

DINÂMICA HIDROGEOMORFOLÓGICA  
DE VERTENTES DO CHAPADÃO  
DO DIAMANTE  
SERRA DA CANASTRA -MG



Jefferson  
Gomes Confessor

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA  
INSTITUTO DE GEOGRAFIA  
PROGRAMA DE PÓS – GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA**

**DINÂMICA HIDROGEOMORFOLÓGICA  
DE VERTENTES DO CHAPADÃO DO DIAMANTE  
SERRA DA CANASTRA - MG**



**UBERLÂNDIA  
2023**

Jefferson Gomes Confessor

**DINÂMICA HIDROGEOMORFOLÓGICA DE VERTENTES DO  
CHAPADÃO DO DIAMANTE – SERRA DA CANASTRA -MG**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia, do Instituto de Geografia, da Universidade Federal de Uberlândia, como requisito para aquisição do título de doutor em geografia.

Área de Concentração: Análise, Planejamento e Gestão Ambiental.

Orientador: Professor Doutor Silvio Carlos Rodrigues

**UBERLÂNDIA  
2023**

Ficha Catalográfica Online do Sistema de Bibliotecas da UFU  
com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

C748 2023	<p>Confessor, Jéfferson Gomes, 1991- DINÂMICA HIDROGEOMORFOLÓGICA DE VERTENTES DO CHAPADÃO DO DIAMANTE SERRA DA CANASTRA - MG [recurso eletrônico] / Jéfferson Gomes Confessor. - 2023.</p> <p>Orientador: Silvio Carlos Rodrigues. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Uberlândia, Pós-graduação em Geografia. Modo de acesso: Internet. Disponível em: <a href="http://doi.org/10.14393/ufu.te.2023.70">http://doi.org/10.14393/ufu.te.2023.70</a> Inclui bibliografia. Inclui ilustrações.</p> <p>1. Geografia. I. Rodrigues, Silvio Carlos, 1980-, (Orient.). II. Universidade Federal de Uberlândia. Pós- graduação em Geografia. III. Título.</p> <p style="text-align: right;">CDU: 910.1</p>
--------------	---

Bibliotecários responsáveis pela estrutura de acordo com o AACR2:  
Gizele Cristine Nunes do Couto - CRB6/2091  
Nelson Marcos Ferreira - CRB6/3074





## UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Geografia

Av. João Naves de Ávila, 2121, Bloco 1H, Sala 1H35 - Bairro Santa Monica, Uberlândia-MG, CEP 38400-902

Telefone: (34) 3239-4381/3291-6304 - www.ppgeo.ig.ufu.br - posgeo@ufu.br



### ATA DE DEFESA - PÓS-GRADUAÇÃO

Programa de Pós-Graduação em:	GEOGRAFIA				
Defesa de:	Tese de Doutorado Acadêmico, Número <a href="#">232</a> , PPGGEO				
Data:	<a href="#">31 de janeiro de 2023</a>	Hora de início:	14h:00min.	Hora de encerramento:	18h:15min.
Matrícula do Discente:	<a href="#">11913GEO011</a>				
Nome do Discente:	JEFFERSON GOMES CONFESSOR				
Título do Trabalho:	DINÂMICA HIDROGEOLOGIA DE VERTENTES DO CHAPADÃO DO DIAMANTE - SERRA DA CANASTRA - MG				
Área de concentração:	DINÂMICAS TERRITORIAIS E ESTUDOS AMBIENTAIS				
Linha de pesquisa:	ESTUDOS AMBIENTAIS E GEOTECNOLOGIAS				
Projeto de Pesquisa de vinculação:					

Reuniu-se na sala 1H14 do Instituto de Geografia da Universidade Federal de Uberlândia, a Banca Examinadora, designada pelo Colegiado do Programa de Pós-graduação em [GEOGRAFIA](#), assim composta: Professores Doutores: [Valdemir Antoneli - UNICENTRO-PR](#); [Thallita Isabela Silva Martins Nazar - UFCAT-GO](#); [Renato Emanuel Silva - IFMT-MT](#); [Vanderlei de Oliveira Ferreira - IG-UFU](#) e [Sívlio Carlos Rodrigues - IG-UFU](#) (orientador do candidato). Os Professores Renato Emanuel Silva e Valdemir Antoneli participaram de forma on line.

Iniciando os trabalhos o presidente da mesa, [Professor Sívlio Carlos Rodrigues - IG-UFU](#), apresentou a Comissão Examinadora e o candidato, agradeceu a presença do público, e concedeu ao Discente a palavra para a exposição do seu trabalho. A duração da apresentação do Discente e o tempo de arguição e resposta foram conforme as normas do Programa.

A seguir o senhor(a) presidente concedeu a palavra, pela ordem sucessivamente, aos(às) examinadores(as), que passaram a arguir o(a) candidato(a). Ultimada a arguição, que se desenvolveu dentro dos termos regimentais, a Banca, em sessão secreta, atribuiu o resultado final, considerando o(a) candidato(a):

**[Aprovado com Distinção.](#)**

Esta defesa faz parte dos requisitos necessários à obtenção do título de [Doutor](#).

O competente diploma será expedido após cumprimento dos demais requisitos, conforme as normas do Programa, a legislação pertinente e a regulamentação interna da UFU.

Nada mais havendo a tratar foram encerrados os trabalhos. Foi lavrada a presente ata que após lida e achada conforme foi assinada pela Banca Examinadora.



Documento assinado eletronicamente por **Silvio Carlos Rodrigues, Professor(a) do Magistério Superior**, em 31/01/2023, às 18:15, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Renato Emanuel Silva, Usuário Externo**, em 31/01/2023, às 18:15, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **THALLITA ISABELA SILVA MARTINS NAZAR, Usuário Externo**, em 31/01/2023, às 18:15, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Vanderlei de Oliveira Ferreira, Professor(a) do Magistério Superior**, em 31/01/2023, às 18:16, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Valdemir Antoneli, Usuário Externo**, em 15/02/2023, às 14:20, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [https://www.sei.ufu.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](https://www.sei.ufu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **4210447** e o código CRC **40C346C5**.

## Agradecimentos:

Não se torna possível através de breves palavras agradecer a todos que contribuíram para a realização deste trabalho, visto que este manuscrito se apresenta como produto do auxílio direto e indireto de várias pessoas, as quais de maneiras distintas colaboraram para torna-se realizável todas as etapas demandadas nesta pesquisa. Neste sentido, torna-se injusto citar nomes, visto que provavelmente não seriam contemplados todos aqueles que fizeram parte desta caminhada.



Entretanto, em um esforço de reconhecimento trago algumas palavras para expressar o quão grato sou a todos.



Agradeço aos meus pais, os quais me concederam a oportunidade de seguir neste caminho tão longo, sempre fazendo o possível e o impossível para tornar viável o crescimento de um filho. Tudo aqui apresentado 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 que um dia eu possa agradecer a altura ao meu pai Luiz e minha mãe Maria de Lourdes.

Agradeço a minha esposa Lara Luiza Silva, a qual nunca poupou esforços para me auxiliar, me acompanhado ao longo de toda caminhada, sempre presente nos estudos, campos e procedimentos laboratoriais, me incentivando de maneira a jamais me deixar desistir, muito obrigado por tudo!

Agradeço a meu amigo e orientador Silvio Carlos Rodrigues. Além das contribuições para realização deste trabalho também me ofertou algo muito mais significativo, me





concedeu oportunidades, as quais mudaram minha vida, serei sempre grato. Meu muito obrigado.



Agradeço ao professor David Francis por todo auxílio que me concedeu, através de seus ensinamentos novos horizontes puderam se abrir, tornando-se para mim um exemplo a ser seguido, meu muito obrigado por tudo!

Aos vários amigos, os quais contribuíram do processo seletivo de entrada no curso de doutorado até ponto final deste texto. Impossível citar o nome de todos, deixo aqui meu muito obrigado!

Obrigado a todas pessoas que contribuíram para viabilizar esta pesquisa, agradeço aos professores de diferentes instituições, brigadistas, técnicos e seguranças do Parque Nacional de Serra da Canastra, aos diversos moradores da Cidade de São Roque e do distrito de São João Batista da Serra da Canastra, cada qual me auxiliou como pôde, sem a ajuda de vocês não seria possível concretizar este trabalho. Muito Obrigado!

Agradeço a todos funcionários da Universidade Federal de Uberlândia, que por vezes mesmo em anonimato realizaram funções vitais ao funcionamento da instituição, muito obrigado a todos!

Por fim, agradeço a CAPES pela bolsa de estudos. Muito obrigado!



# SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>13</b>
1.1	Problemática .....	15
1.2	Hipótese .....	15
1.3	Gbjetivo Geral .....	16
1.4	Objetivos Específicos .....	16
<b>2</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....</b>	<b>18</b>
2.1	Comportamento Hidrológico Paisagístico .....	18
2.2	Fatores Intervenientes do Movimento da Água em Vertentes.....	20
2.3	Intensidade e Freqüência das Precipitações.....	20
2.3.1	Infiltração da Água no Solo.....	21
2.3.2	Características das Vertentes .....	22
2.3.3	Litologia e Estrutura Rochosa .....	24
2.3.4	Características Pedológicas .....	26
2.3.5	Características da Cobertura Vegetal .....	28
2.3.6	Caracterísitcas da Pedofauna.....	32
2.4	Considerações sobre a Avaliação do Processo de Infiltração e seu Monitoramento.....	36
2.4.1	Infiltrômetros .....	37
2.5	Considerações sobre o uso de Infiltrômetros .....	59
<b>3</b>	<b>ÁREA DE ESTUDO .....</b>	<b>61</b>
3.1	Contexto Geológico Regional.....	61
3.2	Relevo .....	62
3.3	Solos/Geocoberturas .....	64
3.4	Clima e Hidrografia .....	62
3.5	Vegetação.....	63
<b>4</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>69</b>
4.1	Construção e Calibração do Simulador de Chuvas.....	72
4.1.1	Caracterização das Precipitações Naturais da Área de Estudos .....	72
4.1.2	Simulador .....	72
4.1.3	Calibração do Simulador .....	74
4.1.4	Bicos de Aspersão .....	74



4.1.5	Pressurização da Água no Simulador de Chuvas .....	75
4.1.6	Distribuição da Precipitação .....	76
4.1.7	Coeficiente de Distribuição de Christiansen .....	77
4.1.8	Distribuição da Precipitação .....	77
4.1.9	Avaliação das Gotas Produzidas.....	77
4.1.10	Parcela .....	78
4.1.11	Proteção Contra o Vento.....	80
4.1.12	Obtenção de Água .....	82
4.2	Infiltrômetro de Anel Duplo de Carga pouco Variável .....	84
4.2.1	Componentes .....	85
4.2.2	Anel Interno .....	86
4.2.3	Cilindro de Armazenagem de Água Para o Anel Interno .....	88
4.2.4	Cilindro de Armazenagem de Água Para o Anel Externo.....	92
4.2.5	Valvulas do Tipo Bóia.....	94
4.3	Monitoramentos .....	95
4.3.1	Simulações de Chuvas .....	95
4.3.2	Ensaio de Infiltração Através do Uso do Infiltrômetro de Anéis.....	97
4.3.3	Análise da Cobertura Vegetal.....	97
4.4	Procedimentos Laboratoriais .....	98
4.4.1	Classificação dos Solos .....	98
4.4.2	Coleta de Amostras de Solo para Análise Granulométrica e Textural .....	98
4.4.3	Análise Granulométrica .....	98
4.4.4	Análise Textural (Areia, Silte e Argila) .....	99
4.4.5	Densidade Total.....	99
4.4.6	Densidade de Partículas.....	100
4.4.7	Perda de Água por Evaporação .....	101
<b>5</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>104</b>
5.1	Calibração do Infiltrômetro de Anéis Concentricos .....	104
5.2	Calibração do Simulador de Chuvas.....	105
5.2.1	Caracterização das Precipitações Naturais da Área de Estudos .....	105
5.2.2	Calibração do Simulador de Chuvas .....	107
5.3	Caracterização de Vertentes de Estudo.....	110
5.4	Avaliação das Geocoberturas.....	111

5.4.1	Materiais Areno-Argilo-Ferruginosos ou Com Concreções Ferruginosas .....	111
5.5	Materiais De Bioturbação (Campos de Murunduns) Ferruginosos ou Com Concreções Ferruginosas .....	122
5.5.1	Cascalho Arenoso com Matéria Orgânica .....	135
5.5.2	Materiais Cascalho-Arenosos Indiferenciados .....	145
5.5.3	Materiais Orgânicos (Turfeiras) Associados a Fundos de Vale e Áreas Úmidas .....	155
5.5.4	Materiais Cascalho-Arenosos com Caos de Blocos .....	166
5.6	Sistematização dos Resultados .....	178
5.6.1	Dinâmicas Processuais e de Fluxos Das Vertentes .....	182
<b>6</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>197</b>
<b>7</b>	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>200</b>

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> - Fatores que contribuem para o movimento da água e como interrelacionam-se entre si. ....	19
<b>Figura 2</b> - Tipos de vertentes e suas repercussões na condução dos fluxos superficiais. ....	23
<b>Figura 3</b> - Classes estruturais primárias do solo e respectivas repercussões no movimento da água. ....	27
<b>Figura 4</b> - Contribuição dos organismos para formação de agregados de solo. Anelídeos unindo partículas minerais do solo e matéria orgânica em seu trato intestinal (a), fungos micorrízicos arbusculares com produção de glomalina (b), bactérias com exopolissacarídeo (c), e plantas, por ação física das raízes e seus exsudatos (d). ....	30
<b>Figura 5</b> - Efeito do desenraizamento de árvores na microtopografia. Variação na inclinação gera distintas formas de estruturação de montículos e poços resultantes da queda e desenraizamento de árvores. ....	31
<b>Figura 6</b> - Distribuição da vida no solo, estando a maior parte da micro e mesofauna do solo está restrita aos poros existentes em sua matriz. ....	33
<b>Figura 7</b> - Modelo esquemático da atuação da vida no solo. Atuação de diferentes espécies de animais ao longo do perfil, exibindo ações de turnover (mixing), formação de solo, amontoamento e microterraços. ....	34
<b>Figura 8</b> - Efeitos da bioturbação de partículas do solo por diferentes tipos de animais escavadores na formação de distintos tipos de biomantos. ....	35
<b>Figura 9</b> - Modelos mais comuns de infiltrômetros. ....	39
<b>Figura 10</b> - Infiltrômetros de: Princípio básico de funcionamento de dois modelos de infiltrômetro de anéis de inundação. Infiltrômetro de anel simples (A) satura o solo da área de testes e assim como áreas circunvizinha ao anel; Infiltrômetro de anéis concêntricos (B), a saturação da área circunvizinha ao anel é realizada pelo anel externo. ....	41
<b>Figura 11</b> - Demandas básicas para construção de simuladores de chuvas. ....	43
<b>Figura 12</b> - Esquema representativo da velocidade de gotas de chuva. Gotas partem do repouso ( $V_0$ ) e por meio da aceleração adquirem velocidade; o atrito com o ar gera resistência e normaliza a velocidade das gotas, tornando-se constante a depender de seu peso. ....	46
<b>Figura 13</b> - Modelo de mini-simulador de chuvas com gotas produzidas por meio de agulhas hipodérmicas: caixa de armazenagem de água (A); produção de gotas por meio da passagem da água nas agulhas hipodérmicas (B); Malha de gotas produzidas (C). ....	47
<b>Figura 14</b> - Quebra e espalhamento de gotas produzidas por um simulador de chuvas gotejante. Reservatório e tubos formadores de gotas (A); Gotas homogêneas (B); Malha para quebra e redistribuição das gotas (C); Gotas redimensionadas em menores calibres e redistribuídas espacialmente. ....	48
<b>Figura 15</b> - Distribuição fictícia do impacto das gotas produzidas por um simulador de chuvas gotejante. Disposição espacial das gotas intimamente ligada ao posicionamento dos tubos formadores de gotas (A); Gotas redimensionadas e redistribuídas, efeito promovido pela passagem das gotas produzidas por uma malha posicionada entre o reservatório e a superfície (B). ....	49
<b>Figura 16</b> - Produção de gotas por simulador de aspersão. Gotas no momento de saída do bico de aspersão apresentam velocidade maior que as gotas naturais de mesmo diâmetro; após atrito com o ar atmosférico as gotas perdem velocidade de forma a se equiparar às gotas naturais. ...	52

<b>Figura 17</b> - Diferenças no comportamento da velocidade das gotas produzidas por simuladores de aspersão e gotejamento. Gotas produzidas por infiltrômetros de gotejamento partem do repouso e adquirem velocidade ao longo de seu processo de queda.....	53
<b>Figura 18</b> – Exemplos de padrões de distribuição de gotas de diferentes tipos de bicos aspersores.....	53
<b>Figura 19</b> - Modelo de simulador de chuvas de bico de aspersão único e oscilante.....	54
<b>Figura 20</b> - Modelo de simulador de chuvas rotacional dotado de diversos bicos de aspersão.....	55
<b>Figura 21</b> - Modelo de distribuição da intensidade de precipitação em um simulador de aspersão rotacionário fictício. Movimento giratório da barra de aspersão exibe variação na velocidade, apresentando-se maior quanto mais distante do centro. A velocidade menor exibida nas regiões mais centrais reflete em maiores intensidades. Intensidade $A_1 = 1$ , intensidade $A_2 < 1$ , intensidade $A_3 < A_2$ . Padrão de distribuição da intensidade (B).....	57
<b>Figura 24</b> - modelo de simulador de chuvas composto de 2 bicos de aspersão estáticos do tipo cone cheio, os quais recobrem de forma homogênea uma área de 4 m <sup>2</sup> .....	58
<b>Figura 23</b> - Mapa de localização do chapadão do Diamante e vertentes de estudo.....	61
<b>Figura 25</b> - Mapa de localização da vertente de estudos.....	66
<b>Figura 26</b> - Mapa de localização da vertente de estudos.....	67
<b>Figura 24</b> – Fluxograma de trabalho.....	71
<b>Figura 27</b> – Composição de peças utilizadas para construção do simulador de chuvas.....	73
<b>Figura 28</b> – Motobomba autopropelida a gasolina.....	76
<b>Figura 29</b> – Verificação da distribuição da intensidade.....	76
<b>Figura 30</b> – Parcela de experimentos.....	79
Figura 31 – Lateral da parcela de experimentos.....	80
<b>Figura 32</b> – Efeito do vento na distribuição da chuva produzida. A- Distribuição da intensidade em livre de vento. B- Efeito do vento na distribuição da precipitação, produzindo o realocamento da intensidade sobre a área de experimentos.....	81
<b>Figura 33</b> - Proteção do simulador de chuvas contra a ação dos ventos. A1 – tubo de aço de 2,8 cm de diâmetro; A2- Tubo de aço de 3 cm de diâmetro; B- Tela sombrite 80 %; C- Área que também apresenta o uso de tela sombrite 80 %; D- Cordas de fixação; E- Gancho.....	82
<b>Figura 34</b> – Captação e armazenagem de volumes água necessários para realização dos experimentos. Captação da água em córrego (A); Armazenagem no local de testes (B).....	84
<b>Figura 35</b> – Infiltrômetro de inundação de anéis concêntricos e carga pouco variável.....	85
<b>Figura 36</b> – Anéis concêntricos: A1 – Anel externo; A2- Anel interno; B1 e B2 Altura dos anéis.....	86
<b>Figura 37</b> – Fixação de registro do tipo boia no anel interno.....	87
<b>Figura 38</b> – Recipientes de leitura e reposição de água.....	89
<b>Figura 39</b> – Conexões do recipiente de leitura e reposição de água.....	90
<b>Figura 40</b> – Esquema de fixação de recipientes de leitura e reposição de água.....	91
<b>Figura 41</b> – Regulagem de altura do tripé.....	92
<b>Figura 42</b> – Galão de reposição de água do anel externo.....	93
<b>Figura 43</b> – Esquema para fixação do registro do tipo boia no anel externo.....	94
<b>Figura 44</b> – Encaixe dos registros do tipo boia.....	94
<b>Figura 45</b> - Calha de experimentos e recipiente coletor de fluxo superficial.....	96
<b>Figura 46</b> - Materiais para coleta de amostras indeformadas.....	100
<b>Figura 47</b> – Análise de densidade de partículas.....	101
<b>Figura 48</b> – Amostras indeformadas imersas em água.....	102

