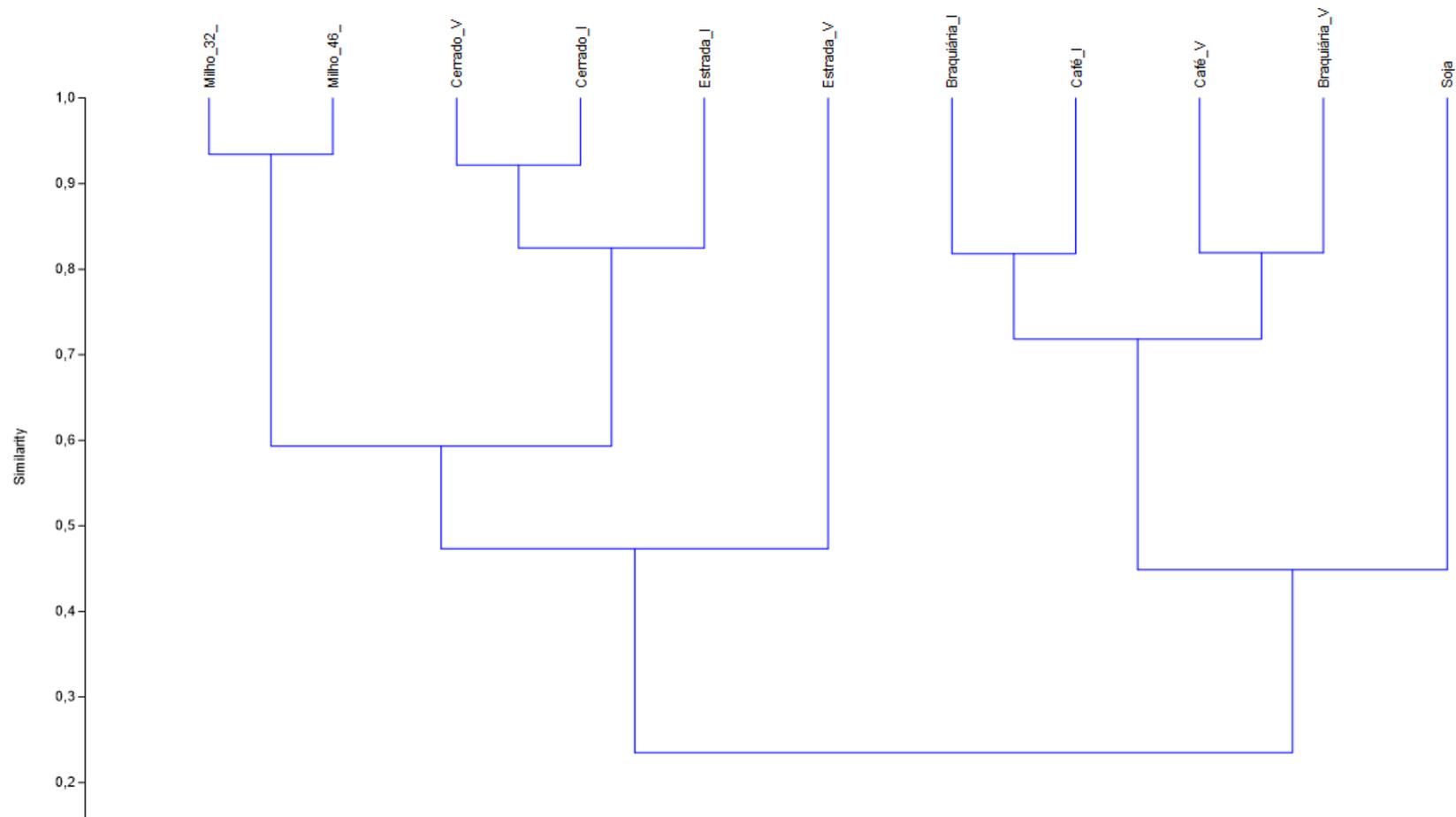


Figura 96 - Análise não supervisionada de Clusters; Diferentes usos classificados de acordo com similaridade de produção de escoamento superficial..

A perda de solos expressou variação ainda maior, com uma amplitude entre os o menor e maior valor de 25.842 % (Soja/Estrada Verão). A cobertura vegetal apesar de possuir grande relevância, não se torna o grande fator de proteção dos solos. Como visto na análise de Clusters (figura 98), o ambiente de cerrado foi classificado juntamente com o ambiente de estradas.

No geral, faz-se a relação de quanto maior o escoamento superficial existente, maiores serão os volumes erodidos. Localidades que apresentaram maiores concentrações de materiais desagregados superficialmente, não expuseram grandes taxas erodidas, pois o fluxo superficial não adquiriu competência suficiente para condução de tais partículas, como visto na cultura da soja (figura 97), que exibiu baixos valores escoados e por consequência erodidos ($C= 0,5$ e $0,2$ % de produção de sedimentos comparado aos totais dos demais usos) (Tabela 18).

Se opondo a isto, o ambiente de estrada, apresentou grandes volumes escoados ($C=35$) e por consequência obteve maior energia para remoção das partículas em superfície, representando um total de 51,13% do total erodido por todos os usos.

A produção de sedimentos assim como perda de água exibiu grande relação ao uso inserido no local, demonstrando como as modificações antrópicas realizadas no solo assim como as diferentes morfologias de cobertura vegetal puderam alterar significativamente o balanço hídrico local. Sendo assim, não se pode atribuir a somente uma variável a responsabilidade das formas e taxas erodidas, pois a erosão é reflexo direto de um ambiente sistêmico cuja as variáveis são pertinentes.

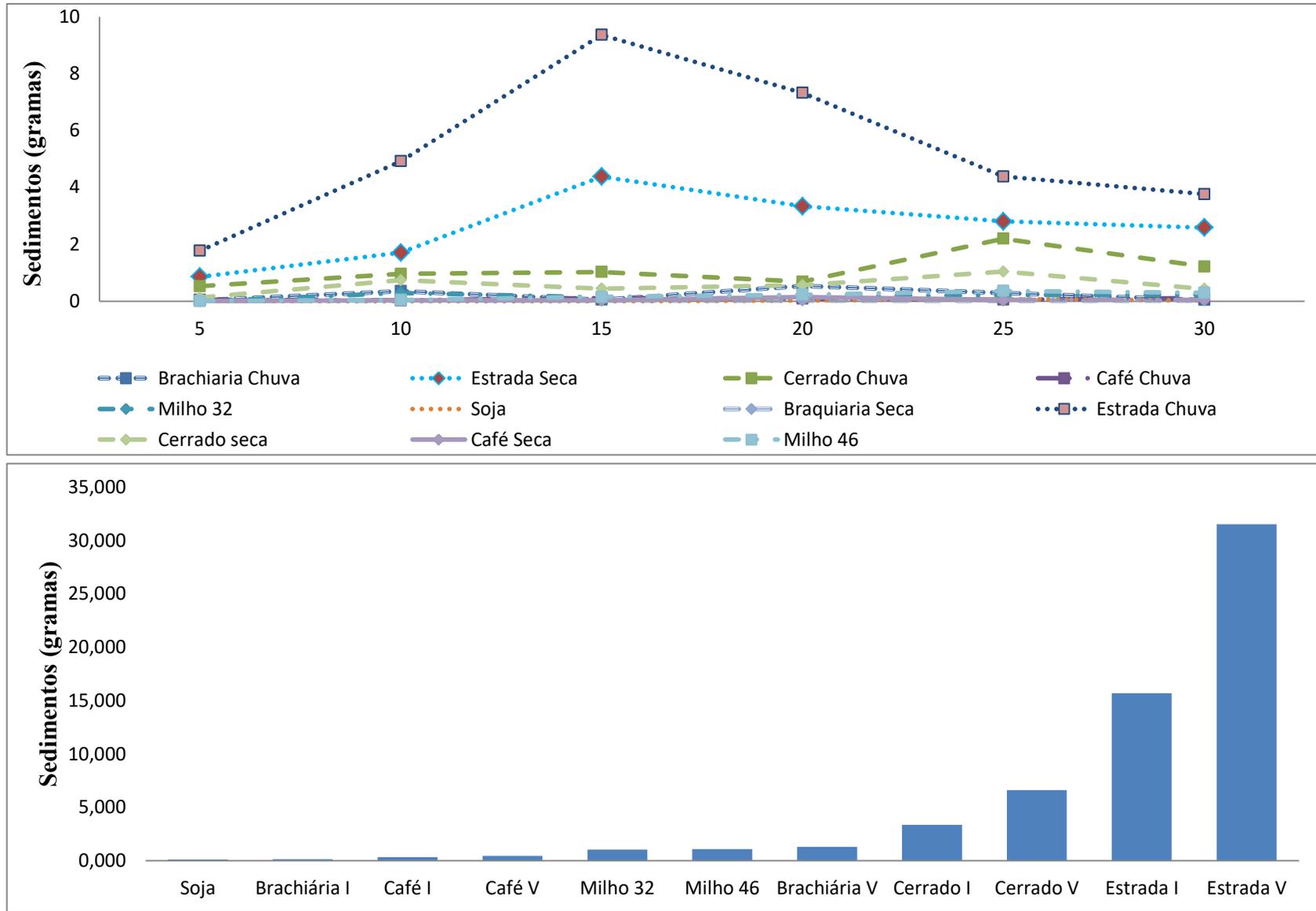


Figura 97 - Escoamento de diferentes usos sob chuvas simuladas com precipitação média de 62,22 mm/h. Seguido de totais escoados em diferentes usos em em dois períodos distitos do ano (Verão e Inverno).

TEMPO	Soja	Braquiária I	Café I	Café V	Milho 32	Milho 46	Braquiária V	Cerrado I	Cerrado V	Estrada I	Estrada V
5	0,000	0,026	0,005	0,048	0,000	0,004	0,033	0,126	0,528	0,859	1,772
10	0,000	0,025	0,034	0,031	0,292	0,045	0,355	0,742	0,963	1,707	4,922
15	0,000	0,021	0,036	0,113	0,136	0,155	0,052	0,442	1,027	4,381	9,361
20	0,026	0,025	0,151	0,093	0,173	0,228	0,536	0,565	0,687	3,336	7,325
25	0,073	0,016	0,051	0,052	0,212	0,365	0,289	1,040	2,198	2,807	4,382
30	0,024	0,025	0,052	0,117	0,225	0,296	0,046	0,435	1,217	2,589	3,765
Total	0,122	0,138	0,328	0,452	1,039	1,093	1,312	3,350	6,621	15,679	31,528
% Entre Totais	0,20	0,22	0,53	0,73	1,68	1,77	2,13	5,43	10,74	25,43	51,13

Tabela 18 - Valores erodidos em parcelas de erosão sob chuva simulada média de 62,22 mm/h.

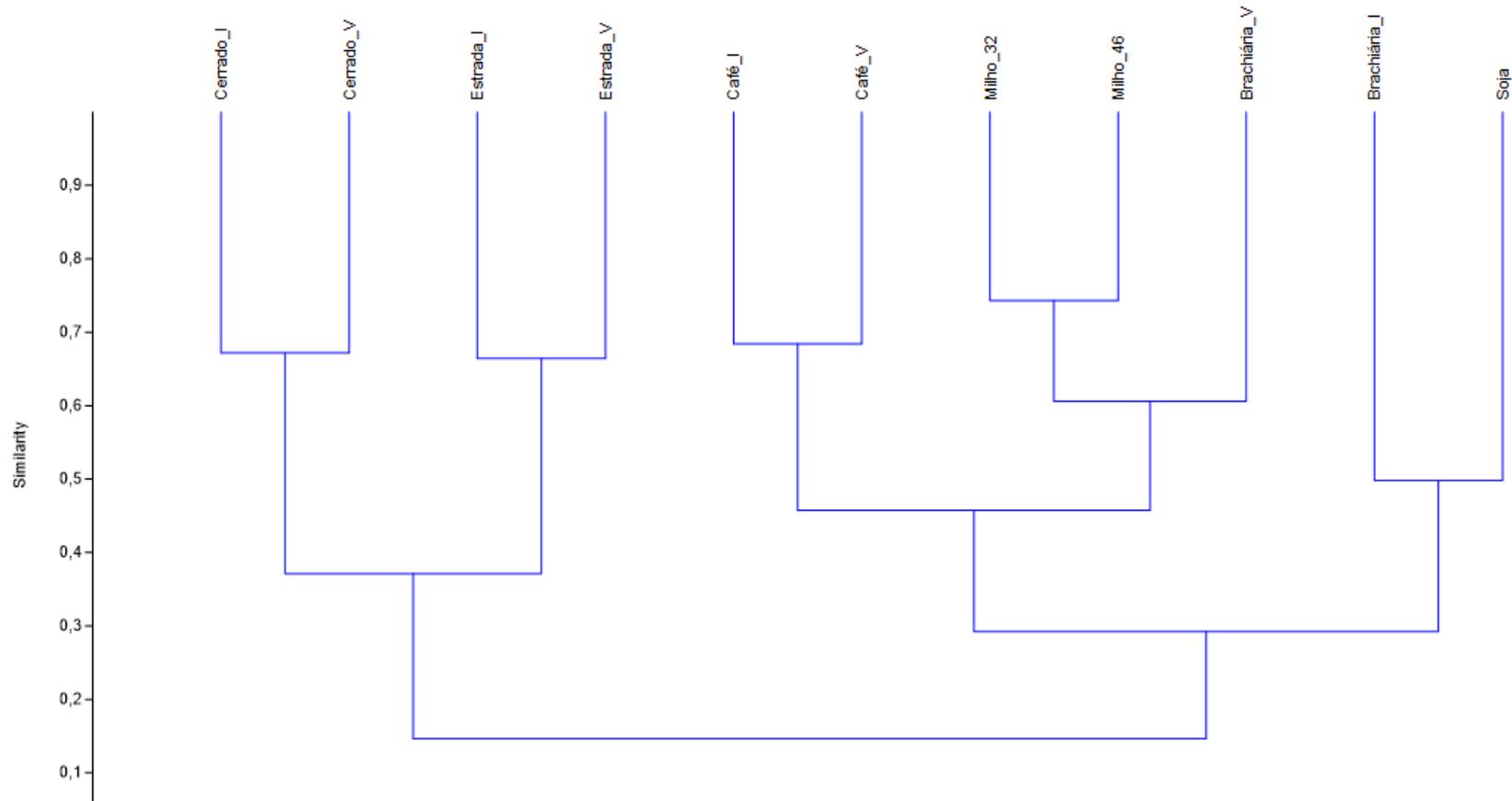


Figura 98 - Análise não supervisionada de Clusters; Diferentes usos classificados de acordo com similaridade de produção de sedimentos.

7. CONCLUSÃO

Isto posto, a utilização de simuladores em estudos voltados ao conhecimento da dinâmica hídrica em superfície se mostra de grande relevância, expondo um ganho maior de tempo, reduzindo custos, possibilitando a escolha de diferentes intensidades de precipitação, com possibilidade de reprodução das mesmas. Sendo assim, pode-se concluir com este trabalho que:

- Por produzir chuvas de modo contínuo; de forma homogênea; apresentar relação entre a energia cinética das pluviosidades simuladas e a natural de 99% e estar de acordo com o coeficiente de Christiansen (1942) (92%), o simulador confeccionado neste estudo atende às exigências necessárias para simulação de chuvas em estudos que envolvem erosão.
- A variação sazonal climática afeta diretamente na disponibilidade de água ofertada pelas precipitações ao longo do ano. Interferindo na variação da umidade do solo assim como em alterações morfológicas das plantas.
- Os diferentes usos produzem relações heterogêneas frente às precipitações.
- A cobertura vegetal tem grande relevância no processo erosivo, auxiliando na proteção do solo frente à ação das chuvas e atuando como barreira física frente ao fluxo superficial, diminuindo o potencial erosivo. Entretanto, a vegetação também atua de maneira inversa. De acordo com sua morfologia pode concentrar volumes precipitados e disponibiliza-los em áreas reduzidas da superfície, aumentando o potencial erosivo.
- Estádios vegetativos das culturas promovem mudanças estruturais nas plantas, originando alterações morfológicas, que por sua vez gerenciam de maneira distinta as pluviosidades.
- A qualidade dos cultivos afetam diretamente as características das plantas, que por sua vez também promovem mudanças no gerenciamento das precipitações.
- O manejo empregado tem grande impacto nas perdas de água e solo. Densidade de plantas, espaçamento, usos antecedentes e utilização de maquinário para retrabalhamento do solo, alteram sua dinâmica frente ao componente hídrico.

- O material orgânico não decomposto (Serrapilheira) depositado pelas plantas proporciona proteção direta da superfície e atua como barreira física para difusão dos fluxos e retenção de partículas de solo.
- A microbiota produz alterações no solo, aumentando a infiltração por meio de túneis superficiais escavados.
- Apesar de estarem inseridas lado a lado, as parcelas apresentaram alterações significativas nos valores escoados e erodidos, devido a singularidades pontuais encontradas na pequena escala de trabalho adotada.

8. REFERENCIAS

AB' SABER, A N. Contribuição à Geomorfologia das áreas de Cerrado. In: **Simpósio sobre o Cerrado**. São Paulo. Edusp, 1971.

ACQUA, F. Estrutura agrária e liberação de mão-de-obra agrícola no Estado de São Paulo. **Rev. adm. empres.** vol.16 no.6 São Paulo Nov./Dec. 1976.

ALVES SOBRINHO, T.; FERREIRA, P. A.; PRUSKI, F. F. Desenvolvimento de um infiltrômetro de aspersão portátil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.6, n.2, p.337-344, 2002.