<b>Figura 49</b> - Caracterização das precipitações da área de estudo. ....	106
<b>Figura 50</b> - Distribuição espacial dos volumes precipitados artificialmente pela variação de simulador de chuvas escolhida. ....	109
<b>Figura 51</b> - Croqui da vertente de estudos inserida no Chapadão do Diamante – Serra da Canastra:.....	110
<b>Figura 52</b> - Vegetação: na geocobertura materiais areno-argilo-ferruginosos ou com concreções ferruginosas. Campo rupestre em meio a afloramentos (A); Área de transição entre afloramentos e a vertente (B); Local de realização dos experimentos (C); Vegetação característica no sopé dos afloramentos rochosos (D). ....	111
<b>Figura 53</b> - Relação cobertura vegetal e solo exposto na geocobertura Materiais areno-argilo-ferruginosos ou com concreções ferruginosas. A- 50,04% de solo exposto; B- 45,06 % de solo exposto; C- 63,20% de solo exposto. ....	113
<b>Figura 54</b> - Bioporos no solo gerados pela dinâmica de crescimento de raízes: (A) Arranjo de partículas minerais de solo; (B) Rearranjo de partículas minerais do solo pelo crescimento de raízes; (C) Senescência de raízes; (D) Criação de bioporos por raízes e seu por raízes e seu preenchimento por água. ....	119
<b>Figura 55</b> - Ação da pedofauna na área de estudos: (A) Alta densidade de bioporos ao longo do perfil do solo; (B) Toca de tatu; (C) Térmitas alados saindo de orifício no solo; (D) Térmitas encontrados no interior do solo. ....	120
<b>Figura 56</b> - Ação da pedofauna no perfil do solo. Criação de bioporos por animais e pela vegetação A e B. ....	121
<b>Figura 57</b> - Características do campo de murundus: Formas de relevo ovaladas (A); Local de experimentos (B); Vegetação característica, com a presença de plantas lenhosas sobre os morrotes e gramíneas espalhadas sobre os montes e entorno (C e D).....	123
<b>Figura 58</b> - Relação cobertura vegetal e solo exposto em áreas de experimentos. A- 65,16 % de solo exposto; B- 65,22 % de solo exposto; C- 66,50% de solo exposto. ....	124
<b>Figura 59</b> – Curvas de escoamento e infiltração produzidas pelo simulador de chuvas. ....	127
<b>Figura 60</b> - Características do solo entre murundus: Horizontes do perfil do solo (A); Camada superficial composta por cascalhos lateríticos (B); Cascalhos lateríticos arredondados (C). ...	130
<b>Figura 61</b> - Ação da pedofauna no solo: Térmitas (A); Bioporos (B); Paleobioporos preenchidos por materiais (C). ....	131
<b>Figura 62</b> - Perfil de solo de um morrote de murundu. Diferentes estruturas biogênicas (A); Colônia de térmitas abandonada (B); Buraco de tatus (C e D). ....	133
<b>Figura 63</b> - Campo de murundus. Plantas lenhosas apenas sobre morrotes (A); Área entre morrotes apresentando vegetação rasteira (B); Área com alta presença de bioturbação, visualizada na forma de grandes galerias (C); Área alta presença de bioturbação visualizada na forma de tuneis (D); Alta presença de paleocanais (E). ....	134
<b>Figura 64</b> – Vegetação presente na Geocobertura Cascalho Arenoso com M.O. Vegetação rasteira de campo limpo (A); Composição heterogênea de espécies rasteiras (B; C; D). ....	135
<b>Figura 65</b> – Relação cobertura vegetal e solo exposto em áreas de experimentos. A- 71,18% de solo exposto; B- 70,59 % de solo exposto; C- 65,81% de solo exposto. ....	136
<b>Figura 66</b> - Características do solo local. Perfil de solo com granulometria mal graduada (A); Cascalhos petroplintínicos abundantes em profundidades abaixo de 10 cm (B); Concreção ferruginosa de 10 cm de diâmetro (C); Cascalhos exumados em superfície (D). ....	137
<b>Figura 67</b> - Croqui geocobertura cascalho arenosa com matéria orgânica. Cobertura vegetal rasteira heterogênea (A); Camada de solo arenoso (B); Camada de cascalhos lateríticos (C); Rocha Quartzítica (D); Forma do movimento do fluxo de água no perfil do solo. ....	143



<b>Figura 68</b> - Movimento de exfiltração da água. Canal erosivo (A); Exfiltração da água (B e C). .....	144
<b>Figura 69</b> - Vegetação presente na Geocobertura materiais cascalho-arenosos indiferenciados. Vegetação rasteira de campo limpo (A); Crescimento vegetativo na forma de touceiras (B); Distribuição de herbáceas (C; D)..	145
<b>Figura 70</b> - Morfologia estrutural capim flechinha em diferentes estádios vegetativos.....	146
<b>Figura 71</b> - Influência do fogo na morfologia estrutural das plantas de capim flechinha. Plantas com partes estruturais intactas (A); Plantas com estruturas secas (B).	147
<b>Figura 72</b> - Selamento da camada superficial do solo.....	148
<b>Figura 73</b> - Índice de cobertura vegetal na Geocobertura Cascalho Arenoso. 66,74 % de solo exposto (A); 62,03 % de solo exposto (B); 50,3 % de solo exposto (C).	148
<b>Figura 74</b> - Perfil de solo da área de estudo.	149
<b>Figura 75</b> - Cimentação por Fe no perfil do solo.	154
<b>Figura 76</b> - Vegetação presente na Geocobertura Turfa: Córrego no fundo do vale (A); Local de experimentos em meio a vegetação rasteira (B); Infiltrômetro em meio a touceiras (C); Touceiras esparsas (D).	156
<b>Figura 77</b> - Relação cobertura vegetal e solo exposto na Geocobertura Turfa. A- 16,6 % de solo exposto; B- 38,48 % de solo exposto; C- 40,71% de solo exposto.	157
<b>Figura 78</b> - Perfil de solo da área de estudos.....	158
<b>Figura 79</b> - Hidrorepelência do solo.....	164
<b>Figura 80</b> - Vegetação presente na Geocobertura materiais cascalho arenoso com caos de blocos: .....	167
<b>Figura 81</b> - Relação cobertura vegetal e solo exposto na geocobertura cascalho arenoso com caos de blocos. A- 9,19 % de solo exposto; B- 7,16 % de solo exposto; C- 0 % de solo exposto. .....	168
<b>Figura 82</b> - Perfil de solo local. Segmentação dos horizontes (A); Ampla distribuição de Bioporos (B); Larva encontrada a 60 centímetros de profundidade (C).	175
<b>Figura 83</b> - Croqui geocobertura Caos de Blocos. Vertente de estudos (A); Embasamento Quartzítico (B); Depósito de solo arenoso (C); Acumulo de água de precipitações de áreas da vertente acima.	176
<b>Figura 84</b> - Croqui do perfil longitudinal da vertente de estudos inserida no Chapadão do Diamante - Serra da Canastra: Variação das características ambientais de áreas de análise ao longo da vertente.	185
<b>Figura 85</b> - Dinâmica hidrogeomorfológica de vertente inserida no Parque Nacional da Serra da Canastra. Incorporação da água advinda de precipitações (A); Infiltração (B); Fluxo de base (C). .....	187
<b>Figura 86</b> - Processo de formação de grandes blocos de concreções ferruginosas. Grande bloco ferruginizado (A); Materiais de diferentes calibres cimentados em um grande bloco (B).....	188
<b>Figura 87</b> - Exfiltração de água no contato do solo e a rocha quartzítica.	189
<b>Figura 88</b> - Cimentação de cascalhos de quartzito por Fe.....	190
<b>Figura 89</b> - Processo pedogenético de formação de aglomerado ferruginoso concrecionário (Petroplintita). Aglomerado de partículas cimentado por Fe (A); Ciclos de cimentação (B).	192

## LISTA DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1</b> - Correlação entre a energia cinética de gotas de chuva artificial (CA) e chuva natural (CN) em relação à altura de queda. ....	50
<b>Gráfico 2</b> - Correlação entre a energia cinética de gotas de chuva simulada (CS) e natural (CN) em relação à altura de queda. ....	51
<b>Gráfico 3</b> - Curvas de vazão geradas diferentes registros do tipo boia. ....	104
<b>Gráfico 4</b> - Curva Granulométrica.....	114
<b>Gráfico 5</b> - Infiltração Infiltrômetro de inundação. ....	115
<b>Gráfico 6</b> - escoamento e infiltração produzidos pelo simulador de chuvas. ....	116
<b>Gráfico 7</b> - Infiltração Simulador de chuva e Infiltrômetro de inundação. ....	117
<b>Gráfico 8</b> - Perdas de água por evaporação. ....	118
<b>Gráfico 9</b> - Curvas Granulométricas. ....	125
<b>Gráfico 10</b> - Infiltração Infiltrômetro de inundação. ....	126
<b>Gráfico 11</b> - Infiltração Simulador de chuva e Infiltrômetro de inundação. ....	128
<b>Gráfico 12</b> - Perdas de água por evaporação. ....	129
<b>Gráfico 13</b> - Curvas Granulométricas. ....	138
<b>Gráfico 14</b> - Infiltração infiltrômetro de anéis. ....	139
<b>Gráfico 15</b> - Curvas de escoamento e infiltração produzidas pelo simulador de chuvas. ....	140
<b>Gráfico 16</b> - Infiltração Simulador de chuva e Infiltrômetro de inundação. ....	141
<b>Gráfico 17</b> - Perdas de água por evaporação. ....	141
<b>Gráfico 18</b> - Curva granulométrica. ....	150
<b>Gráfico 19</b> - Curvas de Infiltração Infiltrômetro de anéis. ....	151
<b>Gráfico 20</b> - Curvas de escoamento e infiltração simulador de chuvas.....	152
<b>Gráfico 21</b> - Perdas de água por infiltração acumulada.....	153
<b>Gráfico 22</b> - Curvas Granulométricas. ....	159
<b>Gráfico 23</b> - Curvas de Infiltração Infiltrômetro de anéis. ....	161
<b>Gráfico 24</b> - Curvas de escoamento e infiltração simulador de chuvas.....	162
<b>Gráfico 25</b> - Comparação infiltração simulador de chuva e infiltrômetro de inundação. ....	163
<b>Gráfico 26</b> - Perdas de água por evaporação .....	163
<b>Gráfico 27</b> - Curvas Granulométricas. ....	169
<b>Gráfico 28</b> - Curvas de Infiltração Infiltrômetro de anéis. ....	170
<b>Gráfico 29</b> - Curvas de escoamento e infiltração simulador de chuvas.....	171
<b>Gráfico 30</b> - Comparação infiltração simulador de chuvas e Infiltrômetro de inundação.....	172
<b>Gráfico 31</b> - Curvas de perda de água por evaporação.....	173
<b>Gráfico 32</b> - Dinâmica de infiltração da água de geoambientes presentes em vertentes do Chapadão do Diamante – Serra da Canastra – MG, utilizando infiltrômetro de inundação. ....	178
<b>Gráfico 33</b> - Dinâmica de escoamento superficial de água de geoambientes presentes em vertentes do Chapadão do Diamante – Serra da Canastra – MG, utilizando infiltrômetro de aspersão (simulador de chuvas).....	180

## **Resumo:**

As diferentes paisagens expressas ao longo do globo são resultantes das relações processuais dos elementos endógenos e exógenos dos sistemas naturais, destacando-se dentre estes a água, a qual possui capacidade de promover a interconectividade dos componentes paisagísticos. Através do estudo de seu movimento, informações relevantes sobre o funcionamento e gênese dos ambientes podem ser identificadas. Neste sentido, objetiva-se com este trabalho a compreensão hidrogeomorfológica de diferentes geocoberturas presentes em vertentes do Chapadão do Diamante (Parque Nacional da Serra da Canastra – MG), de maneira a produzir-se um estudo paisagístico integrado com capacidade de revelar informações de gênese e funcionamento. Para tal, utilizou-se para prospecção de dados dois modelos de infiltrômetros, sendo um de inundação e outro de aspersão, o qual foi calibrado para reproduzir chuvas de alta intensidade semelhantes às ocorrentes na região. O estudo revelou que os distintos ambientes expressos ao longo das vertentes exibiram baixos valores escoados superficialmente e altos volumes infiltrados, de maneira a apresentar velocidades de infiltração básica muito acima das consideradas como muito altas. A presença da água auxiliou na estratificação dos ambientes no tempo, alterando seus elementos fisiográficos através da regulação de processos químicos e físicos, influenciando processos de erosão, deposição, pedogênese e distribuição biológica.

**Palavras Chave:** Dinâmica hídrica de vertentes; Funcionamento paisagístico; Movimento da água; Infiltrômetro; Simulador de chuvas;

## **Summary:**

The different landscapes expressed throughout the globe are the result of the procedural relationships of the endogenous and exogenous elements of natural systems, with water standing out among these, which has the capacity to promote the interconnectivity of the landscape components. Through the study of its movement, relevant information about the functioning and genesis of environments can be identified. In this sense, the objective of this work is the hydrogeomorphological understanding of different geocoverages present in the slopes of Chapadão do Diamante (National Park of Serra da Canastra - MG), in order to produce an integrated landscape study with the capacity to reveal information on the genesis and functioning. For this purpose, two models of infiltrometers were used for data mining, one for flooding and the other for sprinkling, which was calibrated to reproduce high-intensity rainfall similar to that occurring in the region. The study revealed that the different environments expressed along the slopes exhibited low superficially drained values and high infiltrated volumes, in order to present basic infiltration velocities far above those considered as very high. The presence of water helped in the stratification of environments over time, altering their physiographic elements through the regulation of chemical and physical processes, influencing processes of erosion, deposition, pedogenesis and biological distribution.

**Keywords:** Water dynamics of slopes; Landscape operation; Water movement; Infiltrometer; Rain simulator;

# CAPÍTULO I



INTRODUÇÃO

## 1 INTRODUÇÃO

As distintas paisagens produzidas ao longo do globo podem ser compreendidas como produto direto da interação entre as variáveis geológicas, geomorfológicas, pedológicas, climáticas, biológicas e antrópicas (SOTCHAVA, 1978; LEPSCH, 2011), sendo resultantes das especificidades presentes nos locais as quais se inserem.

Os processos envolvidos em suas transformações se efetivam através de significativa complexidade, reflexos de um ambiente sistêmico e das distintas formas que suas partes interagem, não somente no presente, mas também em tempos passados (TRICART, 1977), sendo compreendidas como heranças de tempos pretéritos, os quais culminaram nas condições atuais (AB'SÁBER, 2003).

Seu entendimento deve ser realizado de forma conjunta, através da análise dos elementos que as constituem (BERTRAND, 1968). Entretanto, dentre os elementos paisagísticos, nota-se um que possui capacidade de promover a interconectividade dos demais componentes: a água.

Importante agente no transporte de massa e energia (WOOD, 2002), a água em seu ciclo global adiciona, transforma e realoca elementos, desencadeando processos físicos e químicos, com respaldo em fatores biológicos, se tornando um elemento capaz de imprimir características próprias ao meio (CHOW, MAIDMENT e MAYS, 1988; OKI, 1999; CHAPLIN, 2001; ARTUR et al., 2014; EHLERS e GOSS, 2016; WESTALL e BRACK, 2018).

Deste modo, a compreensão da dinâmica da água mostra-se importante para o entendimento do funcionamento paisagístico, visto que seu movimento reverbera nos demais constituintes do sistema, possuindo caráter de gênese e conexão dos processos (RIBEIRO et al., 2013; TRICART, 1977).

Oceanos representam o maior estoque de água da Terra, restando uma pequena parcela distribuída entre água presente em rios, lagos, subterrânea e atmosférica (EHLERS e GOSS, 2016), estando os processos continentais dependes principalmente do ciclo global da água.

Sua principal entrada nos sistemas terrestres ocorre por meio das chuvas (MELLO e VIOLA, 2013), e, a partir de sua disponibilidade, os processos dependentes passam a ocorrer. Em superfície, seu movimento é regulado de forma conjunta pelas características dos elementos geomorfológicos, pedológicos, litológicos e biológicos, os quais exibem processos que alteram e são alterados pela ação do componente hídrico.



Compreender as formas de entrada da água e como se efetiva sua interação com os demais elementos dos sistemas permite-se gerar informações relevantes sobre a dinâmica dos ambientes, expondo dados de comportamento, mobilização e gênese dos processos. Seu entendimento pode auxiliar no desenvolvimento e adoção de medidas de manejo e de planejamento mais assertivas, adotadas com fins de proteção de mananciais, segurança hídrica, conservação de elementos geomorfológicos, pedológicos, bióticos e turísticos.

Por meio do estudo de um componente interconectivo como a água, possibilita-se revelar como se efetiva o funcionamento paisagístico local, de maneira a exibir os processos atuantes no presente assim como ocorrentes no passado, gerando informações para assimilar os processos evolutivos das áreas em questão, de maneira a permitir prever situações por meio da construção de cenários futuros.

Neste contexto, o Parque Nacional da Serra da Canastra consolida-se como uma área de preservação de relevância ambiental e antrópica, sendo refúgio para diversas espécies de plantas e animais, estruturando em seu interior nascentes de duas grandes e estratégicas bacias hidrográficas do território brasileiro, a bacia hidrográfica do Rio São Francisco e bacia hidrográfica do Rio Paraná.

Visto isto, torna-se importante compreender os processos e fatores envolvidos na dinâmica hídrica paisagística de vertentes no interior do parque, de forma a produzir um estudo integrado, abarcando seus diferentes constituintes, como: geológicos, geomorfológicos, pedológicos, climáticos e bióticos, de maneira a compreender como os mesmos interagem entre si e com o movimento da água.

Tal dinâmica promoverá um ambiente apropriado para compreender como as singularidades paisagísticas influenciam no movimento de infiltração, armazenamento e perdas de água por escoamento, permitindo compreender como esta dinâmica condiciona transformações nos ambientes, fomentando o levantamento de dados para futura utilização no desenvolvimento e adoção de medidas de manejo e planejamento mais eficientes, contribuindo para garantir sua sustentabilidade assim como a perenidade de seus ambientes.

## **1.1 PROBLEMÁTICA**

O Parque Nacional da Serra da Canastra consolida-se como uma área de preservação, refúgio para diversas espécies de plantas e animais, estabelecendo em seu interior áreas de cabeceiras de drenagem de grandes e importantes bacias hidrográficas do território nacional (Bacia hidrográfica do Rio São Francisco) e internacional (bacia hidrográfica do Prata).

Apesar da sua relevância ambiental, social, cultural e econômica, são escassos os registros de estudos em seu interior que visam compreender o comportamento dinâmico da água em suas vertentes. A falta de dados sobre esta dinâmica impede não somente a identificação e compreensão dos processos diretamente envolvidos, mas também reverbera em estudos derivados, gerando lacunas de informações em pesquisas de caráter geológico, hidrológico, geomorfológico, faunístico e florístico.

Sem a compreensão do movimento da água não se torna possível determinar as taxas de deflúvio superficial e subsuperficial, o balanço de água na zona das raízes, as taxas de recarga da água subterrânea, entender a dinâmica de seus corpos hídricos, compreender a distribuição da fauna e flora, assim como os processos de gênese e degradação dos solos.

Além disso, o parque atualmente não se encontra totalmente consolidado, havendo áreas a serem incorporadas em seu território. A exposição de dados relativos à dinâmica hídrica de vertentes em seu interior além de fomentar a importância da preservação de suas áreas atuais também poderá contribuir para o andamento da incorporação de novas áreas.

## **1.2 HIPÓTESE**

Poderiam as diferentes geocoberturas que se distribuem sobre o Chapadão do Diamante (Serra da Canastra) exercer distintas formas de controle sobre o componente hídrico, de maneira a influenciar nos processos de infiltração, escoamento superficial e armazenamento da água, podendo refletir nos hábitos de vida e distribuição e distribuição da fauna e flora dos ambientes.

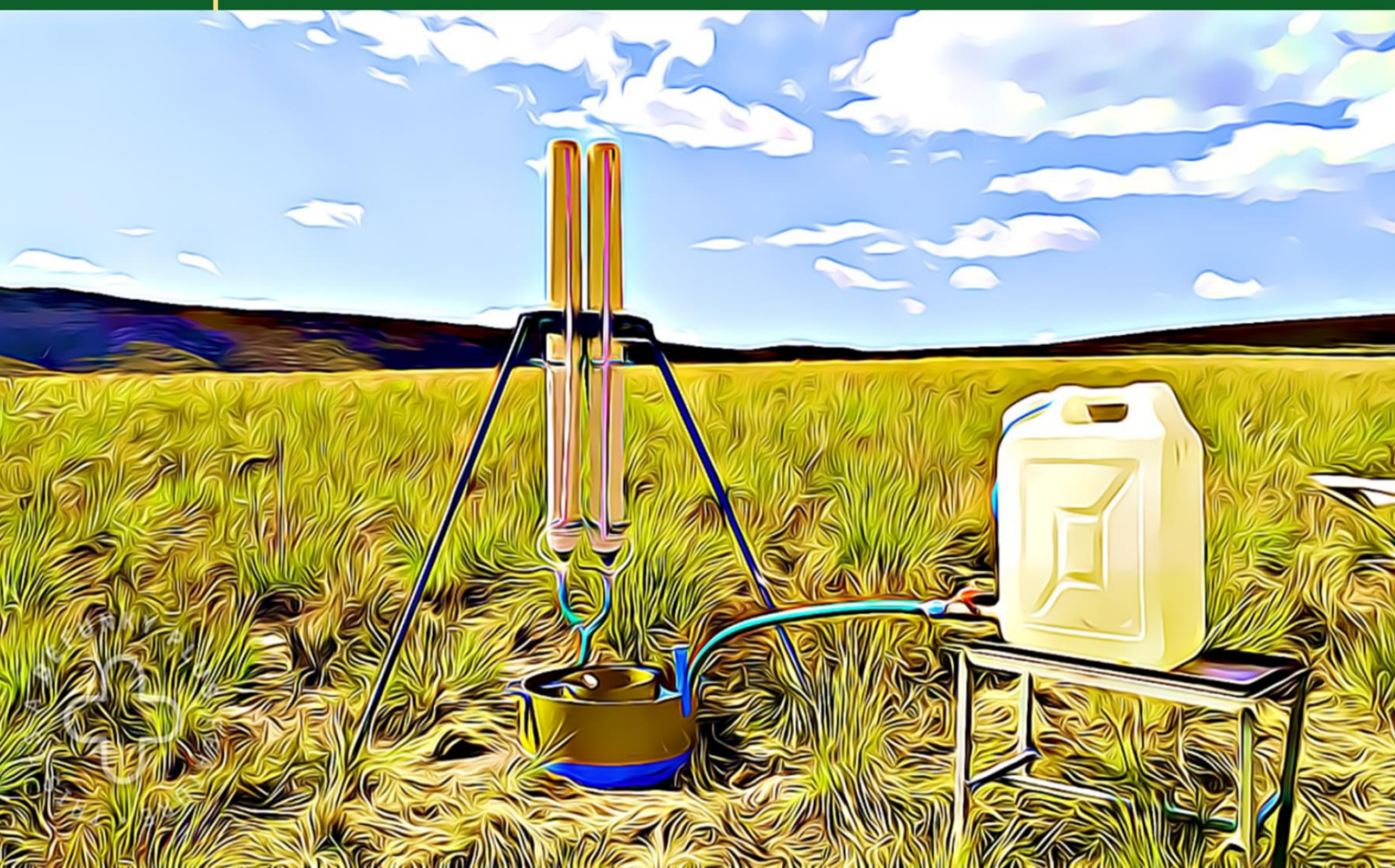
### **1.3 OBJETIVO GERAL**

Este trabalho tem por objetivo compreender como diferentes geocoberturas inseridas no Chapadão do Diamante - Parque Nacional da Serra da Canastra influem na dinâmica hidrogeomorfológica de seus ambientes, produzindo-se um estudo integrado de maneira para viabilizar o conhecimento da dinâmica paisagística das vertentes em que se inserem.