ALVES, J; PIRES, A; MATSUMOTO, S; FIGUEREDO, M; RIBEIRO, G. Características morfológicas e estruturais da *brachiaria decumbens stapf.* submetida a diferentes doses de nitrogênio e volumes de água. **Acta Veterinária Brasília**, v.2, n.1, p.1-10, 2008.

ALVES, M; SUZUKI, L; SUZUKI L. E. Densidade do solo e infiltração de água como indicadores da qualidade física de um Latossolo Vermelho distrófico em recuperação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo** [online]. 2007, vol.31, n.4, pp.617-625. ISSN 1806-9657.

ANDRADES, T. O; GANIMI, R. N. Revolução verde e a apropriação capitalista. **CES Revista, Juiz de Fora**, v. 21, p. 43-56, 2007.

ANTONELI, V. **Dinâmica do uso da terra e a produção de sedimentos em diferentes áreas fontes na Bacia do Arroio Boa Vista – Guamiranga-PR**. Tese (doutorado). UFPR-PR. 2011. 354 p.

ARAÚJO F.; SOARES G. M.; BIER D. ; CHIARI L.; FEIJÓ G. L.; Gomes R.. Segurança do Alimento Carne. Nota técnica **Embrapa Gado de Corte**. Campo Grande, 2017.

BARRETO, C.V.G.; SAKAI, E; ARRUDA, F.B.; SILVA, E.A.; PIRES, R.C. **Distribuição espacial do sistema radicular do cafeeiro fertirrigado por gotejamento em Campinas**. Bragantina, v.65, p.641-647, 2006.

BARROS, L. S; VALE, J; SCHAEFER, C.; MOURÃO, 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.

BASI, S.; NEUMANN, M. MARAFON, F.; UENO, R. K.; SANDINI, I. E. Influência da adubação nitrogenada sobre a qualidade da silagem de milho. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, v.4, p.219-234, 2011.

BELINAZO, H.J. **Metodologia computacional para análise das chuvas intensas: desenvolvimento e aplicação aos dados de Santa Maria (RS)**. Santa Maria, Universidade Federal de Santa Maria, 1991. 157p. (dissertação de Mestrado).

BENNETT, H.H. **Elementsofsoilconservation**. 2. ed. Tokyo: Kogakusha, p. 358. 1995.

BERTOL, I et al. Aspectos financeiros relacionados às perdas de nutrientes por erosão hídrica em diferentes sistemas de manejo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. p. 133-142, 2007.

BERTOL, I et al. Nutrients losses by water erosion. **Science Agricola**, 3:581-586, 2003.

- BERTOL, I; BERTOL, C.; BARBOSA, F. Simulador de chuva tipo empuxo com braços movidos hidráulicamente: fabricação e calibração. **R. Bras. Ci. Solo**, 2012. 36:1905-1910
- BERTOL, I; BERTOL, C; BARBOSA, F. T.; Simulador De Chuva Tipo Empuxo Com Braços Movidos Hidraulicamente: Fabricação E Calibração. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Santa Catarina, p.1906-1910, set. 2012.
- BERTONI, J.; LOMBARDI F.. **Conservação do solo**. São Paulo: ícone, 2008.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. 7.ed. São Paulo, Ícone, p. 355, 2010.
- BERTONI, J; LOMBARDI NETO, F.; **Conservação do solo**. São Paulo, Ícone, p.392. 1990.
- BEZERRA, J. F. R.; RODRIGUES, S. C. Estudo do potencial matricial e geotêxteis aplicado à recuperação de um solo degradado, Uberlândia (MG). **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 6, n. 19, p. 160-174, 2006.
- BIGARELLA, J.J. **Estrutura e origem das paisagens tropicais e subtropicais**. Florianópolis: Ed. da UFSC, p.877-1436. 2003.
- BOGDAN, A.V. **Tropical pasture and fodder plants**. New York, Longman, 475p. 1977.
- BRAGANÇA, S.M. **Crescimento e acúmulo de nutrientes pelo cafeeiro conilon (Coffea canephora Pierre)**. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 99p. 2005.
- BRAIDO, L. M. H.; TOMMASELLI, J. T. G. Caracterização climática e dos anos extremos (chuvoso e seco): seus efeitos na produção de cana-de-açúcar, milho e soja para a região do Pontal do Paranapanema-SP. **Revista Formação**, v. 1, 2010, p. 13-34.
- BRANDAO, CARLOS A. **Triângulo: capital comercial, geopolítica e agroindústria**. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, CEDEPLAR, 1989,188p, dissertação de mestrado;
- BRANDAO, E; SILVA, I. Formação e estabilização de agregados pelo sistema radicular de braquiária em um Nitossolo Vermelho. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.42, n.7, p.1193-1199, jul, 2012.
- BUENO, G; MARTHA, J. Pastagens no cerrado: baixa produtividade pelo uso limitado de fertilizantes. **Embrapa Cerrados**, Planaltina, 2002.
- CALDARELLI, C. E.; BACCHI, M. R. P. Fatores de influência no preço do milho no Brasil. **Revista Nova Economia**, Belo Horizonte, v. 22, p. 141-164, 2012.
- CAMARGO FILHO, S.T. **Recuperação de áreas degradadas no município de Paty do Alferes pela introdução de gramíneas forrageiras e leguminosas arbóreas**. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – UFRRJ, Seropédica, RJ. 105f, 1999.
- CÂNDIDO, B. M.; SILVA, M. L. N.; CURTI, N.; BATISTA, P. V. G. Erosão hídrica pós-plantio em florestas de eucalipto na Bacia do Rio Paraná, no Leste do Mato Grosso do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Viçosa, v. 38, p. 1565-1575, 2014.

- CARRIJO, B. R.; BACCARO, C. A. D. Análise sobre a erosão hídrica na área urbana de Uberlândia (MG). **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, n. 1, v. 2, dez. 2000, p. 70-83.
- CARVALHO, F. **Water flows in the stream watershed queixada in the city of Jataí (Go)**. Dissertação (Mestrado em Ciências Humanas) - Universidade Federal de Goiás, Jataí, 133 f 2011.
- CARVALHO, G.R.; CARNEIRO, A.V.; STOCKS, L.A. O Brasil no cenário mundial de lácteos. 1. ed. Juiz de Fora: **EMBRAPA-CNPGL, Comunicado Técnico 51**,. 8p. 2006.
- CARVALHO, N. O. **Hidrossedimentologia prática**. 2ª. Ed. Ver. Atual. E ampliada. Rio de Janeiro. 2008.
- CARVALHO, P.C.F.; RIBEIRO FILHO, H.M.N.; POLI, C.H.E.C. 1. Importância da estrutura da pastagem na ingestão e seleção de dietas pelo animal em pastejo. In: MATTOS, Wilson Roberto Soares. (Org.). Anais da XXXVIII **Reunião anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia**. Piracicaba, v. 1, p. 853-871, 2001.
- CARVALHO, P.C.F.; RIBEIRO FILHO, H.M.N.; POLI, C.H.E.C. et al. Importância da estrutura da pastagem na ingestão e seleção de dietas pelo animal em pastejo. In: PEDREIRA, C.G.S.; DA SILVA, S.C. (Eds.) **A produção animal na visão dos brasileiros**. Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, p.853-871, 2001.
- CASSETI, V. **Geomorfologia**. Livro digital (2006). Disponível em: <http://www.funape.org.br/geomorfologia/pdf/index.php> Acesso em: 29 de jun. 2017.
- CASSETI, Valter. **Ambiente e Apropriação do Relevo**. 2 ed. São Paulo: Contexto. 147 p. 1995.
- CASSOL, E. A.; ELTZ, F. L. F.; MARTINS, D.; LEMOS, A. M. DE; LIMA, V. S. DE; BUENO, A. C. Erosividade, padrões hidrológicos, período de retorno e probabilidade de ocorrência das chuvas em São Borja, RS. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.1239-1251, 2008.
- CASTRO FILHO, C et al. **Land degradation assesment: tools and techniques for measuring sediment load**. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON LAND DEGRADATION AND MEETING OF THE IUSS SUBCOMMISSION C – SOIL AND WATER CONSERVATION, Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2002.
- CCCMG. Centro do Comércio de Café do Estado de Minas Gerais. **Morfologia do Cafeeiro Arábico**. Último Acesso 15/10/2018 Disponível em: <http://cccmg.com.br/morfologia-do-cafeeiro-arabico/>
- CEZAR, I; QUEIROZ, H; THIAGO, L; CASSALES, F; COSTA, F. Sistemas de produção de gado de corte no Brasil: uma descrição com ênfase no regime alimentar e no abate / Ivo Martins Cezar... [et al.]. -- Campo Grande, MS : **Embrapa Gado de Corte**, 2005.
- CHIODEROLI, C; MELLO, L; GRIGOLLI, P; FURNALI, C; SILVA, J; CESARIN, A. Atributos físicos do solo e produtividade de soja em sistema de consórcio milho e braquiária. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.16, n.1, p.37-43, 2012.
- CHRISTIANSEN, J.P. **Irrigation by sprinkling**. Berkeley: University of California, Agricultural Experiment Station, Bulletin n. 670, 124p., 1942.