### **1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Identificar se distintos modelos de infiltrômetros possuem a capacidade de expor dados representativos sobre a dinâmica hidrogeomorfológica dos ambientes de análise;
- Compreender como diferentes geocoberturas do chapadão do diamante influenciam nas taxas infiltradas e escoadas;
- Analisar como aspectos bióticos e abióticos das geocoberturas influem na dinâmica hidrogeomorfológica das áreas;
- Compreender como cada geocobertura influi na dinâmica hidrogeomorfológica paisagística geral.

# CAPÍTULO II



FUNDAMENTAÇÃO  
TEÓRICA

## **2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

O texto a seguir apresenta informações que visam auxiliar a compreensão da dinâmica hídrica em vertentes. Para tal, divide-se em duas grandes partes. A primeira exhibe os principais elementos capazes de produzir alterações no movimento da água e a segunda expõe diferentes métodos para análise e compreensão deste movimento.

### **2.1 COMPORTAMENTO HIDROLÓGICO PAISAGÍSTICO**

A água se mostra como elemento de grande relevância para o meio, sua presença é fator de controle na ocorrência e velocidade de processos físicos, químicos e biológicos (OKI, 1999; GATIBONII et al., 2003; TUNDISI e TUNDISI, 2011), alterando elementos abióticos e permitindo o crescimento e distribuição das mais distintas formas de vida (BRUNI, 1993; BECERRA et al. 2003).

Vários são os fatores que interferem no comportamento hidrológico paisagístico, sendo produto de um ambiente sistêmico, reflexo da interação entre o clima, relevo, solos, rochas, plantas e animais, incluindo o homem (BERTRAND, 2004; SCANLON et al., 2005), cada qual exercendo de forma individual controle sobre o componente hídrico (TUNDISI, 2003; LIMA, 2008; TANG e OKI, 2016).

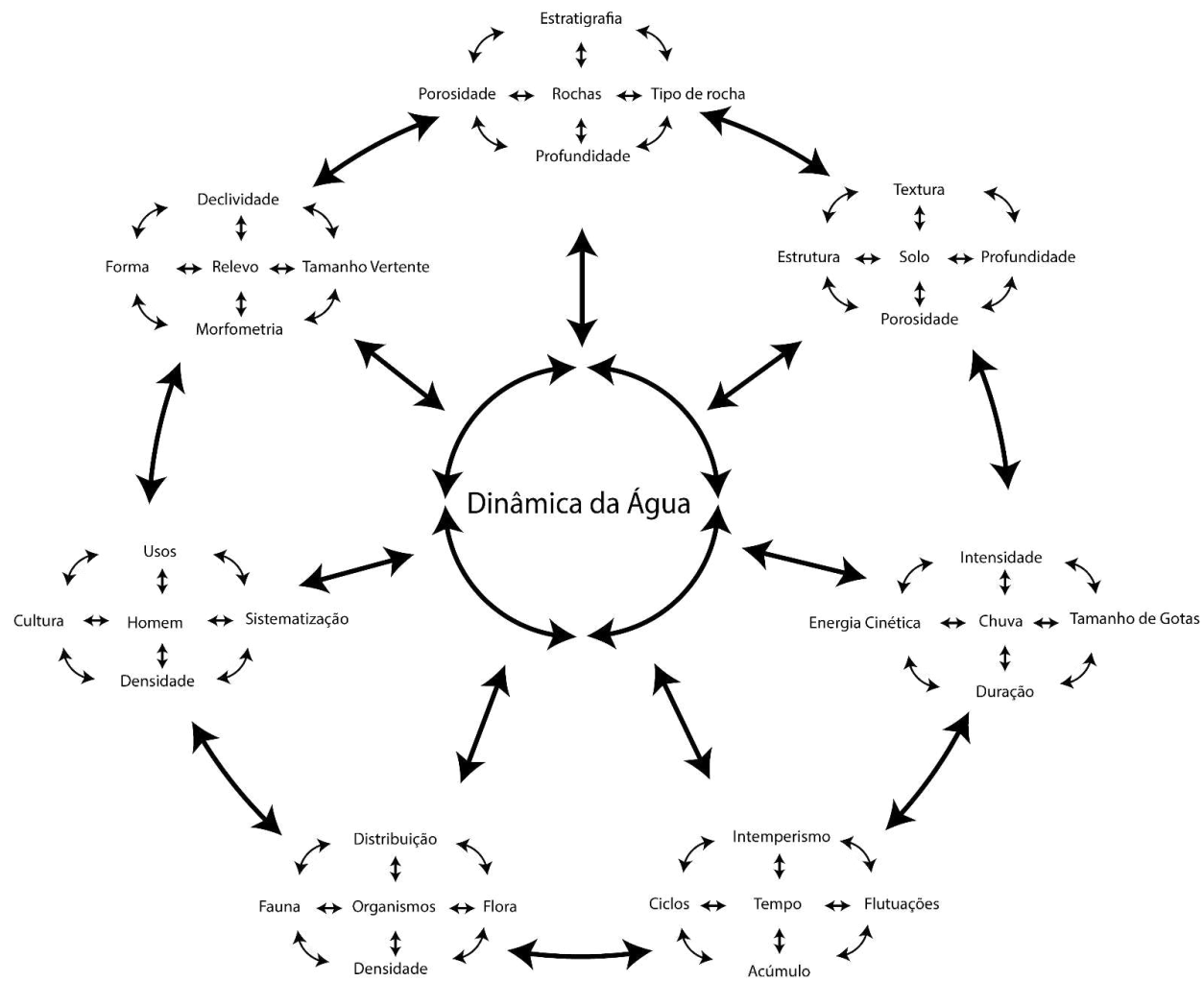
O monitoramento dos constituintes presentes no ciclo hidrológico é, portanto, fundamental para o entendimento dos processos que ocorrem no sistema, visto que apresentam variabilidade espacial e temporal, seja em ocorrência e/ou propriedades (BRITTO et al., 2019).

A interação entre os fluxos de água e os demais componentes condicionam o balanço hídrico geral, interferindo nos processos hidrológicos e regulando os volumes de entrada, permanência e saída da água, como: precipitados, escoados superficialmente, escoados subsuperficialmente, infiltrados, percolados, retidos e evaporados (GOOD et al., 2015).

Na medida em que a circulação da água ocorre, seu movimento também passa a alterar os constituintes que regulam sua mobilidade (TAN, 1998; FARIAS, 2012). Por meio do transporte, remoção e adição de substâncias, a água realiza a reorganização espacial dos elementos, induzindo em futuras transformações na dinâmica geral, num movimento contínuo (FIGURA 1).



Figura 1- Fatores que contribuem para o movimento da água e como interrelacionam-se entre si.



Fonte: Autor

Os componentes dos sistemas apresentam características próprias que são variáveis, induzindo a ocorrência de diferentes formas de movimento da água, onde, cada componente também é influenciado pelos demais, exibindo uma teia de relações entre os constituintes paisagísticos (FIGURA 1). Deste modo, o movimento da água é regido pelos diversos elementos do sistema, e, ao ocorrer, os modifica, de maneira a alterar os ciclos anteriormente estabelecidos, conferindo alterações pontuais que se refletem em modificações sistêmicas.

Partindo disto, serão apresentados a seguir os principais condicionantes do movimento da água em vertentes, de maneira a expor como a variação das características dos constituintes podem interferir nas formas de comportamento dos fluxos de água.

## **2.2 FATORES INTERVENIENTES DO MOVIMENTO DA ÁGUA EM VERTENTES**

### **2.3 INTENSIDADE E FREQUÊNCIA DAS PRECIPITAÇÕES**

O clima se configura como principal agente regulador da distribuição da água no planeta, controlando o componente hídrico em sua disponibilização, através da oferta de água e energia (TUNDISI, 2003). A dinâmica climática reflete diretamente nas características da principal fonte de entrada de água nos sistemas continentais, a chuva (MELLO e VIOLA, 2013).

Os aspectos climatogenéticos influenciam nos volumes, sazonalidade, espacialidade e temporalidade das precipitações, alterando seus atributos e imprimindo características próprias para cada evento chuvoso (GARCIA, 1985). A ampla variabilidade das características das precipitações, por sua vez reflete nas formas de movimento da água em superfície e subsuperfície, favorecendo a formação de movimentos horizontais e/ou verticais da água no solo, como a infiltração e escoamento por fluxos superficiais (BESKOW et al., 2009).

Características como total precipitado, intensidade, padrão e tempo, alteram-se entre precipitações e ao longo das mesmas (MORETI et al., 2003; BAZZANO, 2010). Precipitações de mesmo volume podem apresentar formas distintas de movimento da água no solo, visto que, um elevado volume precipitado quando bem distribuído pode resultar na menor formação de fluxos superficiais de água, se comparado em condições ambientais semelhantes, a menores volumes com intensidades maiores (PRUSKI, 2006).

O padrão hidrológico das precipitações também repercute nesta dinâmica, sendo caracterizado pela localização do pico de maior intensidade dentro da própria

pluviosidade, seja no início (primeiro terço), meio (segundo terço) ou fim (terceiro terço) do período de duração da chuva, influenciando nas taxas de escoamento e infiltração (HORNER e JENS, 1942; CASSOL et al., 2008; SANTOS e MONTENEGRO, 2012).

Sob mesmas condições de volumes precipitado, intensidade, pico e duração, chuvas de padrão hidrológico atrasado possuem capacidade de produzir maiores volumes escoados (CASSOL et al., 2008), pois um volume de água mais acentuado é adicionado ao solo justamente quando se encontra mais saturado.

Sendo assim, precipitações anteriores também interferem no movimento da água em superfície. Volumes já precipitados alteram as condições de saturação do solo (SPOHR et al., 2009), chuvas de baixa intensidade quando precedidas de outras precipitações podem gerar fluxos escoados maiores quando comparado às precipitações anteriores de maior intensidade.

Diante disso, as precipitações apresentam formas distintas de entrada de água nos sistemas, repercutindo diretamente no movimento da água, onde sua presença estratifica sistemas hidrográficos (LEPSCH, 2010), influi em processos pedogenéticos e mecanismos de formação dos relevos (PENTEADO, 1980), regula espaços fitogeográficos (AB'SÁBER, 1970) e conseqüentemente, interfere na exploração biológica (BRAIDO e TOMMASELLI, 2010).

### **2.3.1 INFILTRAÇÃO DA ÁGUA NO SOLO**

A infiltração se caracteriza pelo movimento de passagem da água entre a superfície e o interior do solo (COSTA et al., 1999; BRANDÃO et al., 2009). É dada pelo transpasse da água por entre as partículas superficiais até camadas mais profundas do perfil, sendo estimada pela quantidade de água que atravessa uma unidade de área da superfície por unidade de tempo (PANACHUKI, 2003).

O processo de infiltração e sua subsequente redistribuição de água no subsolo são dois processos que afetam o balanço hídrico do solo (MORBIDELLI et al., 2011, RAHMATI et al., 2018), os quais influenciam no armazenamento e disponibilidade de água para as plantas e nascentes, atividade microbiana, taxas de erosão, intemperismo físico e químico, troca térmica e gasosa entre o solo e a atmosfera (CAMPBELL, 1985).

Vários são os fatores que influem neste movimento, estando associado aos atributos do solo, características das chuvas, umidade antecedente à chuva, cobertura

vegetal, atividade biológica, rugosidade superficial, declividade e usos (REICHERT et al., 1992).

Ao longo das precipitações as taxas de infiltração passam a decrescer com o preenchimento gradativo dos poros do solo por água, reduzindo-se até exibir um valor constante, intitulado de infiltração estável ou velocidade de infiltração básica (VIB) (LIBARDI, 1995).

A água que não se infiltra é escoada sobre a superfície do solo e conduzida à outras localidades, a qual ainda pode se infiltrar, incorporar-se a cursos d'água e/ou evaporar-se. Deste modo, a gênese do escoamento superficial está intimamente ligada ao processo de infiltração, podendo ser compreendido por dois mecanismos principais (RAHMATI et al., 2018), seja pela saturação do solo, a qual decresce sua capacidade de infiltração, e/ou pelo excesso de água, onde o volume disposto sobre o solo excede sua velocidade de infiltração, ainda que o mesmo se apresente insaturado (HILLEL, 2013).

Dentre os fatores que influem na formação dos fluxos superficiais de água destacam-se os fatores fisiógrafos, como: tamanho e forma da área; topografia; declividade; cobertura vegetal e propriedades dos solos; assim como aspectos climáticos, como: distribuição das chuvas; intensidade; duração e precipitações antecedentes.

### **2.3.2 CARACTERÍSTICAS DAS VERTENTES**

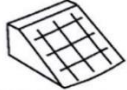




Grande parte da superfície terrestre é formada por vertentes, caracterizadas como superfícies inclinadas em relação à horizontal, conferindo um gradiente altimétrico com direção e/ou orientação no espaço (VELOSO, 2009). Mesmo que modesta, quando aliada a forças gravitacionais a inclinação confere movimento aos elementos físicos e biológicos presentes nas vertentes, produzindo uma dinâmica entre seus constituintes.

Neste contexto, a água se destaca por sua rápida e constante locomoção no meio, interagindo com elementos litológicos, pedológicos, geomorfológicos e biológicos menos móveis, tornando-se um elemento conectivo (VELOSO, 2009), contextualizando relações processuais.

No solo, o movimento da água se efetiva em duas direções, sendo: movimento perpendicular, caracterizado pela infiltração e percolação; e o movimento paralelo, expresso pelo escoamento superficial (CASSETI, 1983). Deste modo, a água movimentar-se verticalmente e horizontalmente, por meio da ação gravitacional e capilar (UHDE, 2009).

Diversos são os elementos capazes de influenciar na dinâmica hídrica das vertentes (MAGALHÃES, 2017). Partindo de seus elementos inerentes, as mesmas não devem ser tratadas como formas de relevo bidimensionais (DYLIK, 1968), pois a direção e orientação dos fluxos presentes em seu interior não se dão de formas únicas, sendo condicionados por suas variações espaciais tridimensionais, influenciando nos processos de coleta e distribuição de água ao longo de sua superfície e subsuperfície (TROEH, 1965) (FIGURA 2).

**Figura 2** - Tipos de vertentes e suas repercussões na condução dos fluxos superficiais.

TIPO DE TALUDE	SUPERFÍCIE	CONDIÇÃO DA ENCOSTA COM RELAÇÃO À ÁGUA SUPERFICIAL
	Plana	-
	Convexa	Coletora
		Difusora
	Côncava	Coletora
		Difusora

**Fonte:** Troeh (1965).

Uma vertente pode apresentar um padrão geométrico que varia entre retilíneo, côncavo e convexo (TROEH, 1965; RUHE e WALKER, 1968; HUGGETT, 1975; COLÂNGELO, 1996). Entretanto, ao realizar uma observação mais detalhada de sua superfície, nota-se que as vertentes são constituídas por grande variabilidade de graus de curvaturas, se tornando um mosaico de formas, combinadas em diversos arranjos (SOPCHAKI e SAMPAIO, 2013).

Fatores como forma, comprimento e declividade exercem influência na dinâmica hídrica de cada vertente, atuando na interceptação da água provinda das chuvas e sua posterior redistribuição ao longo de sua superfície e subsuperfície (SANTOS e LEMES, 2007), de modo a disponibilizar ambientes capazes de concentrar ou não os fluxos (CUNHA, 1991), ofertando condições para mobilidade da água, seja para escoar-se ou infiltrar-se no solo.

No geral, vertentes côncavas e com maior gradiente de inclinação tendem a concentrar os volumes de água precipitada, gerando fluxos superficiais de maneira mais

acelerada e com maior energia cinética, desfavorecendo o processo de infiltração no solo (VITTE e MELLO, 2007).

Diferentes segmentos das vertentes também condicionam o movimento da água de distintas maneiras. Segmentos que se aproximam das partes mais próximas ao topo exibem menores volumes escoados quando comparados às partes mais inferiores do terreno (BERTONI e LOMBARDI, 1990), pois nestas porções os volumes se caracterizam pelo somatório dos fluxos produzidos em porções mais elevadas.

Sendo assim, vertentes apresentam-se como elementos tridimensionais, modeladas pelos processos de gênese e denudação, atuantes tanto no passado como no presente, representando a conexão dinâmica de seus constituintes alocados entre o interflúvio e o fundo do vale (DYLIK, 1968), ofertando movimento a água e demais integrantes do sistema.

### **2.3.3 LITOLOGIA E ESTRUTURA ROCHOSA**

As rochas controlam o componente hídrico em sua retenção, armazenamento e disponibilidade (HAGY, 2009). Os variados tipos de rochas existentes se caracterizam por suas propriedades heterogêneas, as quais exercem influências distintas no movimento da água.

A porosidade e a permeabilidade se destacam como propriedades das rochas capazes de influenciar na dinâmica hídrica, interferindo na forma, velocidade e espacialidade do movimento da água (PITTMAN, 1979; SUGUIO, 2003). A porosidade de um meio rochoso é representada pelo percentual de volume ocupado por espaços vazios, sendo a permeabilidade caracterizada pela transmissão do meio e a interconexão dos poros (SOUSA, 2013). Quando maior a porosidade e a permeabilidade, maior facilidade de movimento para o fluido o meio ofertará (ZIMMERMAN et al., 1991).

As rochas exibem dois tipos básicos de porosidade, a porosidade da matriz e a porosidade de fraturas ou fissuras (BERRYMAN e WANG, 2000). A primeira é reflexo do arranjo dos materiais constituintes de cada rocha, se caracterizando como porosidade primária, responsável pelo armazenamento do fluido (SELLEY, 2000). Já a segunda, apesar de apresentar menor capacidade de armazenamento, constitui-se como rota de alta permeabilidade para percolação dos fluxos dentro dos reservatórios (BARENBLATT et al., 1960). Sendo assim, a porosidade efetiva das rochas pode ser

compreendida como a relação entre o volume de poros interconectados e o volume total expresso pelo meio.

No geral, rochas maciças e que não apresentam fraturas, dificultam a infiltração da água e sua percolação no perfil (PRESS et al., 2006), favorecendo a formação de fluxos superficiais horizontais frente à volumes precipitados. Ao contrário disto, rochas de maior porosidade e/ou que apresentam fraturamentos, permitem o movimento vertical da água, através de espaços vazios presentes entre seus clastos, planos de estratificação e/ou fraturas, favorecendo a infiltração de maiores volumes precipitados (KARMANN, 2000; PRESS et al., 2006).

Cada classe de rocha possui características de porosidade inerentes aos processos de sua gênese (WINCANDER et al., 2009), sendo dispostas em ambientes naturais de maneira sobreposta, em um arcabouço estratigráfico que varia verticalmente e horizontalmente (LEINZ e AMARAL, 2003; OLIVEIRA e CAMPOS, 2004), expondo ao longo do perfil vertical e longitudinal controle heterogêneo sobre o componente hídrico, a variar de acordo com as propriedades de cada camada (Quadro 1).

**Quadro 1-** Porosidade de diferentes tipos de rochas.

Porosity properties of some rock fragements			
Source	Property	Material	Magnitude %
Coile (1953)	Saturated water content (wt)	Igneous	5–22
		Slate	7–27
		Mixed	5–23
Hansen and Blevin (1979)	Available water content (vol)	Sandstone	11
		Shale	23
Flint and Childs (1978a)	Total porosity	Basalt	23–37
		Pumice and ash	50–60
		Tuff and breccia	40–60
		Granitic	15–20
		Metasediment	13–29

**Fonte:** Brakensiek e Rawls, 1994.

A presença de fragmentos de rocha na matriz e superfície dos solos apesar de não apresentar consenso na literatura também afetam a infiltração de água, sendo que, em alguns casos aumentam as taxas (DADKHAH e GIFFORD, 1980; SIMANTON et al., 1984) e em outros decrescem (TROMBLE et al., 1974). Isto ocorre, pois, outras variáveis também influem no sistema, como cobertura vegetal, clima e manejo (WILCOX et al., 1988).

Além disto, as rochas também se apresentam como substrato fundamental para a formação dos solos, sendo caracterizados como produto do intemperismo químico e físico das mesmas (RESENDE et. al, 2002). Solos em seu processo de formação, herdam características das rochas, as quais influenciam nas características das propriedades texturais e estruturais de cada tipo de solo, resultando em distintas formas de condução da água ao longo de seu perfil (RESENDE et. al, 2002).

#### **2.3.4 CARACTERÍSTICAS PEDOLÓGICAS**

O solo se apresenta como interseção entre a litosfera, biosfera, atmosfera e a hidrosfera, um corpo tridimensional resultante da interação dos diversos fatores que o influem, como clima, relevo, material de origem, organismos e a ação do tempo sobre os mesmos (LEPSH, 2002). A combinação destes elementos produz a formação de diferentes tipos de solos, com características que variam em escalas continentais, locais e pontuais.

Rochas e sedimentos de natureza diversa se configuram como seu substrato matriz (EMBRAPA, 2006). Por meio de processos pedogenéticos intempéricos, características são impressas ao material, alterando sua composição mineralógica, estrutural e química (RESENDE, 2002). As transformações são conduzidas de formas distintas ao longo do perfil vertical e horizontal (EMBRAPA, 2006), produzindo um contraste entre os solos e seus substratos de origem (VIEIRA, 1988).

O solo é considerado um sistema trifásico, que se divide em frações sólidas, líquidas e gasosas, constituído essencialmente por partículas minerais, de matéria orgânica, água e ar, os quais se agrupam em proporções diversas (REINERT e REICHERT, 2006).

A constituição, forma, tamanho e disposição destes elementos formam a matriz do solo, e influenciam diretamente em suas propriedades físicas, como textura, densidade e porosidade (BASTET et al., 1998; BRUAND e TESSIER, 2000; BRUAND et al., 2005), que por sua vez interferem na dinâmica da água no solo, regulando taxas de escoamento, infiltração e disponibilidade de água (DIAS JUNIOR, 2000; DEXTER et al., 2008).