- CLAUSS, M.; I.D. HUME; J. HUMMEL. **Evolutionary adaptations of ruminants and their potential relevance for modern production systems**. 2010.
- CONAB. COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Boletim de safra 2018**. Acesso em 28/06/2018.
- CONFESSOR. J. G.; RODRIGUES, S. C. Método para calibração, validação e utilização de simuladores de chuvas aplicados a estudos hidrogeomorfológicos em parcelas de erosão. **Rev. Bras. Geomorfol. (Online)**, São Paulo, v.19, n.1, (Jan-Mar) p.221-229, 2018
- CONFESSOR J. G.; MACHADO, D. F. T.; RODRIGUES, S. C. Avaliação dos resultados obtidos após a implementação de técnicas voltadas ao controle de erosão e recuperação de área degradada no município de Uberlândia – MG. **Simpósio Mineiro de Geografia, Alfenas, 2014. Anais (online)** p. 61-76. ISBN: 978-85-99907-05-4
- CORRÊA, C. M. **Perdas de solo e a qualidade da água procedente de estrada de uso florestal no Planalto Catarinense**. 155 f. Tese (Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.
- CORRÊA, C. M. C.; DEDECEK, R. A. Erosão real e estimada através da rusle em estradas de uso florestais, em condições de relevo plano a suave ondulado. **Rev. Floresta**, v.39, p.381-391, 2009.
- CORREA, W.S.C. **Comportamento dos elementos climáticos, temperatura e precipitação, no Município de Vitória (ES) no período de 1978 a 2007**. Monografia (Bacharelado em Geografia). Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2011.
- COSTA NETO, P. R.; ROSSI, L. F. S. Produção de biocombustível alternativo ao óleo diesel através da transesterificação de óleo de soja usado em fritura. **Química Nova**, v.23, p. 4, 2000.
- COSTA Y. T.; BARCELOS A. C.; RODRIGUES. Avaliação da eficiência de proteção da cobertura vegetal sobre o processo de escoamento superficial por meio de parcelas experimentais na fazenda experimental do glória (Uberlândia – MG). **Simpósio Mineiro de Geografia, Alfenas. Anais (online)** p. 50-60, 2014.
- COSTE, R. **Les caféiers et les cafés dans lê monde**. Paris: Larose, 365 p., 1955.
- COUTHINO, L.M. Aspectos ecológicos da saúva no cerrado. A saúva, as queimadas e sua possível relação na ciclagem de nutrientes minerais. **Boletim de Zoologia**. Univ. S. Paulo 8, 1–9, 1984.
- CRUZ, J.C.; ALVARENGA, R.C.; NOVOTNY, E.H.; PEREIRA- FILHO, I.A.; SANTANA, D.P.; PEREIRA, F.T.;HERNANI, L.C. Cultivo do milho. 2.ed. Sete Lagoas, **Embrapa Milho e Sorgo**, 2006.
- CUNHA M. C.; SANTOS R.; CRUZ A. Levantamento das medidas de manutenção aplicado nas estradas rurais na bacia do Rio das Pedras, Guarapuava-PR com avaliação qualitativa do estado de conservação. **Caderno de Geografia**, v.24, n.42, 2014.
- CUNHA, M. A. (Coord). **Ocupação de encostas**. São Paulo: IPT, 1991.
- CUNHA, M. C. **Avaliação da eficácia das caixas de contenção de sedimento em estradas rurais não pavimentadas na Bacia o Rio Das Pedras, Guarapuava-Pr**. Guarapuava, Universidade Estadual do Centro Oeste, 2011.

- CUNHA, M. C. Caracterização das estradas rurais não pavimentadas como elementos presentes na paisagem da Bacia Hidrográfica do Rio das Pedras, Guarapuava, Paraná. **Rev. GEOMAE**. Campo Mourão, PR v.1n.2 p.73 - 91 . 2010.
- CUNHA, M.; THOMAZ, E. L.; VESTENA, L. R. Medidas de controle de erosão em estradas rurais na bacia do rio das pedras, GUARAPUAVA-PR. **Sociedade e Natureza**, Uberlândia, p.107-118, 2013.
- CUNHA, S. B. e GUERRA, A. J. T. Degradação Ambiental In: Geomorfologia e Meio Ambiente, GUERRA, A. J. T. e CUNHA, S. B. (Orgs), Rio de Janeiro: Editora Bertrand Brasil, 4ª. Edição, 337 – 376, 2003.
- DADALTO, G. G.; CARMO FILHO, O. G.; CASTRO, L. L. F. **Captação de águas pluviais das estradas vicinais**. Vitória – ES: EMCAPA, 1990. 22 p.
- DANIEL, T.C; SHARPLEY, A. N.; WEDEPOBL, E. R; LEMUNYON J.L. Minimizing surface water eutrophication from agriculture by phosphorus management. **J. Soil Water Conserv.** p. 30-38, 1994.
- DEMATTE, J. A. M.; MAFRA, A. L.; BERNARDES, F. F.. Comportamento espectral de materiais de solos e de estruturas biogênicas associadas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 22:621-630, 1998.
- DIAS-FILHO, M. B. **Degradação de pastagens: o que é e como evitar**. Embrapa Brasília, DF 2017
- DIAS-FILHO, M. B. **Degradação de pastagens: processos, causas e estratégias de recuperação**. 4. ed. reimp. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2011. 215 p.
- DIETZ, P.; GRAMMEL, R.; MALINOVSKI, J. R. **Parâmetros da rede viária e sua otimização In: Curso de atualização sobre sistemas de exploração e transporte florestal**. Curitiba, 1983. Anais. Curitiba, UFPR / Fundação de Pesquisas Florestais do Paraná. p. 2-35, 1983
- DIONISIO, H, A, F. Erosão hídrica: Suscetibilidade do solo. **Revista Eletrônica Thesis**, n.13, p.15-25, 2010.
- DUBOC, E et al. **Panorama atual da produção de carvão vegetal no Brasil e no Cerrado**. In: simpósio nacional cerrado, 9.; simpósio internacional savanas tropicais, 2., 2008, Brasília, DF. Desafios e estratégias para o equilíbrio entre sociedade, agronegócio e recursos naturais: anais... Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2008.
- ELLIOT, W. J.; FOLTZ, R. B.; LUCE, C. H. Predicting the impacts of forest roads on the environment. In: **simpósio brasileiro sobre colheita e transporte florestal**, 3., 1997, Vitória. Anais... Vitória: 1997. p. 99-119.
- ELTZ, F.L.F.; REICHERT, J.M.; CASSOL, E.A. Período de retorno de chuvas em Santa Maria, RS. **R. Bras. Ci. Solo**, 16:265-269, 1992.
- EMBRAPA, Milho e Sorgo. **Aspectos Físicos, Químicos e Tecnológicos do Grão de Milho**. Sete Lagoas: MG, 2006. (Circular Técnica Online, 75).
- EMBRAPA, Milho e Sorgo. **Fisiologia do Milho**. Sete Lagoas: MG, 2002. (Circular Técnica Online, 22).
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa em Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. Brasília, DF: **Embrapa Produção de Informação**. p. 412. 1999.

EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo / Centro Nacional de Pesquisa de Solos**. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro,RJ). – 2. ed. rev. atual. – Rio de Janeiro. 212p. 1997.

EMBRAPA. **Cultivo de Algodão Irrigado**. 2003.

ENRIQUEZ, A. G.. Erodibilidade e tensão crítica de cisalhamento no canal de drenagem de estrada rural não pavimentada. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v.19, n.2, p.160–165, 2015.

ERICKSON, C.L. Archaeological methods for the study of ancient landscapes of the Llanos de Mojos in the Bolivian Amazon. In: STAHL, P.W., ed. **Archaeology in the lowland American tropics**. Cambridge, Cambridge University Press. p.66-95, 1995.

EUCLIDES, V.P.B.; MEDEIROS, S.R. de. Valor nutritivo das principais gramíneas cultivadas no Brasil. Campo Grande: **Embrapa Gado de Corte**, 43p. 2003.

FAJARDO, J.D.V.; SOUZA, L.A.G. de; ALFAIA, S.S. Características químicas de solos de várzeas sob diferentes sistemas de uso da terra, na calha dos rios Baixo Solimões e Médio Amazonas. **Acta Amazonica**, v.39, p.731-740, 2009. DOI: 10.1590/S0044-59672009000400001.

FAO. Food and agriculture organization. **Milk and dairy products in human nutrition**. Acesso em 28/06/2018.

FARIA JÚNIOR, C; NUNES, M; SANTOS, F; FREITAS. P; DALLACORT, R.. Construção E Calibração De Um Simulador De Chuva Portátil. **Enciclopédia Biosfera**. Goiânia, v. 17, n. 9, p.778-787, dez. 2013.

FERNANDES, J. A. **Estudo da erodibilidade de solos e rochas de uma voçoroca em São Valentim, RS..** Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil apresentada ao Centro de Tecnologia da Universidade Federal de Santa Maria – UFSM. Santa Maria, 2011.

FERRAZ, J. B. S.; FELÍCIO, P. E. D. Production systems - An example from Brazil. **Meat Science**, v. 84, n. 2, p. 238-243, 2010.

FILIZOLA, H. F.; ALMEIDA FILHO, G. S. ; CANIL. K.; SOUZA, M. D. ; GOMES, M. A. F. **Controle dos processos erosivos lineares (ravinas e voçorocas) em áreas de solos arenosos**. Circular técnica, Jaguariúna, SP, 2011.

FILIZOLA, H. F.; ALMEIDA FILHO, G. S. DE; CANIL, K.; SOUZA, M. D.; GOMES, M. A. F. Controle dos processos erosivos lineares, ravina e voçorocas, em área de solos arenosos. Jaguariúna: **Embrapa Meio Ambiente**. 7p. Circular Técnica, 2011.

FONSECA, D.M.; MARTUSCELLO, J.A.; FARIA, D.J.G. Adubação em gramíneas do gênero Brachairia: mitos e realidades In: **Simpósio sobre manejo estratégico das pastagens**, 3., 2006, Viçosa, MG. Anais... Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2006. p.153-182.

FORSYTH, A. R.; BUBB, K. A.; COX, M. E. Runoff, sediment loss and quality from forest roads in a southeast Queensland coastal plain Pinus plantation. **Forest Ecology and Management**, v.221, p.194- 206, 2006.

FRAGA JÚNIOR, E. F. ; VALLE JUNIOR, R. F. ; FERREIRA JUNIOR, J. A. Avaliação da Velocidade de Infiltração Básica (VIB) em Latossolo Vermelho sob Cerrado, Mediante Uso de Simulador de Chuvas e Anéis Concêntricos. In: Reunião Brasileira De Manejo E

Conservação Do Solo E Da Água, 17., 2008, Rio de Janeiro. **Anais da Reunião Brasileira de Manejo e Conservação do Solo e da Água**. Rio de Janeiro: UFRJ, 2008.

FREITAS, M. C. A cultura da soja no Brasil: o crescimento da produção brasileira e o surgimento de uma nova fronteira agrícola. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer, v.7, n.12, Goiânia, 2011.

FREITAS, P. L. de; MANZATTO, C. V.; COUTINHO, H. L. C. **A crise de energia e a degradação dos recursos naturais: solo, ar, água e biodiversidade**. Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v. 26, n. 4, p. 7-9, 2001.

FREITAS, P.; SAMPAIO, R. (Coords.). **Sinopse do Diagnóstico do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba (1940-1980)**. Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia, Departamento de Economia, 1985, 195 p.

FUJIHARA, A. K. **Predição de erosão e capacidade de uso do solo numa microbacia do oeste paulista com suporte de geoprocessamento**. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) -Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

GARCIA, A.R.; MACHADO, C.C.; SILVA, E.; SOUZA, A.P.; PEREIRA, R.S. Volume de enxurrada e perda de solo em estradas florestais em condições de chuva natural. **Revista Árvore**, v.27, n.4,p.535-542, 2003

GARCIA, J.A. **Estructura del Tapiz de Praderas**. INIA, Serie Tecnica n. 66, , 9 p. 1995.

GAZOLA D, ZUCARELI C, SILVA RR, FONSECA ICB. Aplicação foliar de aminoácidos e adubação nitrogenada de cobertura na cultura do milho safrinha. **Rev. Bras. Eng. Agric.** (2014)

GIRÃO, O. CORRÊA A.. A contribuição da geomorfologia para o planejamento da ocupação de novas áreas. **Revista de Geografia**, Recife, 2004.

GOMES, A. FERREIRA, Marieta, M. Primeira República: um balanço historiográfico. **Estudos Históricos**, v.2, n.4, p. 244-280, 1989.

GONÇALVES, F.A.; SILVA, D.D.; PRUSKI, F.F.; CARVALHO, D.F.; CRUZ, E.S. **Índices e espacialização da erosividade das chuvas para o Estado do Rio de Janeiro**. 2006.

GRACE, J.M.; WILHOIT, J.; RUMMER, R.; STOKES, B. Surface erosion control techniques on newly constructed forest roads. In: **Asae Annual International Meeting**, Phoenix, 1996. Proceedings. Phoenix, 1996. 14p.

GUADAGNIN, J.; BERTOL I.; CASSOL, P.; AMARAL, A. Perdas de solo, água e nitrogênio por erosão hídrica em diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo** vol.29 no.2 Viçosa. 2005.

GUERRA, A. J. T. **O Início do Processo Erosivo**. In: **EROSÃO E CONSERVAÇÃO DOS SOLOS: CONCEITOS, TEMAS E APLICAÇÕES**. 1. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. 17-55p. 1999.

GUERRA, A. J. T. **Processos erosivos nas encostas**. In: GUERRA, Atonio, J. T. e CUNHA, Sandra, B. (Org). **Geomorfologia: Uma atualização de bases e conceitos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. Cap. 4. p. 149-210. 1994.

- GUERRA, A.J.T. **Soil characteristics and erosion, with particular reference to organic matter content**. Tese de Doutorado, Universidade de Londres. 441p. 1991.
- GUERRA, A.J.T.; SILVA, A.S.; BOTELHO, R.G.M. (Org). **Erosão e Conservação dos Solos: conceitos, temas e aplicações**. 2ª Ed. Rio de Janeiro. Bertrand Brasil. 2005.
- GUERRA, A.J.T. **Processos erosivos nas encostas**. In: GEOMORFOLOGIA: UMA ATUALIZAÇÃO DE BASES E CONCEITOS. Orgs.: A.J.T. Guerra e S.B. da Cunha. 3a ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998.
- HERNANI, L.C et al. **A erosão e seu impacto**. Uso agrícola dos solos brasileiros. Rio de Janeiro. P. 47-60. 2002.
- HILLEL, D. **Solo e água: fenômenos e princípios físicos**. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 231p. 1970.
- HOFFMANN, C.B.. Pragas da soja no Brasil e seu manejo integrado. **Circular Técnica EMBRAPA**, n.30, p.1-70, 2000.
- HORNER, W.W. JENS, S.W. **Surface runoff determination from rainfall without using coeficientes**. Trans. Am. Soc. Civil. Eng., 107: 1039 – 1117, 1942.
- HUDSON, N. W. Soil conservation. Ithaca: Lal, R. Erodibility and erosivity. In: **Lal, R. Soil erosion research methods**. Cornell University Press, 1973. 320p
- HUDSON, N. W. The flour-pellet method for measuring the size of raindrops. Harare, Zimbabwe: **Department of Conservation**, 1964.
- HUDSON, N.W. **Soil conservation**. 3. ed. New York, Cornell University Press, p.392, 1995.
- HUDSON, N.W. **Soil conservation**. Ithaca, Cornell University Press, p.320. 1977.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia. **Levantamento da produção agrícola**. Acesso 28/07/2018.
- INBAR, M.; TAMIR, M; WITTENBERG, L. **Runoff and erosion process after a forest fire in Mount Carmel, a Mediterranean area**. Geomorphology, p.17-33, 1998.
- INFORZATO, R.; REIS, A.J. Estudo comparativo do sistema radicular dos cafeeiros Bourbon Amarelo e Mundo Novo. **Boletim científico do Instituto Agrônomo do Estado de São Paulo**. Bragantia, v.22, p.741-750, 1963.
- IVO, W. M; MIELNICZUK, J. Influência da estrutura do solo na distribuição e na morfologia do sistema radicular do milho sob três métodos de preparo. **R. Bras. Ci. Solo**, 23:135-143, 1999.
- KÄMPF, N.; KERN, D.C. O solo como registro da ocupação humana pré-histórica na Amazônia. In: Tópicos em Ciência do Solo. Viçosa, MG, **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, 2005, p.277-320.
- KERNISKI, M. M.; CUNHA, M. C. Importância das estradas não pavimentadas para a localidade da bacia do Rio Guabirola, Guarapuava-PR. **VII Congresso Brasileiro de Geógrafos**. Vitória-ES, ISBN 978-85-98539-04-1, 2014.
- KIEHL, E.J. **Manual de edafologia. relações solo-planta**. São Paulo, Ceres,. 262p. 1979.
- KIIHL, R.A.S.; GARCIA, A. The use of the long juvenile trail in breeding soybean cultivars. In: **world soybean reserach conference**, p. 994-1000, 1989.

KLEIN, V. A; LIBARDI, P. L. Densidade e distribuição do diâmetro dos poros de um latossolo vermelho, sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 2002.

KOEPPEN, W. **Climatologia: conunestudio de los climas de latierra**. Mexico: Fondo de cultura econômica, p.478, 1948.