A textura se caracteriza pela proporção do tamanho das partículas do solo, traduzindo-se na relação entre a areia, silte e argila, determinando a massa do solo (EMBRAPA, 1997). Diferentes classes texturais influenciam na dinâmica de adesão e

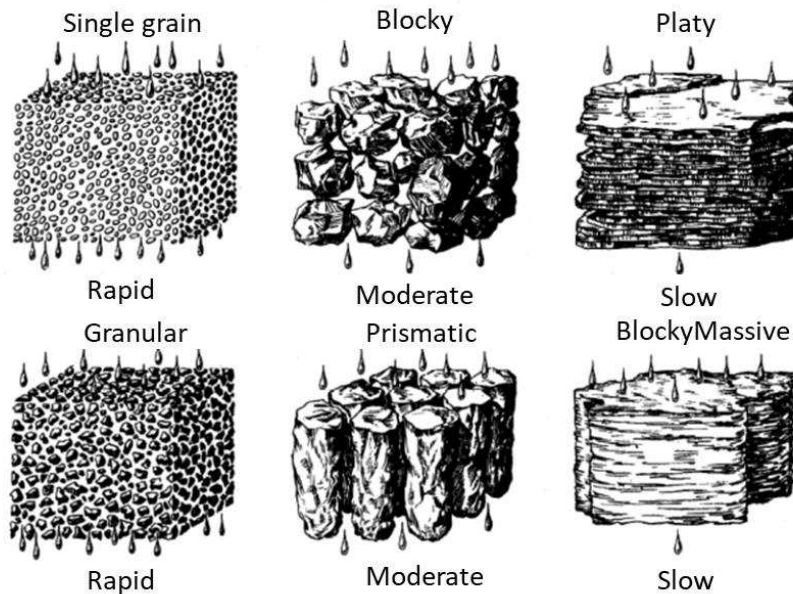


coesão de suas partículas, repercutindo na resistência a erosão, penetração de raízes, movimento da água, ciclagem de nutrientes e capacidade de trocar cátions – CTC (ZHAO et al., 2015; HE et al., 2014; CENTENO et al., 2017).

O arranjo destas partículas ao longo do perfil gera a densidade e estrutura do solo (KLEN et. al, 2010). A densidade do solo ( $D_s$ ) relaciona-se com a estrutura e a porosidade, uma vez que esta é função do arranjo e orientação das partículas do solo, assim como da quantidade e geometria de seus espaços porosos (AGUIAR, 2008).

A estrutura é influenciada pelo tamanho, disposição e geometria das partículas, que se diferem quanto à forma, comprimento, largura e tortuosidade. Ao estruturarem-se no solo, as partículas fundamentam a porosidade (MARQUES, 2000), a qual corresponde ao espaço de ocorrência dos processos dinâmicos envolvendo o material mineral, orgânico, água e o ar (RIBEIRO, 2007), regulando os fluxos de água dentro do perfil do solo (FIGURA 3).

**Figura 3** - Classes estruturais primárias do solo e respectivos repercussões no movimento da água.



**Fonte:** Easton e Bock (2016).

A porosidade apresenta-se como a porção dinâmica do solo, pois através dos espaços vazios, a água e o ar têm capacidade de movimentação, solubilizando elementos e distribuindo-os ao longo do perfil (HILLEL, 1970). Interferindo na aeração, ramificação de raízes, condução, retenção e disponibilidade da água (LETEY, 1985; TOGNON, 1991; REZENDE, 1997).

Poros podem ser classificados em diferentes classes de tamanho, subdivididos entre macroporos ( $>0,06$  mm) e microporos ( $<0,06$  mm) (KIEHL, 1979). As diferentes dimensões dos poros exercem papel de controle sobre a água, sendo os microporos responsáveis por sua retenção, através de forças de capilaridade existentes entre as partículas. Já os macroporos estão intimamente ligados a aeração do solo e drenagem da água, apresentando forças menores de adsorção entre as partículas, permitindo a movimentação mais acelerada da água no perfil (BRADY, 1979).

A distribuição dos poros ao longo da matriz do solo desempenha papel fundamental no movimento da água, de forma a condicionar o comportamento dos fluxos e determinar a evolução espacial e temporal dos processos, como a infiltração e percolação, refletindo nas taxas escoadas superficialmente e erodidas (RIBEIRO et. al, 2007).

Sendo assim, ao interagir com as propriedades dos solos, a água tem sua mobilidade condicionada por suas características, influenciando nos processos de infiltração, retenção e armazenamento, assim como sua disponibilidade para o meio e organismos (SILVA et. al, 2003).

### **2.3.5 CARACTERÍSTICAS DA COBERTURA VEGETAL**

A cobertura vegetal influi diretamente na dinâmica da água, por meio de sua morfologia estrutural, hábitos de crescimento, extratos vegetativos e composição de plantas a vegetação exerce papel de controle dos fluxos em superfície e subsuperfície, intervindo em processos de armazenamento, produção, qualidade, retirada e disponibilidade de água (CHENG, 1989; GUSTARD e WESSELINK, 1993; KLEIN C e KLEIN V, 2014).

Em superfície, os volumes precipitados são interceptados pela cobertura foliar, reduzindo a energia cinética das gotas (SILVA et al., 2005). Parte da água que atingiria o solo diretamente é absorvida temporariamente pela vegetação, sendo redistribuída em água que cai livre no solo, água que escoar por folhas e troncos e a água que evapora, voltando assim para a atmosfera (RESENDE et al, 1995).

A redistribuição da água interceptada ao longo dos estratos vegetativos promove a concentração ou dispersão dos fluxos precipitados, refletindo em alterações na erosividade e por consequência modificando as taxas de infiltração e perdas de água e solo (TRICART, 1977; CALUX e THOMAZ, 2013; CONFESSOR, 2019).

Por meio da presença de troncos, queda de folhas, galhos e raízes superficiais a vegetação gera rugosidades no terreno, as quais caracterizam-se como barreiras capazes de reduzir a cinética do escoamento superficial (EDDY et. al, 1999), diminuindo a velocidade dos fluxos e permitindo a formação de ambientes propícios ao movimento descendente da água, como a infiltração (TRICART, 1977).

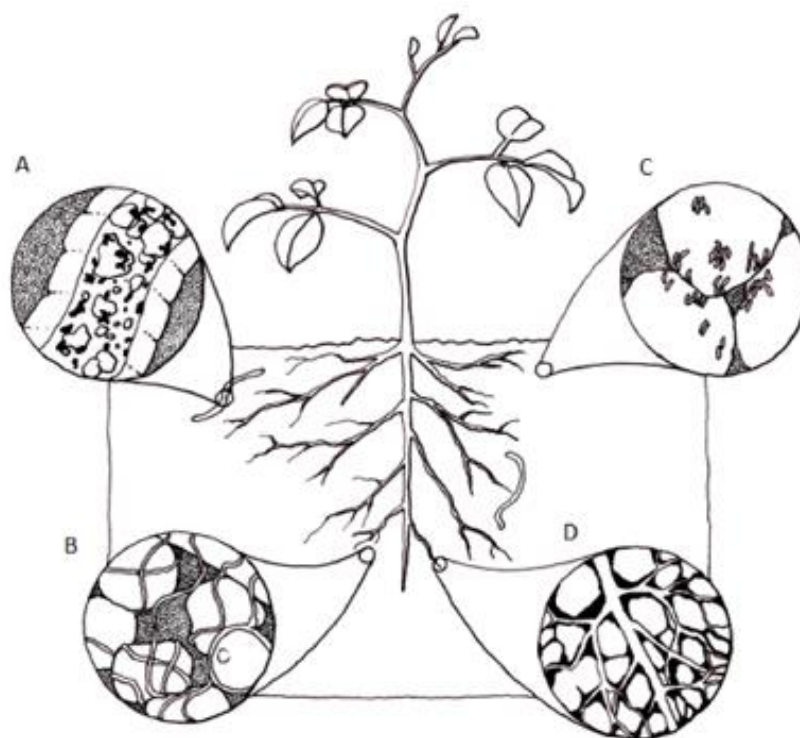
Abaixo da superfície a vegetação utiliza-se de raízes para fixação e prospecção de água e nutrientes (SOUZA FILHO et al., 2000; SANTOS et al., 2005). Cada espécie possui sistema radicular vinculado à sua própria necessidade, expondo diferentes densidades, calibres, hábitos de crescimentos e profundidades (VIEIRA et al., 2019).

No geral, as raízes iniciam-se como finos capilares que penetram no solo por entre seus poros, e, à medida que crescem, aumentam sua espessura, gerando movimento entre as partículas (BRANDÃO e SILVA, 2012). A ação do sistema radicular exerce pressões em diferentes direções, entrelaçando pequenos torrões e, conseqüentemente, formando estruturas maiores (SALTON e TOMAZI, 2014).

Além da ação mecânica, as raízes também promovem a estruturação do solo por meio dos produtos exsudados em seus processos fisiológicos e resultantes do metabolismo da microflora da rizosfera (SALTON e TOMAZI, 2014), onde os efeitos da extração de água e secas também contribuem na formação dos agregados (ALLISON, 1967).

A ação das raízes associadas a hifas de fungos produz microagregados temporários de partículas finas, por serem ligantes temporários, ao se decomporem-se, formam fragmentos recobertos por mucilagens e incrustados de argilas, dando origem a novos agregados mais permanentes (OADES, 1984; JULIO et al., 2009), podendo esta ação ser exponenciada pela fauna do solo. (FIGURA 4).

**Figura 4** - Contribuição dos organismos para formação de agregados de solo. Anelídeos unindo partículas minerais do solo e matéria orgânica em seu trato intestinal (a), fungos micorrízicos arbusculares com produção de glomalina (b), bactérias com exopolissacarídeo (c), e plantas, por ação física das raízes e seus exsudatos (d).



**Fonte:** Cardoso et al.,2013).

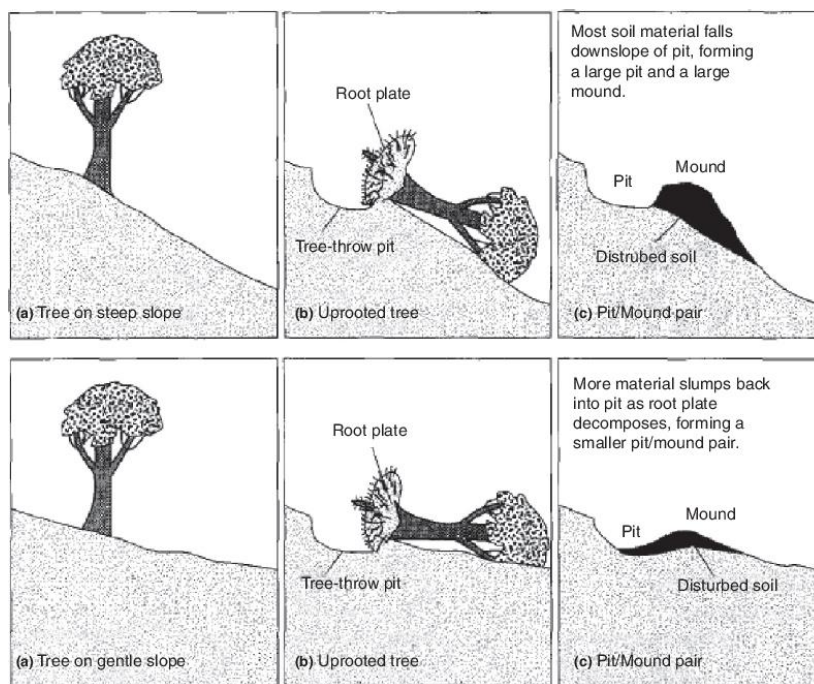
A eventual morte e mineralização das raízes produz espaços vazios no solo, caracterizados como bioporos (LIMA et al., 2005), tornando-se caminhos preferenciais para água (BERTONI e LOMBARDI NETO, 2010). Estes tuneis ao longo do tempo podem ser preenchidos com material orgânico e/ou mineral de calibre divergente da matriz do solo, originando um ambiente com diferentes potenciais de infiltração e retenção de água.

Mudanças mais bruscas e repentinas no solo advindas da ação das raízes podem ser observadas em processos de queda de árvores, onde o desenraizamento extrai camadas mais profundas do perfil e as acomoda sobre a superfície. Após decomposição do material orgânico, esta ação resulta em inversões pontuais de perfis, dando origem a uma microtopografia própria (SHALER, 1891; SCHAETZL e FOLLMER, 1990; EDDY et al., 1999; HARTEMINK et al. 2020), a qual contribui para no acúmulo e/ou dispersão dos fluxos de água.

Com o tempo, eventualmente o buraco produzido no ato do tombamento pode ser preenchido por um material depositante com propriedades discordantes ao sobreposto,

respaldando na alteração da condutividade hidráulica pontual no segmento de vertente (FIGURA 5).

**Figura 5** - Efeito do desenraizamento de árvores na microtopografia. Variação na inclinação gera distintas formas de estruturação de montículos e poços resultantes da queda e desenraizamento de árvores.



**Fonte:** Cliff (2013).

As plantas também utilizam da água em processos metabólicos, absorvendo-a por meio da ação das raízes e evapotranspirando-a através de estômatos presentes em suas folhas (MARIN, 2003), reduzindo a umidade do solo e liberando espaços entre seus poros, viabilizando seu futuro preenchimento em uma eventual precipitação, auxiliando nas taxas de infiltração e diminuindo os volumes escoados superficialmente (BARROS et al., 2009).

A vegetação também se efetiva como fonte protetora e subsidiária da vida no solo, ofertando alimento e abrigo para fauna edáfica (ALVES et al., 2016). Estes organismos promovem mudanças de cunho químico e físico nas propriedades dos solos, auxiliando em sua melhor estruturação e por consequência conferindo maiores taxas de infiltração da água no perfil (CORREIA e OLIVEIRA, 2005; SANTOS et al., 2016).

Sendo assim, a vegetação adiciona matéria orgânica, forma agregados, gera poros e estrutura os solos (CHENG et al., 2002; BEST et al, 2003; CALOURO, 2005). Atuando no balanço hídrico de forma a afetar a dinâmica entre o escoamento superficial e processos de infiltração (OLIVEIRA JÚNIOR e DIAS, 2005; OLIVEIRA et al., 2009).

### 2.3.6 CARACTERÍSTICAS DA PEDOFAUNA

O solo abriga uma gama variada de espécies de animais, as quais se distribuem em superfície e subsuperfície (ANDREN et al., 1994; GILLER, 1996). A diversidade de organismos vivendo nestes sistemas desempenha papéis de importância, muitas vezes únicos na circulação da matéria e conversão química (HEYWOOD, 1995).

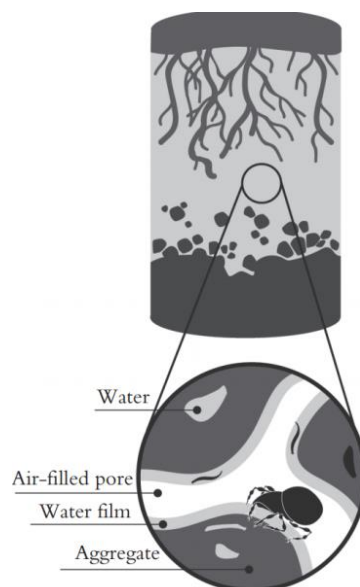
A ação da vida no solo promove a biopedoturbação (WILKINSON et al., 2009), ou seja, tem a capacidade de misturar, formar poros, modificar agregados, interferir na formação/degradação da serrapilheira, regulando os ciclos de nutrientes e da água (LOBRY e CONACHER, 1990).

O movimento de biopedoturbação gera mudanças pedogenéticas, intervindo na formação de horizontes, intemperismo de elementos, alteração textural, incorporação de materiais orgânicos e minerais (DARWIN, 1881), atuando nos valores de fertilidade e por consequência no crescimento das plantas, impactando nas formas e velocidades de movimento dos fluxos de água, refletindo em alterações nas taxas de erosão e sedimentação (MARSHALL et. al, 2009).

A biota promove um rearranjo das partículas do solo (FIGURA 6), criando diferentes tipos de poros, com tamanhos e formatos distintos (DE AQUINO e CORREIA, 2005), os quais estendem-se por consideráveis distâncias no interior do solo, produzindo uma rede de canais que permitem trocas gasosas, crescimento de raízes e propagação da vida, gerando ambientes favoráveis para que a água precipitada infiltre com maior facilidade, diminuindo os valores escoados superficialmente e aumentando a capacidade de armazenamento (TAYLOR e ASHCROFT, 1972; BEARE et al., 1995; SATO et. al, 2012).

A vida do solo pode ser classificada de acordo com o tamanho dos animais que nele vivem, sendo subdivididos entre microfauna (até 0,2mm – protozoários e nematoides), mesofauna (0,2 à 4mm – insetos menores e suas larvas), macrofauna (4 a 80 mm – minhocas, insetos) e megafauna (animais maiores que 80 mm – ratos, coelhos, tatus).

**Figura 6** - Distribuição da vida no solo, estando a maior parte da micro e mesofauna do solo está restrita aos poros existentes em sua matriz.



**Fonte:** Nielsen (2019).

A variabilidade de espécies, quantidade de indivíduos e zona de ocorrência da pedofauna é determinada por fatores, como: possibilidades nutritivas do solo, fluxo de energia e cadeias alimentares (BACHELIER, 1963). Deste modo, a pedofauna tende a se concentrar em regiões superficiais, decrescendo à medida que a profundidade aumenta (WHITFORD e ELDRIDGE, 2017).

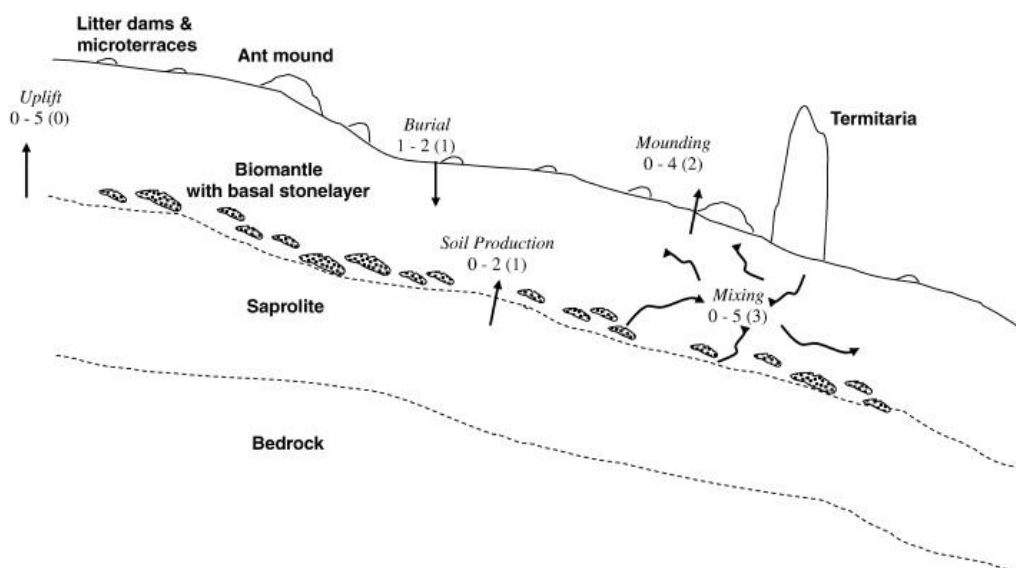
As diferentes espécies de animais utilizam-se solo de distintas maneiras, durante parte ou todo ciclo de vida, adotando-o como ambiente para prospecção de alimento, gestação e/ou abrigo (PATON et al., 1995). Isto reflete na variedade de espécies capazes de promover a biopedoturbação, englobando invertebrados como: formigas, térmitas, besouros e aracnídeos (SWIFT et al., 2010; SUTTI, 2011; GOLDONI e BRESCOVIT, 2012; KORASAKI et al., 2013); mamíferos como: Tatus, esquilos, ratos e coelhos (ANACLETO e MARINHO-FILHO, 2001; ELDRIDGE et al., 2006; DEACON, 2006; LAGARIA e YOULATOS, 2006); Aves como: Corujas (BURTON, 1973); Répteis como: Cobras, lagartos e tartarugas (CARPENTER, 1982; ALHO et al., 1982; RIBAS, 2005); Anfíbios como: sapos (ROSS et al., 1968); e Peixes como: Ciclídeos e Bagres (FINK e FINK, 1978; ISHIMATSU et al. 1998; YORK et al., 2015).

Cada grupo é capaz de imprimir diferentes efeitos nos ambientes em que vivem, interferindo no tipo de modificação (química/física), intensidade, espacialidade e velocidade das alterações. Ações de amontoamento (térmitas) (KORB, 2003 e 2008), formação de pequenos dutos (minhocas) (DARWIN, 1981), grandes dutos (tatus)



(ANACLETO e MARINHO-FILHO, 2001), escavação e mistura (tamanduás) (TAVARES e KOENEMANN, 2008) são exemplos de efeitos induzidos pela vida do solo que podem afetar o movimento da água (FIGURA 7).

**Figura 7** - Modelo esquemático da atuação da vida no solo. Atuação de diferentes espécies de animais ao longo do perfil, exibindo ações de *turnover* (*mixing*), formação de solo, amontoamento e microterraços.