L'HUILLIER, P.J; POPPI, D.P.; HUGHES, T.P. Intake of pasture by grazing ruminants. In: NICOL, A.M. (Ed.). **Livestock feeding on pasture**. Hamilton: New Zealand Society of Animal Production, , p.55-64, 1986.

LACA, E.A.; LEMAIRE, G. Measuring sward structure. In: In: MANNETJE, L., JONES, R.M., (Ed.). **Field and laboratory methods for grassland and animal production research**. Wallingford: CAB International, p.103-122, 2000.

LAL, R. Erodibility and erosivity. In: LAL, R. et al. Soil erosion research methods. Washington: **Soil and Water Conservation Society**, 1988. p. 141-160.

LANE P. N. J.; HAIRSINE P. B.; CROKE J. C.; TAKKEN. Quantifying diffuse pathways for overland flow between roads and streams of the mountain ash forests of central victoria, Australia. **Hydrologic Processes**. 2006.

LEITE, L. L. **Efeitos Da Descompactação E Adubação Do Solo Na Revegetação Espontânea De Uma Cascalheira No Parque Nacional De Brasília**. Anais do I Simpósio Sul-americano e II Simpósio Nacional sobre Recuperação de Áreas Degradadas. Novembro de 1994, Foz de Iguaçu, PR. 1994.

LIBARDI, P.L. **Dinâmica da água no solo**. Piracicaba: Ed. do Autor, 497p. 1995.

LIMA, W.P. Hidrologia florestal aplicada ao manejo de bacias hidrográficas. **ESALQ - USP / Departamento de Ciências Florestais**, Piracicaba, 318p. 1996.

LUCE, C.H; WEMPLE, B.C; Introduction to special issue on hydrologic and geomorphic effects of forest roads. **Earth Surf. Proc. and Landforms**, p 111-113, 2001.

LUDWIG M.P; DUTRA L.M.; LUCCA O. A.; ZABOT L; UHRY D; LISBOA J; JAUER A; Características morfológicas de cultivares de soja convencionais e RoundupReady™ em função da época e densidade de semeadura. **Ciencia Rural**, pag.759-767. (2010).

LUK, S. H.; ABRAHMNS, A. D.; PARSONS, A. J. Methodology: A Simple Rainfall Simulator And Trickle System For Hydro-Geomorphological Experiments. **Physical Geography**, v. 7, p. 344-356, 1986.

LYNCH, L. Root architecture and plant productivity. **Plant Physiology**, v.109, p.7-13, 1995.

MACHADO, C. C.. Comparison of erosion rates in forest roads applying the WEPP model (Water Erosion Prediction Project) modified with reference to experimental measurements. **Revista Árvore**, 27(3):295-300, 2003.

MACHADO, C. C.; SOUZA, A. P. **Impacto ambiental das estradas florestais: causas e controle**. Viçosa, SIF, (Boletim Técnico, 1). . p. 1-12, 1990.

MACHADO, C; GARCIA, A; SILVA, E; FONTES, A. Comparação de taxas de erosão em estradas florestais estimadas pelo modelo wepp (water erosion prediction project) modificado em relação a medições experimentais. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.27, n.3, p.295-300, 2003.

- MACHADO, D. F.; CONFESSOR, J. G.; RODRIGUES S. C. **Processo inicial de recuperação de área degradada a partir de intervenções físicas e utilização de leguminosas**. Simpósio Mineiro de Geografia. Alfenas, 2014.
- MACHADO, J.; SOUZA, J.; RAMALHO, M.; LIMA, J. **Estabilidade de produção de híbridos simples e duplos de milho oriundos de um mesmo conjunto gênico**. Bragantina, 2008.
- MAGALHÃES, Ricardo Aguiar. Erosão: Definições, Tipos e Formas de Controle. **VII Simpósio Nacional de Controle de Erosão**. Goiânia- GO, 03 a 06 de maio de 2001.
- MARCHAO, R; VILELA, L; PALUDO, A; GUIMARAES, R. Impacto do pisoteio animal na compactação do solo sob integração lavoura-pecuária no oeste baiano. **Embrapa-Planaltina**, DF, 2009.
- MARQUES, J. J. G. S. M.; ALVARENGA, R. C.; CURI, N.; SANTANA, D. P.; SILVA, M. L. N. Índices de erosividade da chuva, perdas de solo e fator erodibilidade para dois solos da região dos cerrados – primeira aproximação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.21, n.3, p.427-434, 1997.
- MARTINS, H. **Formação e Desenvolvimento Sócio-econômico do Triângulo Mineiro. Varia História**. Belo Horizonte, n° 19, p. 164 -182, 1998.
- MARTUSCELLO, J; JANK, L; CONTIJO, M; LAURA, V; CUNHA, D. R. Produção de gramíneas do gênero *Brachiaria* sob níveis de sombreamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.7, p.1183-1190, 2009.
- MEHL, H.U.; ELTZ, F.L.F.; REICHERT, J.M.; DIDONÉ, I.A. Caracterização dos padrões de chuva ocorrentes em Santa Maria (RS). R. Bras. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 2001
- MENDONÇA, F.; OLIVEIRA, I.M. **Climatologia: noções básicas de climas do Brasil**. Oficina de Textos, São Paulo, 2007.
- MERCANTE, F. M; HUNGRIA, M; MENDES, C. L; REIS, F. B. Estratégias para Aumentar a Eficiência de Inoculantes Microbianos na Cultura da Soja. **Comunicado Técnico. Embrapa Dourados**, MS. Setembro, 2011.
- MESQUITA, C.; Melo, E.; Rezende, J.; Carvalho, J.; Fabri, A.; Morais, N.; Tavares, P.; Carvalho, R.; Araujo, W.. Manual do café: implantação de cafezais *Coffea arábica* L. Belo Horizonte: **EMATER-MG**, 50 p 2016.
- MEYER, L. D.; Mc' CUNE, D. L. Rainfall simulator for runoff plots. **Agriculture Engineering**, v. 34 p 644-648, 1958.
- MEYER, L.D.; HARMON, W.C. Interrill runoff and erosion: Effects of row-sideslope shape, rain energy, and rain intensity. **Transactions of the ASAE, St Joseph**, v.35, n.4, p.1199-1203, 1979.
- MIRANDA, G. V. COIMBRA, R. R. GODOY, C. L. SOUZA, L. V. GUIMARÃES, L. J. M. MELO, A. V. **Potencial de melhoramento e divergência genética de cultivares de milho pipoca**. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, v.38, n.6, p. 681 – 688, 2003.
- MOITA NETO, J.; MOITA, G. **Uma introdução à análise exploratória de dados multivariados**. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/qn/v21n4/3193.pdf>>. Acesso em: 10 out. 2016.

- MONTEIRO, M.C.C.; LUCAS, E.D. & SOUTO, S.M. Estudo de seis espécies forrageiras do gênero *Brachiaria*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Série zootécnica. 9(3):17-20, 1974.
- MORAIS, L. F.; SILVA, V.; NASCHENVENG, T. M.; HARDOIN, P. C.; ALMEIDA, J. E.; WEBER, O. L.; BOEL, E.; DURIGON, V. Índice EI30 e sua relação com o coeficiente de chuva do sudoeste do Mato Grosso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.15, n.3, p.339-344, 1991.
- MORAIS, L.F.B. **Índice de erosividade de chuvas naturais correlacionadas com perdas de solo em três locais do Rio Grande do Sul**. Santa Maria, UFSM, 1986. 108p. (Dissertação de Mestrado).
- MOREIRA, Roberto José. Cultura, política e o rural na contemporaneidade. **Estudos Sociedade e Agricultura**, n. 20, 113-143, Abril, 2003.
- MORGAN, R.P.C. **Soil erosion and conservation**. Blackwell Publishing, Inglaterra, 3.ed. 304p. . 2005.
- MORI, K.; BERNIER, N.; KOSAKIC, T.; PONGE, J. **Tree influence on soil biological activity: what can be inferred from the optical examination of humus profiles**. *Europe Journal Soil Biol*, 2009.
- MOTA, A.C.V.; NICK, J.A.; YORINORI, G.T.; SERRAT, B.M. Distribuição horizontal e vertical da fertilidade do solo e das raízes de cafeeiro (*Coffea arabica* L.) cultivar Catuaí. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v.28, p.455-463, 2006.
- NABINGER, C. Princípios da exploração intensiva das pastagens. In: PEIXOTO, A.M., MOURA, J.C., FARIA, V.P. (Eds.). **Simpósio sobre manejo de pastagens: produção animal a pasto**, 13, Piracicaba-SP. p. 15-95, 1997.
- NEPOMUCENO, A. L.; FARIAS, J. R. B.; NEUMAIER, N. Características da soja. **Agência Embrapa de Informação Tecnológica- AGEITEC**. 2008
- NOVAIS, G. T. **Caracterização climática da mesorregião do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba e entorno da Serra da Canastra (MG)**. 2011. 175 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Curso de Pós-graduação em Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2011.
- ODA, S.; FERNANDES JÚNIOR, J. F.; SÓRIA, M. H. A. **Implantação, localização e manutenção de estradas**. Departamento de transporte-EESC-USP, Universidade de São Paulo, 2007.
- OLIVEIRA, D. **O complexo territorial agroindustrial de uberlândia (mg) no contexto da globalização: uma abordagem teórica e preliminar dos ramos de carnes e de grãos**. I Simpósio Mineiro de Geografia – Alfenas 26 a 30 de maio de 2014
- OLIVEIRA A.; SILVA M.; AVANZI C.; SILVA M.; CURI C. Erosão hídrica em estradas florestais: causas e controle. **Revista de Geografia**. Recife: UFPE – DCG/NAPA, v. 27, n. 2, 2010.
- OLIVEIRA JUNIOR, A.; CASTRO, C.; PEREIRA, L. R.; DOMINGOS, C. S. Estádios fenológicos e marcha de absorção de nutrientes da soja. **Embrapa Soja**. 2016.
- OLIVEIRA JUNIOR, J. C; DIAS, H. C. Precipitação efetiva em fragmento secundário da Mata Atlântica. **Revista Árvore, Viçosa**, v. 29, n. 1, p. 09-15, 2005.
- OLIVEIRA, L. L et al. Precipitação efetiva e interceptação em Caxiuanã, na Amazônia Oriental. **Acta Amazônica**. Manaus, v. 38, n. 4, p. 723- 732, 2009.

- OLIVEIRA, R.A. **Distribuição de gotas por tamanho e perfil de precipitação de um aspersor fixo**. Dissertação Mestrado. Viçosa, MG: UFV, 1991. 103p.
- PAES, M. C. D. **Aspectos Físicos, Químicos e Tecnológicos do Grão de Milho**. Sete Lagoas: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2006. 6p. (Circular Técnica, 75).
- PANACHUKI, E.. **INFILTRAÇÃO DE ÁGUA NO SOLO E EROSÃO HÍDRICA, SOB CHUVA SIMULADA, EM SISTEMA DE INTEGRAÇÃO AGRICULTURA-PECUÁRIA**. 2003. 67 f. Tese (Doutorado) - Curso de Agronomia, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul Câmpus de Dourados, Dourados, 2003.
- PANACHUKI, E.; BERTOL, I.; ALVES SOBRINHO, T.; OLIVEIRA, P.T.S. de; 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. DOI: 10.1590/S0100-06832011000500032.
- 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**, v.10, n.2, p.261-268, 2006.
- PARTELLI, F.L.; COVRE, A.M.; OLIVEIRA, M.G.; ALEXANDRE, R.S.; VITÓRIA, E.L. da; SILVA, M.B. da. Root system distribution and yield of 'Conilon' coffee propagated by seeds or cuttings. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.49, p.349-355, 2014.
- PARTELLI, F.L.; VIEIRA, H.D.; SANTIAGO, A.R.; BARROSO, D.G. Produção e desenvolvimento radicular de plantas de café 'Conilon' propagadas por sementes e por estacas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, p.949-954, 2006. DOI: 10.1590/S0100-204X2006000600008.
- PAULINO, P. V. R.; OLIVEIRA, T. S.; GIONBELI, M. P; GALLO, S. B. Dietas sem forragem para terminação de animais ruminantes. **Revista Científica de Produção Animal**, 2013.
- PEREIRA, R. S.; MACHADO, C. C.; LIMA, D. C. Compactação de misturas solo-gritadas para emprego em estradas florestais: influência do tempo decorrido entre mistura e compactação na resistência mecânica. **Revista Árvore**, v.30, n.3, p.421-427, 2006
- PINESE JÚNIOR, J. F.; CRUZ, L. M.; RODRIGUES, S. C. Monitoramento de erosão laminar em diferentes usos da terra, Uberlândia - MG. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v. 20, n. 2, p.157-175, dez. 2008.
- POTT, C. A.; DE MARIA, I.C. Comparação de métodos de campo para determinação da velocidade de infiltração básica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.27, p.19-27, 2003.
- PRANDO, M; OLIBONE, D; OLIBONE, A; ROSOLEM, C; infiltração de água no solo sob escarificação e rotação de culturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 34:693-700, 2010.
- PRUSKI, F. F. **Conservação de solo e água: Práticas mecânicas para o controle da erosão hídrica**. 2. ed. Viçosa: Ufv, 2006. 279 p.
- PRUSKI, F.F.; FERREIRA, P.A.; RAMOS, M.M.; CECON, P.R. Model to design level terraces. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, Reston, v.123, n.1, p.8-12, 1997.

- RATZEL, F. **O Solo, a Sociedade e o Estado**. Campinas: IFCH/ UNICAMP, 1980.
- REAGAIN, P.J., SCHWARTZ, J. Dietary selection and foraging strategies of animals on rangeland. Coping with spatial and temporal variability. In: **Recent Developments In The Nutrition Of Herbivores. International Symposium on the nutrition of herbivores**, 4, Clermont-Ferrand, 1995. p.419-424
- REICHARDT, Klaus. **Processos de transferência no sistema solo-planta-atmosfera**. Fundação Cargil, São Paulo, 1985.
- REINERT, D. J. **Qualidade física dos solos**. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 16, 2006. Aracaju, Resumos. Aracaju: SBCS, 2006.
- REINERT, D.; REICHERT, J. **Propriedades Físicas do Solo**. Universidade de Santa Maria. Rio Grande do Sul, 2006.
- RENA, A.B.; DAMATTA, F.M. O sistema radicular do cafeeiro: estrutura e ecofisiologia. In: ZAMBOLIN, L. (Ed.). **O estado da arte de tecnologias na produção de café**. Viçosa: UFV, 2002. p.11-92.
- RENA, A.B.; GUIMARÃES, P.T.G. **Sistema radicular do cafeeiro: estrutura, distribuição, atividade e fatores que o influenciam**. Belo Horizonte: Epamig, 2000. 80p.
- RESENDE, M; CURTI, N; REZENDE, S; CORRÊA, G. **Pedologia: base para distinção de ambientes**. 5 ed. rev. Lavras: UFLA, 2009. 322 p.
- REZENDE, J.O. **Compactação e adensamento do solo, metodologia para avaliação e práticas agrícolas recomendadas**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26., Rio de Janeiro, 1997. Anais. Rio de Janeiro, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1997.
- RIVERO, S., ALMEIDA, O., ÁVILA, S.; OLIVEIRA, W.. Pecuária e desmatamento: uma análise das principais causas diretas do desmatamento na Amazônia. **Nova Economia**. 2009.
- RODRIGUES, L.; NISHIYAMA, L. **Estudo dos fatores responsáveis pela erosão acelerada na bacia do córrego dos macacos - Uberlândia-MG**. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE CONTROLE DE EROSÃO, **Anais...**, Goiânia, p. 1- 10, 2001.
- RONCHI, C.P.; TERRA, A.A.; SILVA, A.A. Growth and nutrient concentration in coffee root system under weed species competition. **Planta Daninha**, v.25, p.679-687, 2007.
- ROOSEVELT, A.C. Arqueologia Amazônica. In: CUNHA, M.C., org. **História dos índios no Brasil**. São Paulo, Cia. das Letras, p.53-86, 2002
- ROSA, A. V. **Agricultura e meio Ambiente**. São Paulo: Atual, 1998.
- ROSOLEM, C. A; CALONEGO, J.C; FOLONI, J.S. Potassium leaching from green cover residues as affected by rainfall amount. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**. Viçosa 2003.
- ROSOLEM, C.; ALMEIDA, A.; SACRAMENTO, L. Sistema radicular e nutrição da soja em função da compactação do solo. Bragantia. **Instituto Agronômico de Campinas**, v. 53, n. 2, p. 259-266, 1994.