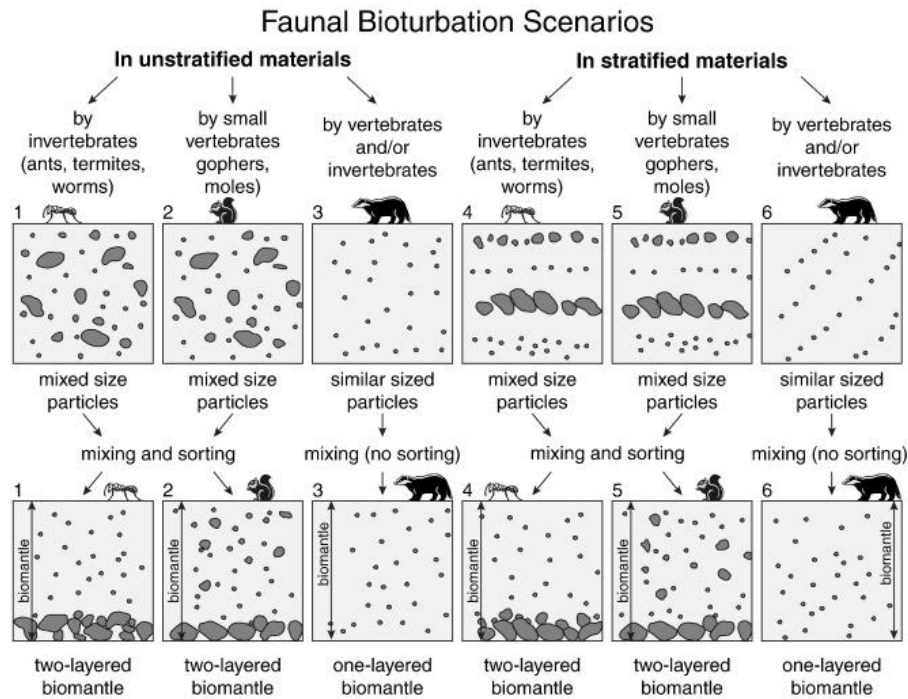


**Fonte:** Wilkinson et al. (2009).

Apesar de pequenos, estes seres são numerosos e apresentam ampla distribuição (HÖLLDOBLER e WILSON, 2009), conferindo capacidade de reestruturação do ambiente subsuperficial. Em valores aproximados, minhocas de savana possuem a capacidade de promover o *turnover* de 500 a 1000 ton/ha de material por ano, formigas 10 ton/ha/ano, e térmitas 5,5 ton/ha/ano (FRAGOSO e LAVELLE, 1992; WHIFORD e ELDRIDGE, 2013).

Este revolvimento redistribui as partículas do solo ao longo de seu perfil (FIGURA 8), seja verticalmente e/ou horizontalmente, se assemelhando a arados biológicos, produzindo alterações estruturais, com a destruição e formação de agregados, galerias, tuneis, pedotubulos e bioporos (LAVELLE et al., 1992; AQUINO, 2001; SOUZA et al., 2020).

**Figura 8** – Efeitos da bioturbação de partículas do solo por diferentes tipos de animais escavadores na formação de distintos tipos de biomantos.



**Fonte:** Johnson e Schaetzl (2015).

Os agentes bioturbadores atuam de modo a manter a recirculação de matéria entre os ambientes, realizando um balanço contínuo entre a superfície e subsuperfície, (NOVINSKA et al. 2008; UMSAKUL et al. 2010), gerando alterações texturais através da seleção e desgaste dos materiais (FIGURA 8), resultando em modificações capazes de induzir em transformações na dinâmica hídrica no solo, criando caminhos preferenciais e descontinuidades hidráulicas entre horizontes.

Deste modo, nota-se a importância dos organismos que habitam o solo para a dinâmica hídrica, os quais imprimem características próprias ao substrato, e, juntamente aos processos de formação pedogenética, atuam na ciclagem de nutrientes e regulam as formas e taxas de fluxos de água entre os ambientes superficiais e subsuperficiais.

### 2.3.7 CONCEITUALIZAÇÃO DO TERMO GEOCOBERTURA

Diferentes definições são encontradas na literatura para denominar a camada superficial da terra, as quais são utilizadas de acordo com as Ciências envolvidas e seus respectivos objetivos. Neste sentido, conceitos como solo, regolito e materiais superficiais, estabelecem recortes e geram atribuições para compreensão do objeto,

auxiliando em uma análise personalizada que viabiliza a explicação de fenômenos de gênese e de processos estudados por cada campo científico.

Dentre os conceitos, o termo Geocobertura surge mais recentemente na literatura, sendo adotado principalmente em trabalhos geomorfológicos (AMORIM et al., 2014; NEVES et al., 2015; NAZAR e RODRIGUES, 2019). Definem-se por geocobertura todos os materiais que constituem o manto de alteração superficial que recobrem o relevo da Terra, originados por processos físicos ou químicos, *in situ* ou por transporte e deposição, incluindo os materiais inconsolidados e móveis, bem como os consolidados, por exemplo, os afloramentos rochosos, já expostos aos processos de intemperismo (NAZAR e RODRIGUES, 2019).

As geocoberturas consideram atributos dos materiais e de processos, sendo utilizada para compreensão da dinâmica paisagística de uma determinada área, e não como um fim em si próprio, como na pedologia (AMORIM, 2014), consolidando-se como uma ferramenta para auxiliar o entendimento do funcionamento dos ambientes a partir do estudo dos elementos e processos nele ocorrem.

## **2.4 CONSIDERAÇÕES SOBRE A AVALIAÇÃO DO PROCESSO DE INFILTRAÇÃO E SEU MONITORAMENTO**

A circulação da água no ambiente possui repercussões em diversos constituintes do sistema paisagístico, influenciando nas vazões de corpos hídricos, na gênese de processos erosivos, no crescimento biológico, na formação dos solos e na modificação do relevo (COELHO NETTO, 1994; CUNHA et al., 2008; SILVA et al., 2013).

Entender como se efetiva a dinâmica da água no solo e ao longo das vertentes auxilia no desenvolvimento de medidas de manejo e planejamento, com finalidade de proteção de mananciais, segurança hídrica, produção agrícola e conservação dos solos (PRUSKI, 1993; ALVES SOBRINHO, 1997; CUNHA et al., 2008).

Este movimento vem sendo acompanhado ao longo do tempo por diversos autores, os quais pautaram-se em diferentes métodos de análise, alguns utilizando-se de chuvas naturais e outros por meio de equipamentos, denominados de infiltrômetros (BEZERRA, e RODRIGUES, 2006; BARROS et al. 2009; COSTA, XU et al., 2012; THOMAZ e PEREIRA, 2013; BARCELOS e RODRIGUES, 2014).

Métodos que se baseiam em chuvas naturais são ideais, pois, refletem diretamente o processo natural, condizendo efetivamente com a realidade (HUDSON, 1995; WISCHMEIER e SMITH, 1978). Porém, o acompanhamento da dinâmica hídrica por

meio da utilização de chuvas naturais quando comparado aos demais métodos se mostra enrijecido, visto que o pesquisador só poderá realizar seus estudos através da ocorrência das chuvas, se limitando também a suas características, como, duração, espacialidade, intensidade, erosividade e tamanho de gotas (MILLER, 1987; ESTEVES et al., 2000; BERTOL et al., 2012).

A imprevisibilidade, a natureza infrequente e aleatória das chuvas naturais torna difícil o estudo de seus efeitos nos solos (ASSOULINE, 2009, SMITH et al., 2009; GRISMER, 2011). Para contornar a dependência das chuvas naturais nos estudos que envolvem a dinâmica hidrogeomorfológica, os infiltrômetros se apresentam como equipamentos de grande auxílio, sendo desenvolvidos com intuito de replicar os efeitos de precipitações naturais de forma artificial, permitindo seu uso em diferentes situações, com possibilidade de controle de seus atributos, conferindo maior velocidade e objetividade na captação da informação (BOWYER-BOWER e BURT, 1989; GUERRA, 2005 e 2011).

#### **2.4.1 INFILTRÔMETROS**

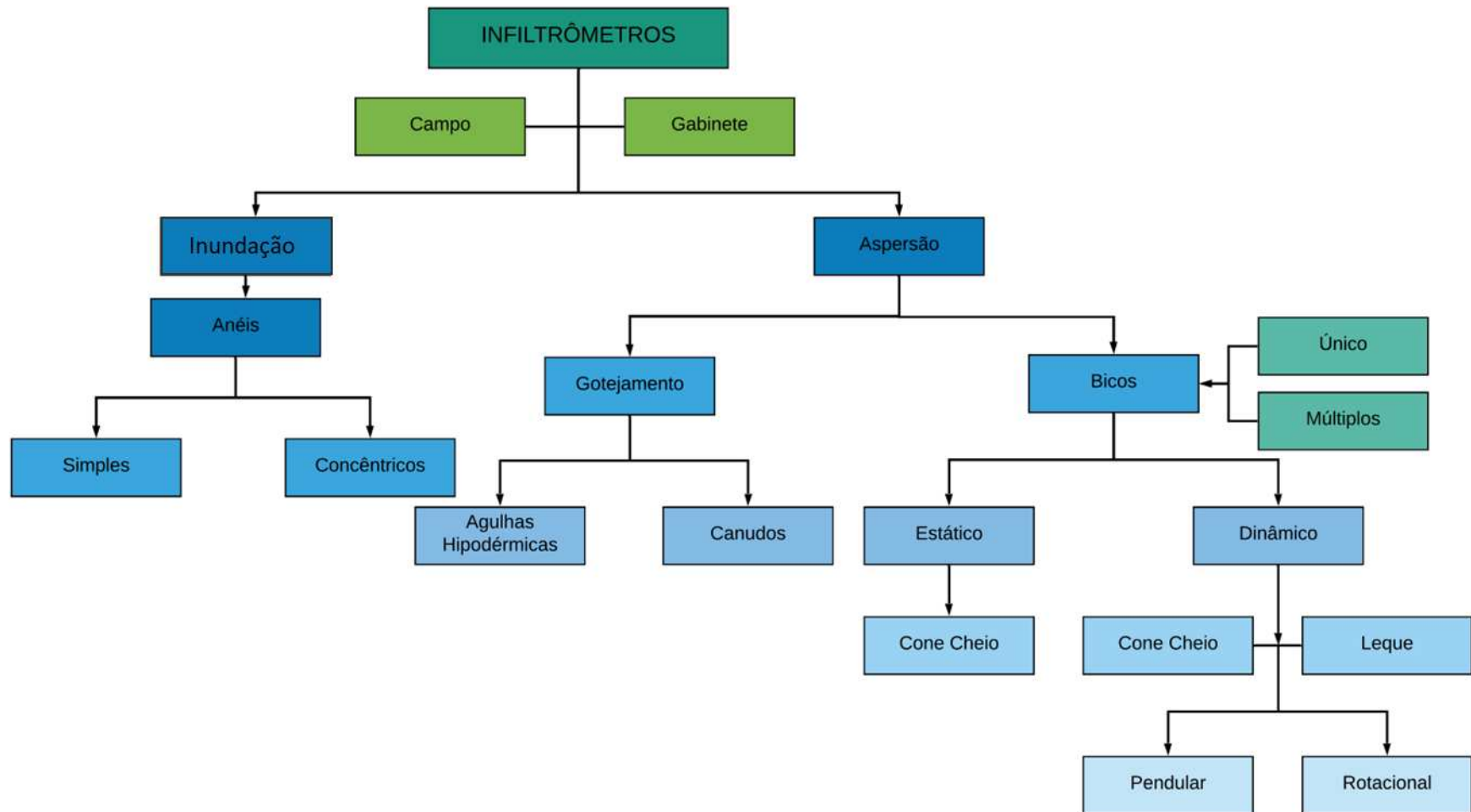
Os infiltrômetros auxiliam no processo de aceleração da aquisição de dados relativos à dinâmica hídrica nos solos, não se limitando apenas ao ambiente de campo, mas também com possibilidade de replicar cenários em laboratório, conferindo maior rigor e controle das variáveis envolvidas (BOWYER e BURT, 1989; HUMPHRY et al., 2002).

Através de seu uso, permite-se determinar taxas de infiltração, erodibilidade, parametrizar modelos, avaliar o transporte de poluentes, avaliar cultivos ou efeitos do tratamento prático, além de outras aplicações de particular interesse para cada grupo de pesquisa (GRISMER, 2011).

Podem ser subdivididos em duas categorias (PINTO et al., 1976), sendo: infiltrômetros de aplicação de água por inundação, também conhecidos por infiltrômetros de anéis; e infiltrômetros de aplicação de água por aspersão, conhecidos como simuladores de chuvas (ADAMS, 1956; SILVEIRA e CHEVALLIER, 1991; COELHO et al., 2000; ALVES SOBRINHO, FERREIRA e PRUSKI, 2002; POTT e DE MARIA, 2003; ALVES, SUZUKI L e SUZUKI E, 2007; MENDONÇA et al., 2009; BERTOL et al., 2012; FAGUNDES et al., 2012; CONFESSOR, 2019).

De forma resumida, a figura 9 expõem uma pequena parcela das formas de funcionamento dos infiltrômetros desenvolvidos para a compreensão da dinâmica hídrica, onde cada modelo baseia-se em estratégias que visam apresentar melhor capacidade de funcionamento e qualidade dos dados, pautados também nas demandas próprias de cada pesquisa.

Figura 9 – Modelos mais comuns de infiltrômetros.



Fonte: Autor.

### 2.4.1.1 INFILTRÔMETROS DE INUNDAÇÃO

Infiltrômetros de inundação exibem maior facilidade de construção e simplicidade de funcionamento quando comparados aos de aspersão (PARR e BERTRAND, 1960; SOBRINHO, FERREIRA E PRUSKI, 2001). São caracterizados por cilindros de volume conhecido que são inseridos no solo. Seu funcionamento se efetiva por meio da inundação por água de uma determinada área circundada por estes cilindros, de forma a aprisionar o volume em seu interior e permitir o conhecimento da passagem da água por entre os poros do solo em tempo estimado (GOMES e PEREIRA, 2009; GOMES e COSTA, 2017).

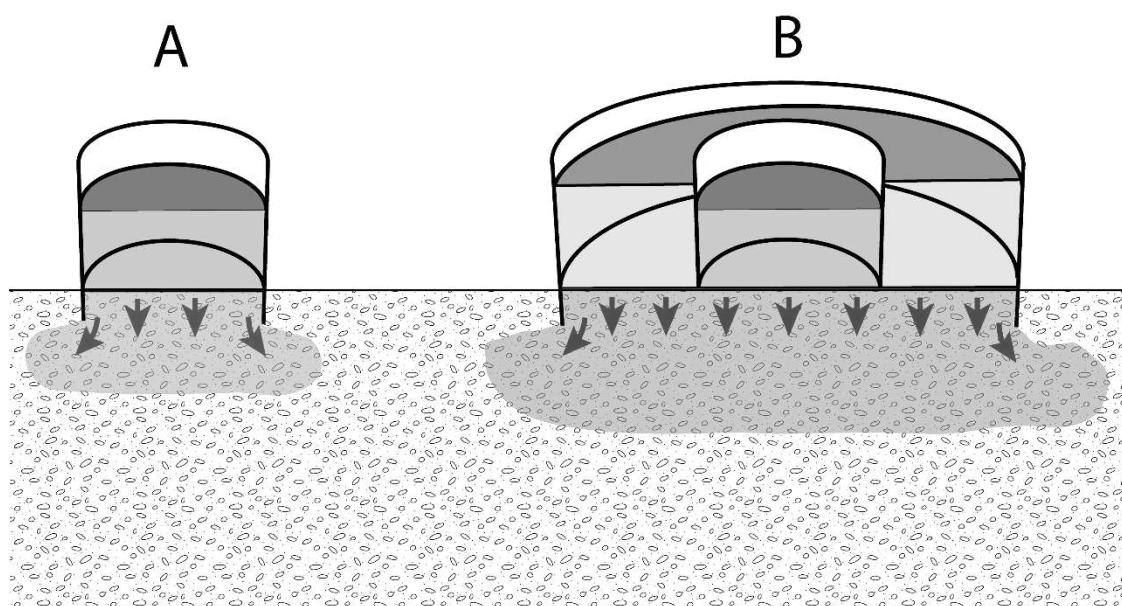
Na literatura é possível encontrar diferentes modelos de infiltrômetros de inundação, sendo os mais comuns os infiltrômetros de anéis simples e infiltrômetros de anéis concêntricos (COELHO et al., 2000; SANTI et al., 2012). Os dois modelos apresentam o mesmo princípio básico de funcionamento, sendo a grande diferença entre eles a disposição de um cilindro adicional externo no infiltrômetro de anéis concêntricos (CUNHA et al., 2009).

Ao aprisionar o volume de água e disponibilizá-lo ao solo, infiltrômetros de anéis simples permitem que a infiltração ocorra não somente na área a qual o cilindro foi inserido no solo, mas também em seu entorno (FIGURA 10), visto que, a água possui a tendência natural de fluir verticalmente e horizontalmente no perfil (ALMEIDA et al., 2006), sendo os valores infiltrados resultantes dos ocorrentes na área interna do anel como externa.

A grande desvantagem deste modelo é justamente a impossibilidade de mensurar a contribuição da área extra anel no processo de infiltração, visto que possibilita que a água realize além do movimento vertical no solo, também horizontal, vindo a superestimar as taxas infiltradas (FAGUNDES et al., 2012).

Com intuito de solucionar este efeito, o modelo de anéis concêntricos adota o uso de um anel adicional posicionado de forma concêntrica ao outro (RONAYNE et al., 2012), promovendo a saturação da área circunvizinha do anel interno, onde os dados são coletados, minimizando a influência do movimento horizontal da água (FIGURA 10).

**Figura 10-** Infiltrômetros de: Princípio básico de funcionamento de dois modelos de infiltrômetro de anéis de inundação. Infiltrômetro de anel simples (A) satura o solo da área de testes e assim como áreas circunvizinha ao anel; Infiltrômetro de anéis concêntricos (B), a saturação da área circunvizinha ao anel é realizada pelo anel externo.



**Fonte:** Autor.

Mesmo com o posicionamento do cilindro adicional, infiltrômetros de anéis ainda recebem críticas, visto que tendem a produzir dados de infiltração mais elevados quando comparados às chuvas naturais e simuladas por aspersão (BRITO et al. 1996; POTTI e De MARIA, 2003). Este fato se deve a seu princípio básico funcionamento, onde a coluna d'água aprisionada no cilindro exerce pressão sobre o solo, forçando a passagem da água por entre os poros, refletindo em maiores taxas infiltradas (COSTA et al., 1999).

Entretanto, mesmo com as limitações infiltrômetros de anéis permitem o conhecimento das taxas infiltradas, fornecendo dados relevantes sobre a dinâmica da água no solo, embasando pesquisas de maneira a permitir a determinação de diferentes usos das áreas.

#### **2.4.1.2 INFILTRÔMETROS DE ASPERSÃO**

Para sanar a problemática produzida por infiltrômetros de anéis e induzir maior veracidade aos dados adquiridos, infiltrômetros de aspersão tornam-se uma possibilidade. Também conhecidos como simuladores de chuvas, seu funcionamento visa replicar as chuvas naturais de forma artificial, tendo como princípio de funcionamento não a inundação, mas sim a aplicação da água em forma de gotas sobre a superfície, como ocorrente em uma precipitação natural (ALVES SOBRINHO et al., 2002).



Por meio de seu funcionamento, replica-se também os processos dependentes das gotas de chuva, se assemelhando ao funcionamento natural e seus efeitos (DUNKERLY, 2008), produzindo um estudo mais completo, e, apesar de não idêntico, mais condizente possível com a realidade dos fatos.

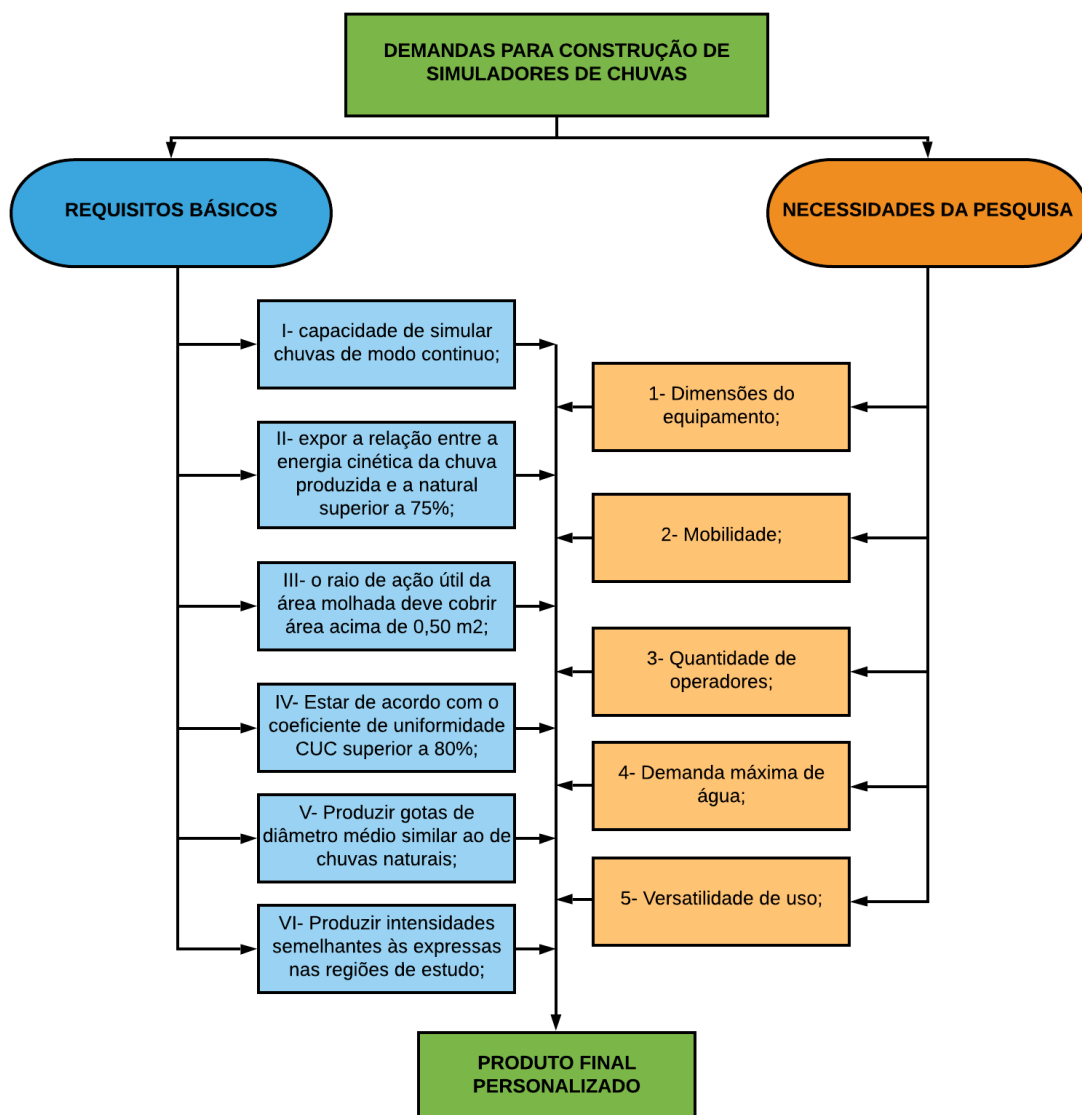
A simples produção de gotas não torna qualquer equipamento um simulador de chuvas, visto que as pluviosidades reais possuem características intrínsecas para cada evento (MONTEBELLER et al., 2001). Visando aferir maior confiabilidade de uso, parâmetros mínimos foram estipulados para calibração de simuladores de chuvas como equipamentos de aquisição de dados hidrogeomorfológicos (BERTOL et al., 2012; LORA et al., 2016), conferindo características às chuvas simuladas para expressarem atributos semelhantes às precipitações naturais (MEYER e HARMON, 1979; TOSSEL et al., 1987), devendo atender os seguintes critérios:

- 1- Realizar aplicação de água de forma contínua sobre a área de testes;
- 2- Expressar área molhada superior a  $0,50 \text{ m}^2$ ;
- 3- Apresentar distribuição homogênea da precipitação, exibindo coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC) acima de 80 % (CHRISTIANSEN, 1942);
- 4- Apresentar gotas com diâmetro médio similar às gotas naturais;
- 5- As gotas produzidas devem colidir com a superfície em velocidade terminal próxima às de gotas naturais de diâmetro semelhante, expondo relação entre a energia cinética das gotas produzidas com as naturais de no mínimo 75 %; e por fim,
- 6- Replicar intensidades que representem as características das regiões geográficas de onde os estudos serão realizados (TOSSEL et al. 1987; ALVES SOBRINHO et al., 2002).