- RUPP, H. L. **Simulação Experimental da Interação Vento-Chuva**. 2010. 90 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia, Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.
- SALIM, C. A. **As políticas econômica e tecnológica para o desenvolvimento agrário das áreas de cerrados no Brasil: Avaliação e perspectivas**. Cad. Dif. Tecnol. Brasília: [s.n.], v.3, n.2, p.297-34, maio/ago. 1986
- SALTON JC, TOMAZI M. Sistema Radicular de Plantas e Qualidade do Solo. Comunicado Técnico 198. **Embrapa Agropecuária Oeste**. Dourados, Brasil. 6 p. 2014.
- SAN, M.; Paulo, PELEGRINI B. **Cerrados: uma ocupação japonesa no campo**. Rio de Janeiro, CODECRI. 1984.
- SANCHEZ, M. C; PESSÔA, V. L. Projeto cerrado: a “reforma agrária” no cerrado? (o caso de Iraí de Minas). **Boletim de geografia teórica**. In. 1 encontro de geógrafos da América Latina, 1987.
- SANTOS M.; MONTENEGRO A. A. Erosividade e padrões hidrológicos de precipitação no Agreste Central pernambucano. **Revista brasileira de engenharia agrícola ambiental**. vol.16 no.8 Campina Grande, 2012.
- SANTOS, D. C. **Climatologia da pluviosidade na bacia hidrográfica do Rio Paranaíba**. 2016. 101 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Geografia, Instituto de Geografia, Uberlândia/mg, 2016.
- SANTOS, K. R.; LEMES, S. S. Uso da terra e erosão acelerada em vertente: o caso do Bairro Geovanni Braga em Anápolis. **XII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada**. Natal: UFRN. 2007.
- SANTOS, M; FONSECA, D; PIMENTEL, R; SILVA, G; GOMES, V; SILVA, S. Número e peso de perfilhos no pasto de capim-braquiária sob lotação contínua. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**. Maringá, v. 33, n. 2, p. 131-136, 2011.
- SCHIAVINI, I.; ARAÚJO, G.M. Considerações sobre a vegetação da Reserva Ecológica do Panga (Uberlândia). **Sociedade & Natureza** 1:61-65, 1989.
- SCOLARI, D. D. G. Produção agrícola mundial: o potencial do Brasil. IN: **VISÃO PROGRESSISTA DO AGRONEGÓCIO BRASILEIRO**. Brasília, DF: Fundação Milton Campos, 2006.
- SEIFFERT, N.F. Leguminosas para pastagens no Brasil Central. Campo Grande. **EMBRAPA-CNPGC**. 55p.1984.
- SENDULSKY, T. **Chave para identificação de Brachiaria**. J. Agroceres, 5(56):4-5, 1977.
- SILVA, C; BOAVENTURA, M; FIORAVANTI, M. História do povoamento bovino no Brasil central. **Revista UFG**, nº 13, 2012.
- SILVA, L. L. O papel do Estado no processo de ocupação das áreas de Cerrado entre as décadas de 60 e 80. **Caminhos de Geografia** – Revista online. Uberlândia, MG, v. 1, n. 2, p. 24-36, 2000.
- Silva, M. C., Boaventura, V. M., Fioravanti, M. C. S.. História do Povoamento Bovino no Brasil Central, **Revista UFG**, 13, 34–41, 2012.

- SILVA, R. E. et al. Comportamento das vazões e transporte de sedimentos em um canal aberto artificial (Patrocínio/MG) para dois episódios chuvosos em 2016. **Os Desafios da Geografia Física na Fronteira do Conhecimento**. Instituto de Geociências – UNICAMP p.762-770, 2017.
- SILVA. M.; CANDIDO B.; CURI N.; BATISTA P. Erosão hídrica em talhões e estradas forestais: monitoramento, causas e controle. **Série Técnica IPEF**, v. 23, n. 44, 2015.
- SILVEIRA, O F. **A planície costeira do Amapá: dinâmica de ambiente costeiro influenciado por grandes fontes fluviais quaternárias**. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Pará, Centro de Geociências, Belém, 1998. Curso de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica. 1998. 206 f.
- SIMONSEN, R. C. : Diretoria de Informação Legislativa (n. 11, set. 1966); **Divisão de Edições Técnicas** (n. 34, abr./jun. 1972); Subsecretaria de Edições Técnicas (n. 35, jul./set. 2005)
- SOUZA F. F.; SANTOS, J. C.; COSTA, J. N.; SANTOS, M. M. **Características das principais variedades de café cultivadas em Rondônia**. Porto Velho: Embrapa Rondônia, 2004.
- SOUZA, L.D.; REICHARDT, K. Estimativas de capacidade de campo. **R. Bras. Cien. Solo**, 20:183-189, 1996.
- SOUZA, M, D. **Desenvolvimento e utilização de um simulador de chuvas para estudos de atributos físicos e químicos do solo relacionados a impactos ambientais**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2004. 20p.
- SOUZA, R. D; MOREIRA, D. H.; PEDROSA, A. S. A mineração na região do triângulo mineiro e alto Paranaíba. in **I Simpósio Mineiro de Geografia – Alfenas**, 2014.
- SPOHR, R ; CORCINI, A ; PELLEGRIN, J. BONFANTI, J. SOTO, M. CARDOSO, T. Desenvolvimento e validação de um simulador de chuvas portátil. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 20, n. 2, p.411-417, 2015.
- STEDILE, J(org.) **A Questão Agrária no Brasil. O debate tradicional 1500-1960**. São Paulo: **Expressão popular**, 2005.
- STILLMUNKES, R. T.; JAMES, L. G. Impact energy of water droplets from irrigation sprinklers. **Transactions of the ASAE**, v 25, n. 1, p. 130-133, 1982.
- STRAZZI, S. Derivados do milho são usados em mais de 150 diferentes produtos industriais. **Revista Visão Agrícola – USP/ESALQ**, n. 13, p. 146-150, Jul/Dez, 2015.
- SWANSON, N. P. **Rotating boom rainfall simulator**. Transactions of the ASAE, S1. 1965.
- TAUNAY, A. **Historia do café no brasil. Departamento nacional do café**, ED 1, Rio de Janeiro 1939.
- THOMAS, M.F. **Geomorphology in the tropics: a study of weathering and denudation in low latitudes**. John Wiley e Sons Ed. Wichester, England, 460 p. 1994.
- THOMAZ, E L.; RAMOS. S, CARLOS E. Rill length and plot-scale effects on the hydrogeomorphologic response of gravelly roadbeds. **Earth Surface Processes And Landforms**, v. 40, n. 15, p.2041-2048, 2015.

- THOMAZ, E. L. The influence of traditional steep land agricultural practices on runoff and soil loss. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 130, n. 1-2, p.23-30, 2009.
- THOMAZ, E.; MELQUIADES, F. Discriminação de marcadores de proveniência de sedimento em bacia rural por meio de EDXRF. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v.10, n.1, p.95-102, 2009.
- THOMAZ, L; PEREIRA, A. Estrada rural não pavimentada como fonte de escoamento superficial e sedimento. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v.14, n.1, p.13-21, 2013.
- TOSSELL, R. W; DICKINSON, W. T; RUDRA, R.P; WALL, G. J. A portable rainfall simulator. **Canadian Agricultural Engineering**, v.29, n.2, p.155-162, 1987.
- TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: FIBGE/SUPREN, 1977.
- USDA – States Department of Agriculture, by the National Agricultural Statistics Service (NASS), **Agricultural Statistics Board, Crop production**. Acesso 28/06/2018
- VALÉRIO JR. Cupins-de-montículo em pastagens. Campo Grande: **Embrapa Gado de Corte**; 33 p. 2006.
- VICTORIA, R. L.; MARTINELLI, L. A.; RICHEY, J.E.; FORSBERG, B.R. Spatial and temporal variations in soil chemistry on the Amazon Floodplain. **Geojournal**, pag 45-52, 1989.
- VIEIRA D.B.; LOMBARDI NETO, F.; SANTOS, R.P. Relação entre intensidade, duração e frequência de chuvas em Mococa, SP. **Pesq. Agropec. Bras.**, 1998.
- VITTE, A. C.; MELLO, J. P. **Considerações sobre a erodibilidade dos solos e a**
- VOLK, L.B.S. **Condições físicas da camada superficial do solo resultantes do seu manejo e indicadores de qualidade para redução da erosão hídrica e do escoamento superficial**. Programa de PósGraduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS. (149 p.) Setembro, 2006.
- WISCHMEIER, W. H. A rainfall erosion index for a universal soil loss equation. **Soil Science Society. Ambient**, 1959.
- WISCHMEIER, W.H. Storms and soil conservation. **J. Soil Water Conservation.**, 17:55-59, 1962.
- WISCHMEIER, W.H.; SMITH, D.D. Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning. Washington, USDA-**Agricultural Research**, 1978. 58p.
- WISCHMEIER, W.H.; SMITH, D.D. **Rainfall energy and its relationship to soil loss**. American Geophysics Transactions, v.39, p.285-291, 1958.
- WMO n° 49, 1988. Technical Regulations: General Meteorological Standards and Recommended Practices. Vol. 1, **Secretariat of the World Meteorological Organization**, Geneva, 1988.
- XU, X., LEWIS, C., LIU, W., ALBERTSON, J. D., AND KIELY, G.: Analysis of single-ring infiltrometer data for soil hydraulic properties estimation: Comparison of BEST and Wu methods, *Agr. Water Manage.*, 107, 34–41, 2012.
- ZAMBERLAN, J; FRONCHETI, A.. : **preservação do pequeno agricultor e o meio ambiente**. Petrópolis: Vozes, 2001.

ZIMMER, A; EUCLIDES, V; EUCLIDES, K; MACEDO, M. Considerações sobre índices de produtividade da pecuária de corte em mato grosso do sul. **Embrapa gado de leite**, Campo Grande, MS, 1998.