Além dos critérios científicos básicos, as características dos simuladores também devem atender as demandas de uso individuais de cada pesquisa, como: 1- Dimensões do equipamento; 2- Mobilidade; 3- Quantidade de operadores; 4- Demanda máxima de água; 5- Versatilidade de uso; e 6- Custo de produção e de funcionamento.

Desta maneira, a construção de simuladores de chuvas perpassa pela convergência de parâmetros científicos e de uso (FIGURA 11), refletindo na produção de equipamentos personalizados, com características necessárias para sanar as demandas dos mais variados tipos de pesquisas (GUERRA, 2005).

**Figura 11** - Demandas básicas para construção de simuladores de chuvas.



Fonte: Autor.

### 2.4.1.3 CARACTERÍSTICAS DE PRECIPITAÇÕES NATURAIS

As gotas constituem-se como elemento fundamental a ser reproduzido em estudos que envolvem chuvas simuladas por aspersão (ELLISON, 1944; BISAL, 1960), tornando-se um fator chave para construção de simuladores de chuvas (MEYER, 2017), visto que diversos processos são dependentes, havendo a ocorrência limitada pela presença e características das mesmas (GHADIR e PAYNE, 1988; AMORIM et al., 2001).

Partindo do princípio do funcionamento da chuva natural, as nuvens posicionadas a algumas dezenas de metros acima da superfície apresentam-se constituídas por grandes agrupamentos de gotículas, dotadas de diâmetro médio próximo a 20  $\mu\text{m}$  (PRUPPACHER e KLETT, 1997).

O tamanho reduzido permite às gotículas se manterem em suspensão, e, sob condições ideais, ao atingirem diâmetros superiores a 36  $\mu\text{m}$  se tornam gotas coletoras (PRUPPACHER e KLETT, 1997), agregando em seus volumes gotas vizinhas por meio do processo de colisão, num movimento de crescimento exponencial até se tornarem gotas pesadas o suficiente para iniciarem o movimento de queda, ou em outras palavras, precipitarem-se.

Cada precipitação é única, possuindo características que variam não somente entre precipitações, mas também dentro do próprio evento (ATLAS et al., 1999). Sendo assim, as chuvas naturais não exibem um número ou tamanho homogêneo de gotas, cada precipitação é caracterizada pelo conjunto heterogêneo de diferentes números e escalas de diâmetros de gotas (MADDEN et al., 1998). Esta variabilidade é dada por fatores intrínsecos de cada evento, como temperatura, vento, pressão, umidade do ar e altitude (EGAL et al., 2007).

Laws e Parsons (1943), analisando precipitações naturais no leste dos Estados Unidos, notaram uma correlação do aumento do diâmetro das gotas com o aumento da intensidade, apresentando diâmetro médio ( $D_{50}$ ) de aproximadamente 2 mm em chuvas de intensidade próximas à 50 mm/h, aumentando até gotas de 3 mm ( $D_{50}$ ) em precipitações de 200 mm/h. Porém, Hudson (1963) em estudos de chuva tropical, indicou esta correlação apenas em pluviosidades de até 100 mm, havendo após este valor o decréscimo do tamanho das gotas.

Coutinho e Tomás (1995) analisando precipitações de diferentes intensidades no Vale Formoso – Portugal, expuseram grande amplitude nos diâmetros médios das gotas nas diferentes intensidades, com valores médios mínimos e máximos encontrados de 1,2 mm ( $D_{50}$ ) até 1,6 mm ( $D_{50}$ ), demonstrando relação razoável entre o crescimento das gotas e o aumento da intensidade das chuvas.

Atlas et al. (1999) em estudo no Atol de Kapingamarangi - Estados Federados da Micronésia, ao classificarem as gotas precipitadas perceberam diferenças notórias em seus tamanhos ao longo de uma mesma precipitação, exibindo diâmetros de 2,41 mm no terço inicial, 1,51 mm no terço médio e 1,16 mm no terço final.

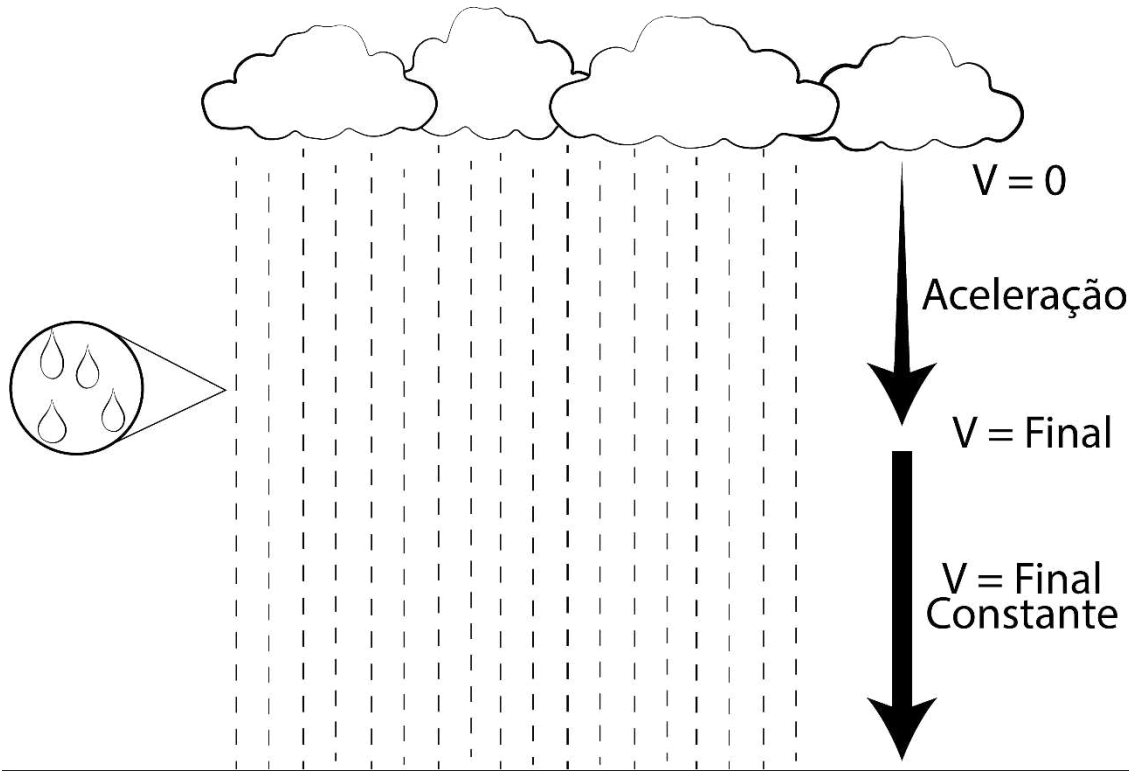
Deste modo, a relação do tamanho das gotas com as intensidades e ao longo das precipitações ainda não se apresenta muito bem compreendida, necessitando de um conjunto maior de dados para endossar esta discussão (CERDA, 1997), especialmente se tratando de intensidades de chuvas mais volumosas, as quais são mais esporádicas, tornando-as mais difíceis de avaliar.

Ao precipitarem das nuvens, cada gota parte do “repouso”, e no movimento de queda entre a nuvem e a superfície adquirem velocidade. A velocidade máxima que cada gota pode adquirir neste processo de queda está intimamente ligada a seu peso, de forma que alterações nos diâmetros das gotas produzem variações em suas velocidades (BEARD, 1976).

Fatores como forma do objeto e o atrito que o mesmo se sujeita ao transpor o ar atmosférico também influenciam em sua velocidade final (MCDONALD, 1954). Sendo assim, a velocidade de cada gota ao atingir a superfície não se baseia apenas em sua altura de queda, mas também em seu peso, forma e condições atmosféricas (SAUVAGEOT e KOFFI, 2000; GONÇALVES e MASSAMBANI, 2010).

A altura proporciona espaço suficiente para que as gotas desenvolvam velocidade, sendo normalizada por forças de atrito atuantes, tornando a velocidade de queda constante não importando o quão distantes as gotas ainda se apresentem em relação ao solo (LAWS, 1941; NISSEN et al., 2005), sendo este movimento conhecido como velocidade final de queda (FIGURA 12).

**Figura 12** - Esquema representativo da velocidade de gotas de chuva. Gotas partem do repouso ( $V_0$ ) e por meio da aceleração adquirem velocidade; o atrito com o ar gera resistência e normaliza a velocidade das gotas, tornando-se constante a depender de seu peso.



**Fonte:** Autor.

Visto isto, os simuladores de chuvas possuem por função não apenas replicar da maneira mais fiel possível os diâmetros das gotas geradas, mas também devem assegurar que cada uma delas atinja o solo em velocidades finais semelhantes às produzidas por precipitações naturais (MONTEBELLER et al., 2001; SPOHR et al., 2015).

Neste sentido, as principais adversidades em se projetar um simulador de chuvas perpassam em fatores que envolvem a produção das gotas (REGMI e THOMPSON, 2001), pois suas características influenciam diretamente nas demais variáveis, como: intensidade, distribuição e erosividade das chuvas.

Na literatura é possível observar uma gama variada de modelos de simuladores de chuvas que visam replicar o fenômeno da precipitação por meio de um dispositivo que corresponda à escala de interesse do processo, as necessidades e aos recursos disponíveis (MORIN et al., 1967; MEYER e HARMON, 1978; TOSSEL et al., 1987; BOWYER e BURT, 1989; CERDÀ, 1999; BLANQUIES et al., 2003; ABUDI et al., 2012; KIBET et al., 2014; CONFESSOR 2019), apresentando variação nas dimensões e princípios de funcionamento, como: altura, área de ação, intensidade e tamanho de gotas.

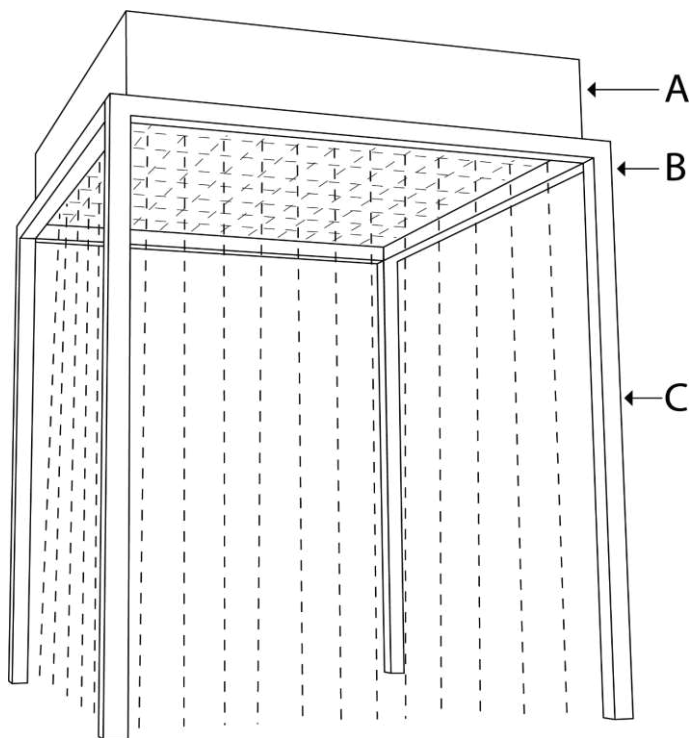
Distintas são as formas de obtenção da precipitação artificial (CERDÀ, 1999; GRISMER, 2011), cada qual expondo vantagens e desvantagens (CLARKE e WALSH, 2007), não existindo um modelo de simulador superior aos demais, mas sim equipamentos que melhor se adequam às demandas individuais de cada pesquisa.

Infiltrômetros de aspersão podem ser classificados de acordo com o princípio de funcionamento adotado, subdividindo-se entre: simuladores de gotejamento e simuladores de bicos de aspersão (ESTEVES et al., 2000; BATTANY e GRISMER, 2000).

#### 2.4.1.4 SIMULADORES DE GOTEJAMENTO

Simuladores de gotejamento operam de maneira a produzir gotas através de uma malha de orifícios, elaborada em um recipiente armazenador de água posicionado acima do solo (FIGURA 13). Nestes furos, são inseridos tubos capilares (HALL, 1970), como agulhas hipodérmicas (ROTH, 1984) e tubos de vidro (EKERN e MUCKENHIRN, 1947), os quais, por meio da pressão da coluna de água armazenada, geram gotas de tamanho estimado.

**Figura 13** - Modelo de mini-simulador de chuvas com gotas produzidas por meio de agulhas hipodérmicas: caixa de armazenagem de água (A); produção de gotas por meio da passagem da água nas agulhas hipodérmicas (B); Malha de gotas produzidas (C).



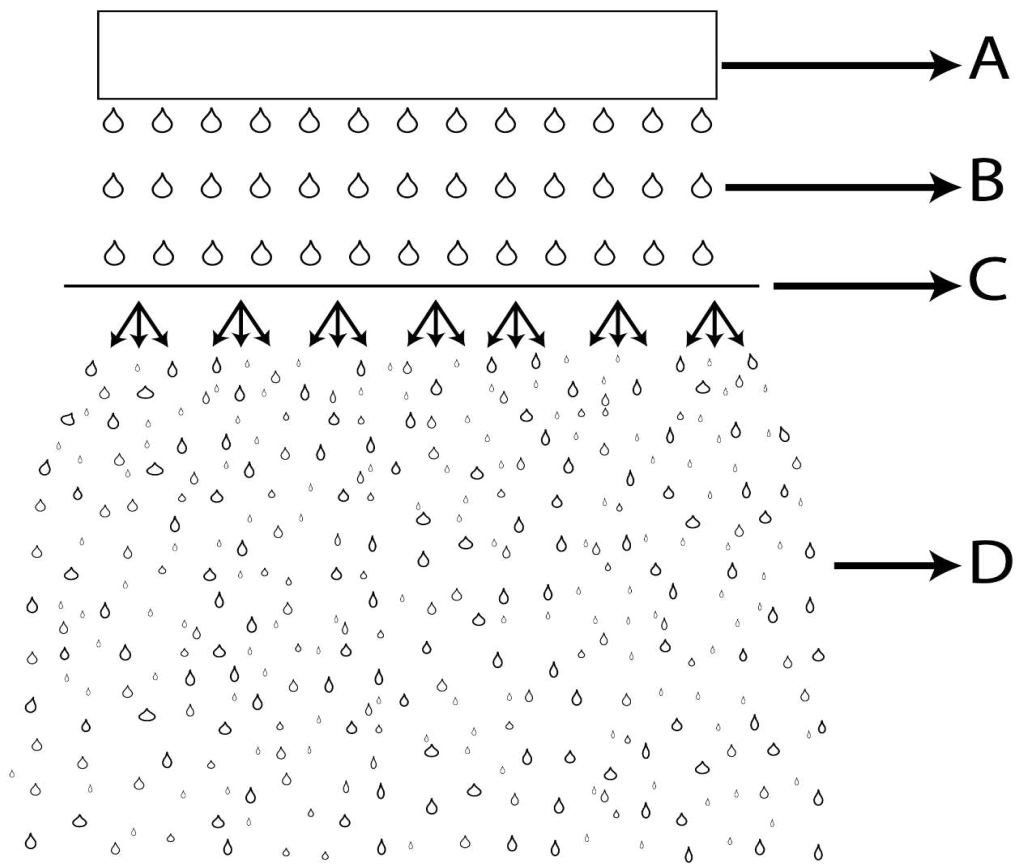
Fonte: Adaptado de Ribeiro et al. (2007).

A medida em que as gotas são produzidas, o recipiente no qual as agulhas se fixam recebe água de outro recipiente comunicante, conferindo altura constante da coluna d'água sobre os capilares, produzindo mesma pressão durante a simulação, e por consequência, gerando gotas homogêneas, podendo o diâmetro das gotas produzidas ser alterado através da mudança de altura da coluna d'água.

A homogeneidade das gotas geradas por este tipo de equipamento é tamanha que vai muito além do natural, se tornando uma chuva de gotas “siamesas”, e por serem formadas em um ambiente estático, as gotas geradas pelos capilares chocam-se com a superfície sempre no mesmo local, gerando um evento pontual e incisivo (KLEIJN et al., 1979).

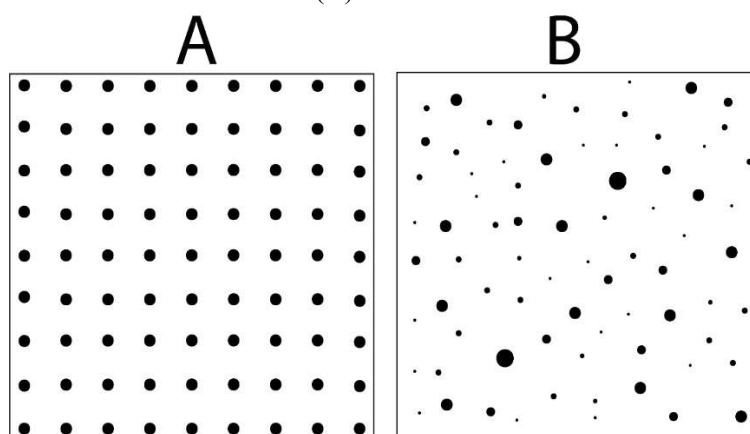
Uma alternativa para conferir o espalhamento e produzir diferentes diâmetros de gotas se efetiva na inserção de uma malha fina posicionada abaixo das agulhas ou tubos formadores de gotas, quebrando-as com o impacto e as redistribuindo sobre a superfície (ROTH e HELMING, 1992) (FIGURA 14 e 15).

**Figura 14** - Quebra e espalhamento de gotas produzidas por um simulador de chuvas gotejante. Reservatório e tubos formadores de gotas (A); Gotas homogêneas (B); Malha para quebra e redistribuição das gotas (C); Gotas redimensionadas em menores calibres e redistribuídas espacialmente.



Fonte: Autor.

**Figura 15** - Distribuição fictícia do impacto das gotas produzidas por um simulador de chuvas gotejante. Disposição espacial das gotas intimamente ligada ao posicionamento dos tubos formadores de gotas (A); Gotas redimensionadas e redistribuídas, efeito promovido pela passagem das gotas produzidas por uma malha posicionada entre o reservatório e a superfície (B).



**Fonte:** Autor.

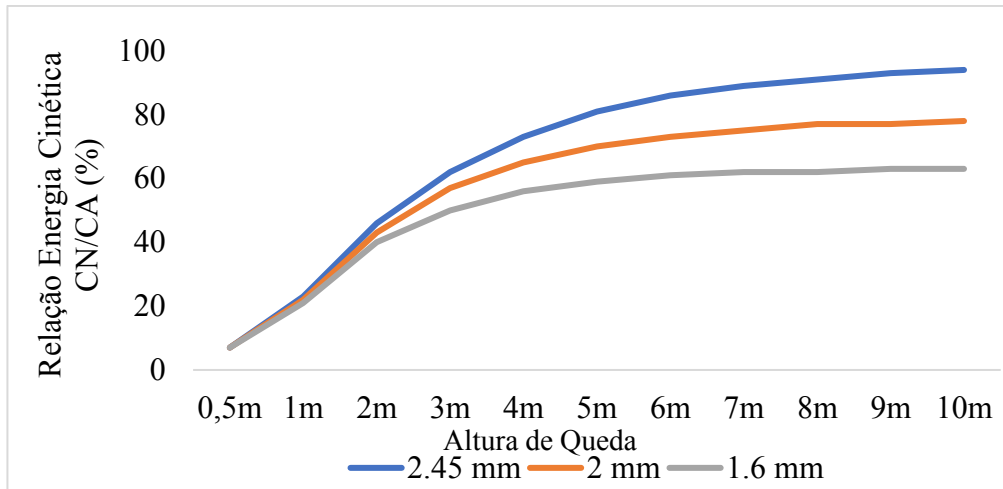
A ampla distribuição de furos e o padrão de funcionamento estático, confere aos simuladores de gotejamento elevados coeficientes de uniformidade, frequentemente maiores que 90% (GRISMER, 2011). Entretanto, a baixa estatura deste tipo de equipamento não proporciona distância ideal de queda para que as gotas possam adquirir velocidades terminais máximas, subestimando a energia cinética das chuvas replicadas, e, por consequência, sua erosividade (ROBINSON e NAGHIZADEH, 1992).

Ribeiro et al. (2007) utilizando-se de um simulador de 3 metros de altura, produzindo gotas de diâmetro médio de 2,45 mm, encontraram relação entre a energia cinética das gotas artificiais produzidas e naturais de mesmas características de apenas 57 %.

Para apresentar correlação significativa entre a energia cinética de gotas naturais e produzidas, este modelo de simulador demanda de um gradiente de altura entre a base de produção das gotas e a superfície de experimentos muito elevado (HALL, 1970; WALKER et al., 1977; HIGNETT et al., 1995), de forma a tornar seu redimensionamento uma opção não viável, pois, a altura necessária para que as gotas atinjam sua velocidade terminal máxima extrapola as condições de uso do equipamento, limitando e até inviabilizando seu uso (GRÁFICO 1).



**Gráfico 1** - Correlação entre a energia cinética de gotas de chuva artificial (CA) e chuva natural (CN) em relação à altura de queda. Gráfico gerado pelo programa computacional Enerchuva, considerando intensidade de 60 mm/h e gotas de 2,45 mm, 2mm e 1,6 mm de diâmetro.



**Fonte:** Autor.

Apesar de muito populares em anos passados (HALL, 1970), atualmente este tipo de simulador tem apresentado baixa utilização em trabalhos científicos. Ao analisar pesquisas envolvendo o uso de simuladores entre os anos 2000 e 2010, Grismer (2011) notou que em apenas 20 % destas foram adotados o uso de simuladores de gotejamento. A baixa aceitação deve-se às limitações deste tipo de equipamento, apresentando baixa cinética de gotas, mobilidade reduzida e dificuldade de manejo à campo (GRISMER, 2011).

#### 2.4.1.5 SIMULADORES DE BICOS ASPERSORES

Uma opção para conferir maiores velocidades às gotas simuladas em distâncias reduzidas se efetiva por meio da pressurização da água (MILLER, 1987). Partindo disto, bicos de aspersão de água são encontrados no mercado para desempenhar diversas finalidades, desenvolvidos para execução de funções industriais, agrícolas e de segurança (CUNHA et al., 2005; VISSOTTO et al., 2006; BAYER et al., 2018).

Apesar deste foco seletivo em seu desenvolvimento, bicos de aspersão foram incorporados por diferentes autores para a construção de simuladores de chuvas (GRISMER, 2011). O princípio básico de seu funcionamento consiste na pressurização do fluido e sua posterior passagem por um pequeno orifício de saída, conferindo a “quebra” do fluxo e originando as gotas (CUNHA et al, 2004).

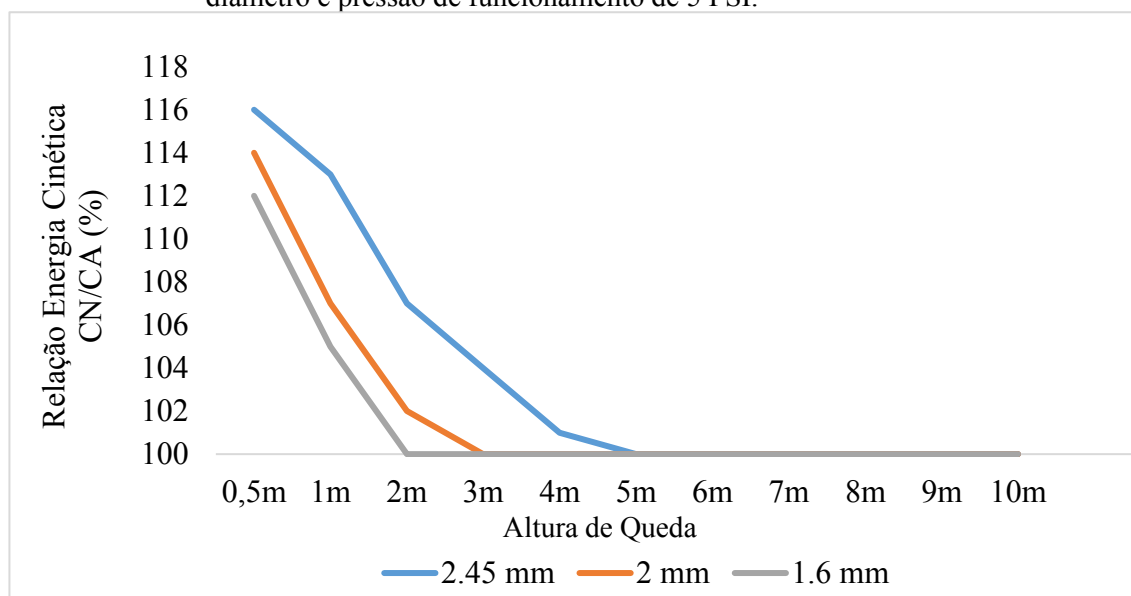
Um bico pode produzir diferentes calibres de gotas, variando de acordo com a pressão exercida sobre o mesmo (NAVAS et al., 1990). Normalmente, quanto mais alta

a pressão de serviço menores serão os diâmetros das gotas e maiores velocidades irão apresentar (MONTEBELLER et al, 2001).

Diferente do simulador de gotejamento, no qual as gotas geradas sob determinada coluna d'água se mostram homogêneas, simuladores de aspersão formam uma gama variada de diâmetros de gotas sob mesma pressão de serviço (SPHOR, 2015), replicando de forma mais condizente o comportamento das chuvas naturais.

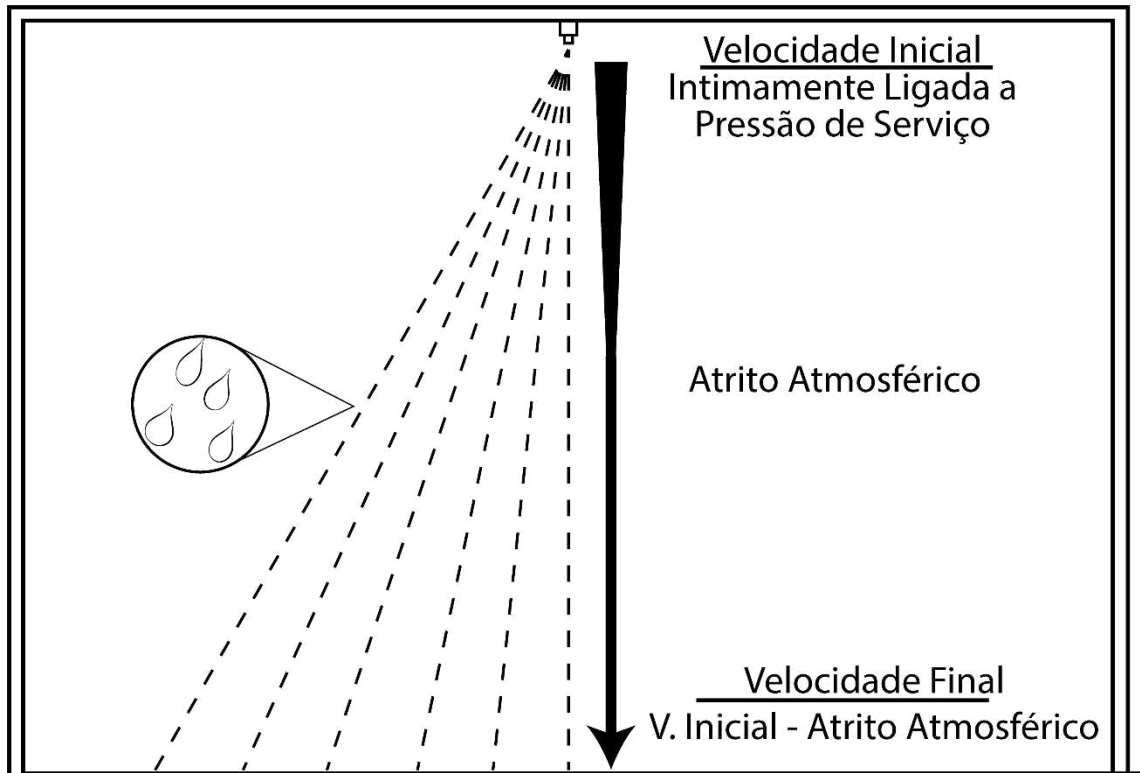
Neste tipo de equipamento, a velocidade de queda das gotas logo após passagem pelo orifício de sua formação normalmente se mostra mais rápida quando comparado às velocidades terminais de gotas naturais de mesmo tamanho (FIGURA 16). Para reduzir a velocidade e assegurar maior correlação com eventos naturais, demanda-se de uma distância mínima entre o aspersor e a superfície, de maneira a expor as gotas ao atrito do ar atmosférico, e por consequência, ocasionando a redução de suas velocidades (GRÁFICO 2). A distância ideal entre o aspersor e o solo apresenta variação, a depender da pressão de serviço e tamanho das gotas produzidas.

**Gráfico 2** - Correlação entre a energia cinética de gotas de chuva simulada (CS) e natural (CN) em relação à altura de queda. Gráfico gerado pelo programa computacional Enerchuva, considerando a intensidade de 60 mm/h, gotas de 2,45 mm, 2mm e 1,6mm de diâmetro e pressão de funcionamento de 5 PSI.



Fonte: Autor.

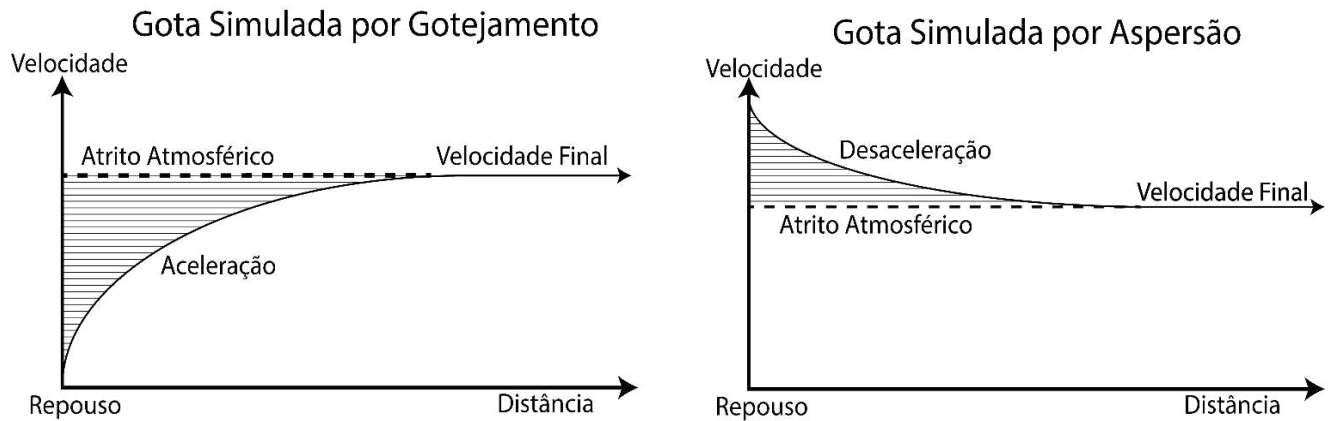
**Figura 16** - Produção de gotas por simulador de aspersão. Gotas no momento de saída do bico de aspersão apresentam velocidade maior que as gotas naturais de mesmo diâmetro; após atrito com o ar atmosférico as gotas perdem velocidade de forma a se equiparar às gotas naturais.



**Fonte:** Autor.

Observa-se que, simuladores de bico e de gotejamento apresentam no ato de produção de gotas relações inversas de velocidades (FIGURA 17), havendo em simuladores de gotejamento o ganho de velocidade ao longo da distância percorrida e em simuladores de bico o decréscimo da velocidade. Esta característica reflete diretamente na altura dos simuladores produzidos, permitindo a simuladores que se utilizam de bicos a fabricação de equipamentos com dimensões mais reduzidas, viabilizando e ampliando seu uso em uma gama variada de locais, especialmente à campo.

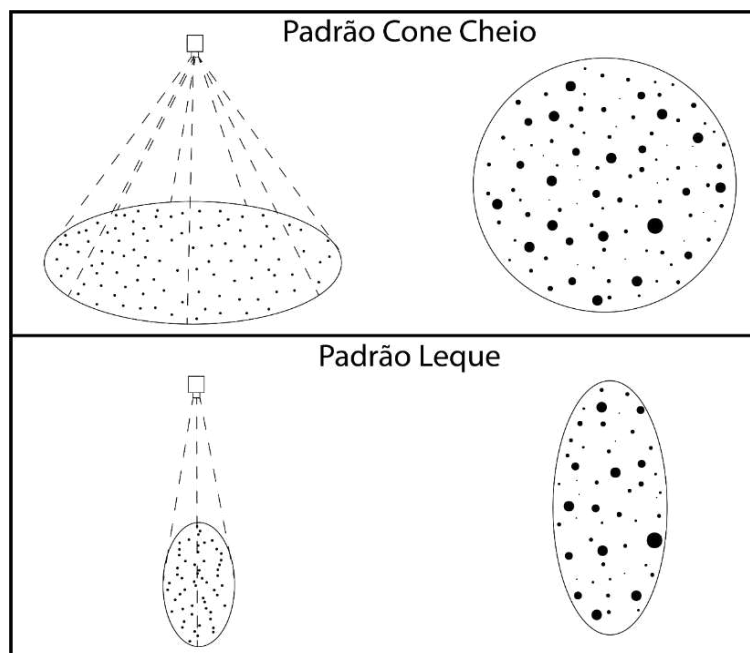
**Figura 17** - Diferenças no comportamento da velocidade das gotas produzidas por simuladores de aspersão e gotejamento. Gotas produzidas por infiltrômetros de gotejamento partem do repouso e adquirem velocidade ao longo de seu processo de queda. Gotas produzidas por infiltrômetros de aspersão apresentam velocidades maiores que as naturais no ato de sua produção, sendo este movimento desacelerado ao longo de sua queda pelo atrito com o ar.



**Fonte:** Autor.

Para distribuição das gotas, simuladores de aspersão apresentam diferentes métodos para realização de seu espalhamento (TOSSELL et al., 1987; SPOHR et al., 2015), estando intimamente ligado às características de cada ponta de aspersão. Bicos aspersores apresentam diferentes modelos e princípios de funcionamento, classificados de acordo com as características dos jatos de saída, sendo jato de cone oco; cone cheio; leque e sólido (CHAIM, 2006; GRISMER, 2011). Dentre estes, os mais utilizados para simulações de chuvas são os bicos de padrões de jato cone cheio, oco e leque (KAVKA e NEUMANN, 2021) (FIGURA 18).

**Figura 18** – Exemplos de padrões de distribuição de gotas de diferentes tipos de bicos aspersores.



**Fonte:** Autor.

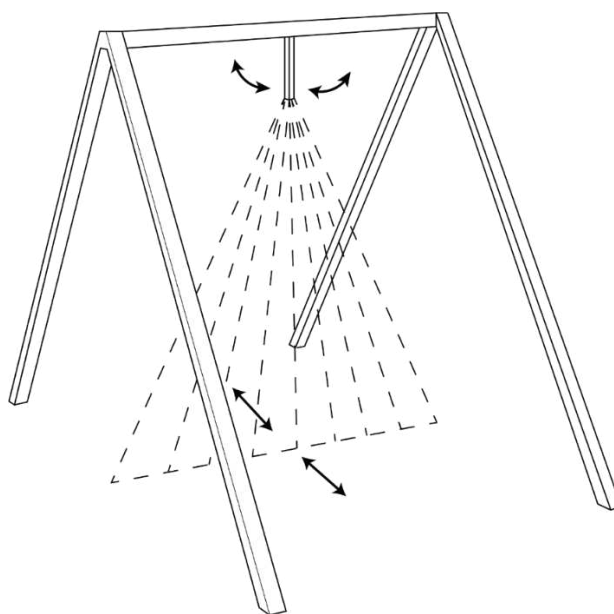
Ao colidir com a estrutura do bico, o fluxo de água se desintegra em pequenas partes que são lançadas aleatoriamente sobre a superfície. A uniformidade da aplicação sobre a superfície é influenciada por fatores como: pressão de serviço; diâmetros dos bocais; geometria e rugosidades dos orifícios; inclinação; velocidade de lançamento do jato; altura do emissor em relação ao solo; estabilidade da haste de sustentação do emissor; distância entre os emissores; velocidade e a direção do vento (COSTA, 1994).

Aspersores que produzem jatos do tipo leque distribuem as gotas por uma delgada linha de aspersão, não atingindo a área mínima estipulada para sua adoção em chuva simulada (0,50 m<sup>2</sup>). Aspersores do tipo cone oco também não apresentam distribuição homogênea dos volumes ao longo de sua área de ação, produzindo vazios na área interna do jato.

A solução para recobrir áreas maiores e produzir o espalhamento de forma mais homogênea das gotas sobre a superfície se consolidou em ofertar movimento ao bico, de modo a produzir continuas passagens sobre as áreas desejadas. Na literatura encontram-se duas formas básicas de produção deste movimento dinâmico, podendo ser obtido por meio da oscilação e/ou rotação dos aspersores (FIGURA 19 e 20).

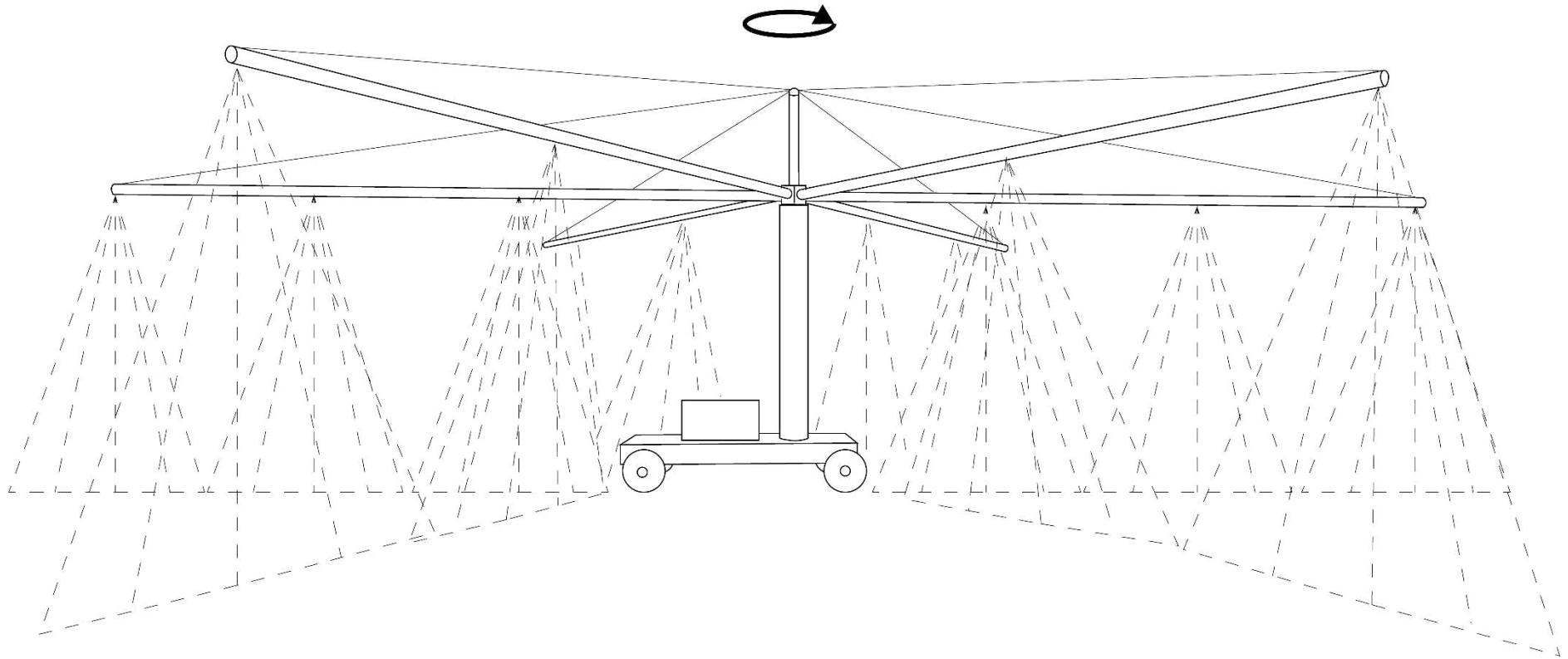
Neste contexto, diversos modelos de simuladores que adotaram este método foram desenvolvidos, utilizando-se de 1 ou mais aspersores, recobrimdo áreas de 0,7 m<sup>2</sup> a até 77 m<sup>2</sup> (ALVES SOBRINHO et al., 2001; MONTEBELLER et al., 2001; BERTOL I., BERTOL C. e BARBOSA, 2012 (A); BERTOL I., BERTOL C. e BARBOSA, 2012 (B); CONFESSOR et al., 2022).

**Figura 19** - Modelo de simulador de chuvas de bico de aspersão único e oscilante.



**Fonte:** Autor.

**Figura 20** - Modelo de simulador de chuvas rotacional dotado de diversos bicos de aspersão.



**Fonte:** Autor, baseado em BERTOL et al. (2012) (B).

A grande crítica a este método está relacionada em como o movimento se efetiva. A rotação e/ou oscilação contínua dos bicos apesar de em parte replicar o efeito do vento sobre a precipitação, pode vir a ocasionar distúrbios nas áreas de experimentos, devido às sucessivas e ininterruptas passagens na mesma direção (KINNEL, 1993), conduzindo processos em superfície.

Além disto, este tipo de padrão subestima em demasia os volumes pontuais precipitados (PAIGE et al., 2003), visto que, para conferir homogeneidade de aplicação, o aspersor deve apresentar repetidas passagens sobre a superfície, sendo o volume precipitado a média das passagens.

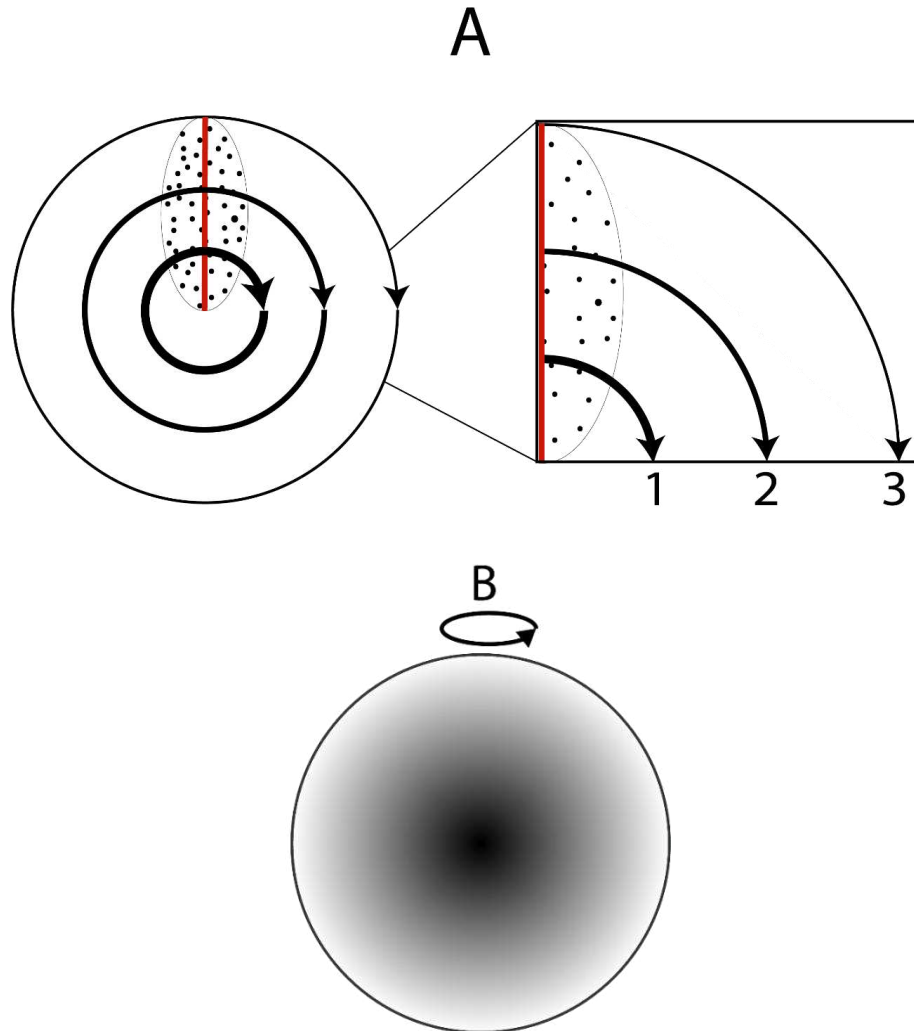
As "ondas" de chuva geradas por cada passagem podem resultar em intensidades instantâneas localizadas que vão muito além da média geral. Para um simulador baseado em bicos do tipo leque, em uma precipitação de intensidade média de 100 mm/hr, Paige et al. (2003) encontraram médias instantâneas de 2.000 mm/hr.

Estas características repercutem diretamente na qualidade dos dados apresentados, pois, ao considerar os volumes médios, as intensidades reais são mascaradas, podendo as mesmas se tornarem pluviosidades irreais quando tratadas da forma correta, muito acima das apresentadas naturalmente, repercutindo na formação de processos e induzindo a errôneas comparações de taxas de infiltração, erosão, escoamento, erodibilidade e erosividade.

Para simuladores que se utilizam do movimento de rotação, a distribuição da precipitação usualmente exhibe maiores intensidades em sua área central. Por se tratar de um movimento rotacional, a barra na qual os bicos se fixam apresenta variações de velocidade ao longo da extensão de seu comprimento, sendo que, quanto mais extensa for, maior será a diferença de velocidade entre seu centro e sua extremidade.

A consequência desta variação reflete em alterações de intensidade precipitada, visto que, a parte externa da haste necessita percorrer uma área maior que parte interna (FIGURA 21), gerando maiores volumes nas áreas centrais e decrescendo em direção as partes externas.

**Figura 21** - Modelo de distribuição da intensidade de precipitação em um simulador de aspersão rotacionário fictício. Movimento giratório da barra de aspersão exibe variação na velocidade, apresentando-se maior quanto mais distante do centro. A velocidade menor exibida nas regiões mais centrais reflete em maiores intensidades. Intensidade  $A_1 = 1$ , intensidade  $A_2 < 1$ , intensidade  $A_3 < A_2$ . Padrão de distribuição da intensidade (B).



**Fonte:** Autor.

A necessidade de produção de movimento dos aspersores demanda a instalação de peças sobressalentes nos equipamentos, como engrenagens e motores (DOS SANTOS et al., 2012), incrementando seu peso e dificultando o transporte em áreas de campo, elevando os custos de produção e de utilização, podendo estas peças se tornarem mais um componente alvo de futuras falhas, onde, em ambientes de campo, se traduz em um contratempo que poderá impedir a utilização do simulador.

Uma forma de evitar a necessidade do uso de motores se traduz na utilização de aspersores estáticos de cone cheio, os quais produzem áreas de distribuição de gotas com padrão circulares ou quadradas. O padrão da distribuição das precipitações depende



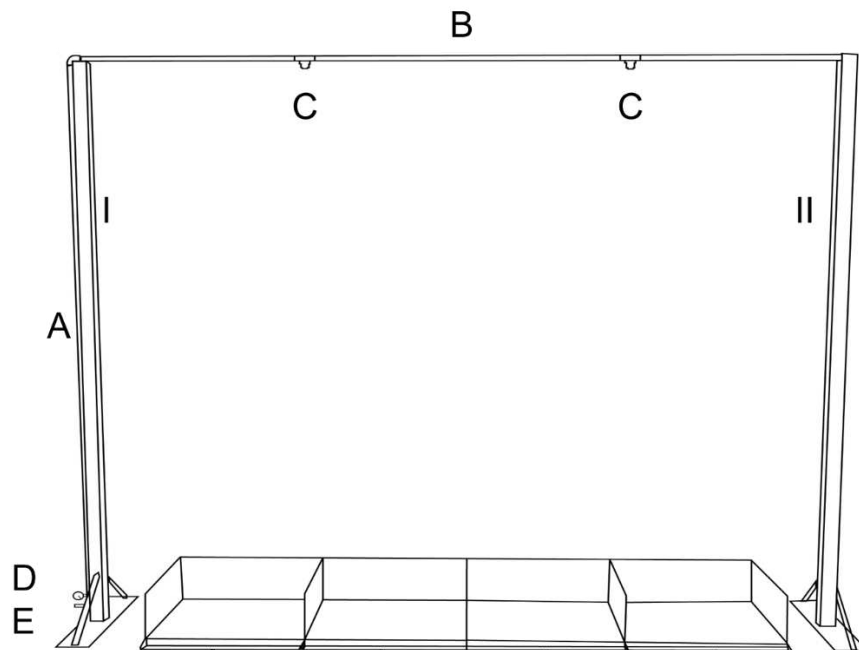
exclusivamente da dispersão do bico, o qual deve gerar uma área molhada de distribuição semelhante em toda a área do experimento.

Porém, ressalta-se que este modelo de aspersor também apresenta variações de intensidade ao longo de sua área de ação, geralmente variando do centro às bordas (GRISMER, 2011), sendo esta variação alterada de acordo com a pressão de funcionamento, altura e quantidade de bicos utilizados, havendo a necessidade da aferição da distribuição para averiguar se a homogeneidade produzida está de acordo com a área de experimento.

Através deste sistema diferentes simuladores foram desenvolvidos, recobrendo áreas que variam de 0,7 m<sup>2</sup> a mais de 50 m<sup>2</sup> (LUCK et al., 1986; TOSSELL et al., 1987; CERDÁ et al., 1997; ESTEVES et al. 2000; ALVES SOBRINHO et al., 2002; THOMAZ, 2009; e XU et al., 2012; CONFESSOR, 2019; PESSOTI et al., 2020, ANTONELI et al., 2021) (FIGURA 24).

Por apresentarem menor quantidade de peças moveis, estes equipamentos se tornam mais simples, robustos, de montagem facilitada e de maior confiabilidade de utilização em ambiente de campo (RIES et al. 2009; RIES 2010).

**Figura 22** - modelo de simulador de chuvas composto de 2 bicos de aspersão estáticos do tipo cone cheio, os quais recobrem de forma homogênea uma área de 4 m<sup>2</sup>.



**Fonte:** Confessor (2019).

## **2.5 CONSIDERAÇÕES SOBRE O USO DE INFILTRÔMETROS**

Nota-se como são variados os modos de obtenção de chuva simulada por aspersão, abrangendo uma gama de sistemas que exibem formas de funcionamento que se diferem entre si, expondo recursos distintos com intuito de replicar situações naturais de forma artificial da maneira mais real possível.

De acordo com as características de cada equipamento, vantagens e desvantagens de uso são expressas, devendo haver o conhecimento prévio para que a condução dos estudos as considere, de forma a apresentar dados de maior confiabilidade e com as ressalvas necessárias.

Neste sentido, o desenvolvimento e uso de simuladores de chuvas viabilizou a produção mais acelerada de dados, permitindo seu uso em diferentes tipos de pesquisas, possibilitando a compreensão dos processos que envolvem a dinâmica da água, tornando-se relevantes para a produção e disseminação do conhecimento.

# CAPÍTULO III



ÁREA DE ESTUDOS

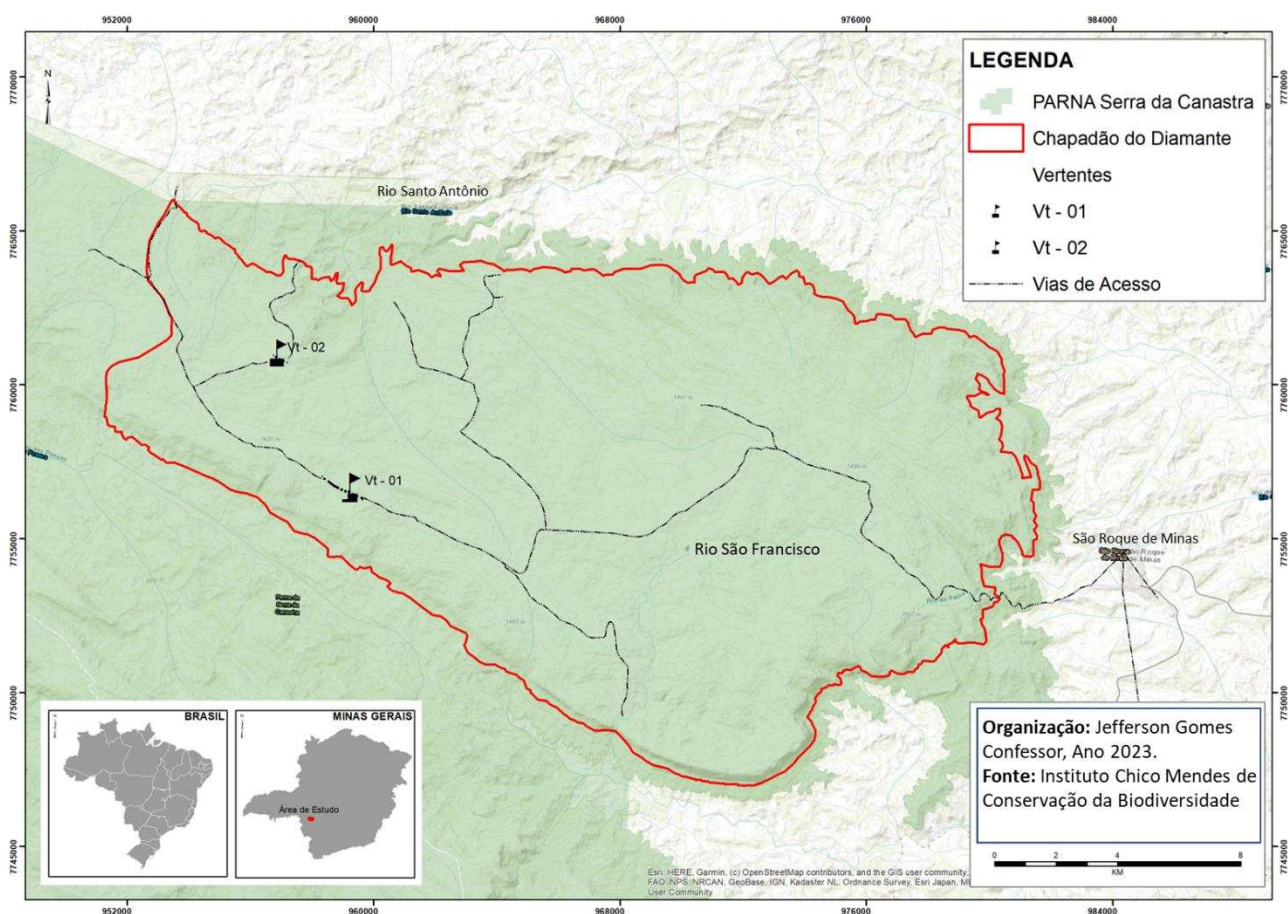


### 3 ÁREA DE ESTUDO

Este trabalho tem por área de estudo o Chapadão do Diamante (FIGURA 23), área presente dentro do Parque Nacional da Serra da Canastra, o qual se localiza no Estado de Minas Gerais, abrangendo áreas dos municípios de Sacramento, São Roque de Minas, São João Batista do Glória, Capitólio, Delfinópolis e Vargem Bonita. Atualmente, apenas cerca de 82.000 de seus aproximados 200.000 hectares encontram-se regularizados (MESSIAS e FERREIRA, 2019), estando o restante ainda em fases de consolidação.

O Chapadão do Diamante abriga em seu interior áreas de importância ecológica, de maneira a preservar aspectos bióticos e abióticos do sistema, refletindo na conservação das paisagens naturais e dos elementos que nela se inserem, exibindo em seu interior espécies endêmicas de plantas e animais, apresentando riquíssimo geopatrimônio.

**Figura 23** - Mapa de localização do chapadão do Diamante e vertentes de estudo.



Fonte: Autor.

#### 3.1 CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL

Os processos genéticos de formação da Serra da Canastra atuantes ao longo do tempo, produziram uma grande complexidade geológico-estrutural, sendo que, a área do

parque abarca duas grandes estruturas geológicas, o Cráton do São Francisco e a Faixa de Dobramento Brasília, as quais expressam diferenças litológicas e tectônicas (SOUZA e RODRIGUES, 2014).

O soerguimento promovido por eventos de colisão entre os crátons, datado no Ciclo Brasileiro (900 a 520 Ma), gerou deformações, cavalgamentos, metamorfismos, magmatismos e retrabalhamento dos materiais (SIMÕES, 1995; SILVA, 2019), originando principalmente rochas do tipo quartzito, xisto e filito (TOMAZZOLI, 1990), sendo as porções de topo marcadas por sedimentos quaternários aluvionares, sequenciados por coberturas detrito-lateríticas nas superfícies aplainadas das chapadas (PESSOA, 2002).

### **3.2 RELEVO**

Em seu interior, o parque expõe altitudes que variam de 800 a 1.400 metros, com relevo fortemente ligado ao componente estrutural, apresentando aspectos geomorfológicos na forma de platôs, encostas escarpadas e vales encaixados, pertencentes a Morfoestrutura dos Planaltos e Serras de Goiás-Minas (SOUZA e RODRIGUES, 2014), a qual pode ser subdividida em dois grandes segmentos, o amplo platô do maciço da Canastra e o relevo mais movimentado da região da chapada da Babilônia (MMA/IBAMA, 2005), apresentando conjuntos de modelado resultantes da exumação de estruturas dobradas ao longo de vários ciclos geotectônicos (VASCONCELOS et al., 2013).

O Compartimento das Chapadas da região é cortado pelo vale da Babilônia, subdividindo a área em dois chapadões, sendo o Chapadão do Zagaia localizado a oeste e o Chapadão do Diamante a leste, ambos constituídos por feições do tipo aplainadas, com vertentes suaves, rampas extensas e presença de cristas rochosas (MMA/IBAMA, 2005; NAZAR e RODRIGUES, 2019).

### **3.3 CLIMA E HIDROGRAFIA**

O parque insere-se em uma zona de transição climática, apresentando acima das cotas altimétricas de 1000 metros o clima subtropical moderado úmido do tipo Cwb de Köppen, e abaixo de 1000 metros o clima subtropical úmido do tipo Cwa de Köppen (IBDF, 1981). A temperatura média é de 21°C apresentando regime pluviométrico anual de 1500 mm (NOVAIS, 2011), o qual expõe variação sazonal, concentrando os maiores volumes precipitados entre os meses de dezembro a fevereiro (MMA/IBAMA, 2005).

A abriga em seu interior zonas de recarga e cabeceiras de drenagem de importantes bacias hidrográficas, como as nascentes das bacias dos rios São Francisco, Araguari, Santo Antônio, Bateias, Grande e Ribeirão Grande, estando os movimentos dos fluxos de água intimamente ligados a litologia local (MMA/IBAMA, 2005).

A forma da serra a configura como dispersor de drenagem, tornando-a um divisor de águas na plataforma brasileira, consolidando-se como interflúvio das bacias hidrográficas do Rio São Francisco, o qual drena para o norte, e Paraná, que drena para sul (FERREIRA, 2010; SILVA et al., 2017).

A variação sazonal do regime pluviométrico repercute na exfiltração da água das nascentes locais, as quais expressam volumes de água relacionados a precipitação, apresentando nos períodos de entre chuvas da região a mudança dos pontos de exfiltração para áreas mais rebaixadas do terreno, havendo em alguns casos o completo cessamento dos fluxos em determinados períodos do ano (SILVA, 2019).

### **3.4 VEGETAÇÃO**

O parque insere-se no domínio fitogeográfico do Cerrado (AB'SÁBER, 1971), com vegetação predominante adaptada ao relevo tipicamente alto da serra, expondo grandes extensões de campos rupestres, manchas de cerrado e matas ciliares. A maior parte do parque encontra-se recoberta por formações campestres (RIBEIRO e WALTER (1998), as quais se diferem em três tipos fitofisionômicos, sendo: campo-sujo, campo rupestre e campo limpo.

Exibe também formações savânicas, representadas pela fitofisionomia cerrado, sentido restrito, com variações de cerrado denso, cerrado ralo e cerrado rupestre (MMA/IBAMA, 2005), ambas formações apresentando um alto índice de endemismo (PIRANI et.al.1994; HARLEY, 1995).

Por apresentar usos anteriores a criação da unidade de conservação, o manejo antes adotado para viabilizar a criação de gado, utilizando-se de frequentes queimadas para reforma de pastos, repercutiram em alterações nas formações florestais primárias da região, as quais foram em diferentes graus alteradas, encontrando-se atualmente quase em sua totalidade em estágio secundário (MEDEIROS e FIEDLER, 2004; MMA/IBAMA, 2005).

### 3.5 SOLOS/GEOCOBERTURAS

Os solos da área são caracterizados pela baixa fertilidade, expondo amplas variações em suas características, sendo possível observar solos arenosos, argilosos, pedregosos, lateríticos, lateríticos concrecionários, hidromórficos e litólicos, passando de rasos a profundos (ROMERO e NAKAJIMA, 1999)

Classificam-se segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SBCS) entre Latossolos profundos; Cambissolos medianamente e pouco profundos, com ou sem cascalho; Neossolos Litólicos pouco profundos; Gleissolos, e afloramentos rochosos (MMA/IBAMA, 2005).

Para realização desta pesquisa pontos amostrais foram selecionados como áreas fonte de prospecção de informações. O levantamento de dados primários ocorreu em vertentes presentes localizadas no Chapadão do Diamante (Serra da Canastra/MG). A escolha dos pontos amostrais foi baseada no trabalho de Nazar (2018), a qual identificou para área do Chapadão diferentes classes de geocoberturas (QUADRO 2), subdivididas de acordo com as características dos materiais, topografia e dados aerogamaespectrométricos.

Das geocoberturas elencadas, seis classes foram selecionadas para o levantamento de informações, abrangendo 69,92 % de toda área do chapadão, (FIGURA 50). A escolha baseou-se na representatividade que cada geocobertura expressou em relação a área total, assim como na viabilidade de realização do estudo, visto que algumas classes expuseram limitações de uso, como áreas de escarpas e afloramentos rochosos.

**Quadro 2-** Geocoberturas presentes na área de estudos.

Classificação	Área ocupada (%)
Materiais areno-argilo-ferruginosos ou com concreções ferruginosas	5,52
Materiais de bioturbação ferruginosos ou com concreções ferruginosas (murundus)	8,87
Materiais cascalho-arenosos com camada orgânica	3,40
Materiais cascalho-arenosos indiferenciados	20,09
Materiais orgânicos (turfeiras) associados a fundos de vale e áreas úmidas	8,97
Materiais cascalho arenosos com caos de blocos	23,07

**Fonte:** Adaptado de Nazar (2018).

De forma geral, a geocobertura cascalho-arenosa com caos de blocos ocorre em áreas de intensos afloramentos rochosos, estando presentes em unidades de relevo de cristas quartzíticas e em áreas dissecadas de colinas onduladas (NAZAR, 2018). A geocobertura caracterizada como cascalho-arenosas indiferenciadas ocorrem ao longo

dos eixos estruturais associadas aos relevos dissecados e fortemente dissecados, sendo formadas por camadas incipientes de cascalho e areia (NAZAR, 2018).

A classe de geocobertura de materiais areno-argilo-ferruginosos ou com concreções ferruginosas exibe uma camada de materiais relativamente profundos, ocorrendo de forma preponderante, nos relevos aplainados ou topos planos (áreas interfluviais) coincidindo com as superfícies residuais, que indicam longa exposição aos processos de intemperismo em climas tropicais (NAZAR, 2018).

A geocobertura cascalho-arenosa com camada orgânica está associada a topos planos (interflúvios) e relevo suavemente dissecado (NAZAR, 2018). A geocobertura de campos de murunduns caracterizam-se pelo micro relevo composto por montículos circulares, que se distinguem claramente na paisagem. Estes materiais, geralmente, estão associados à presença do ferro e de suas concreções (NAZAR, 2018).

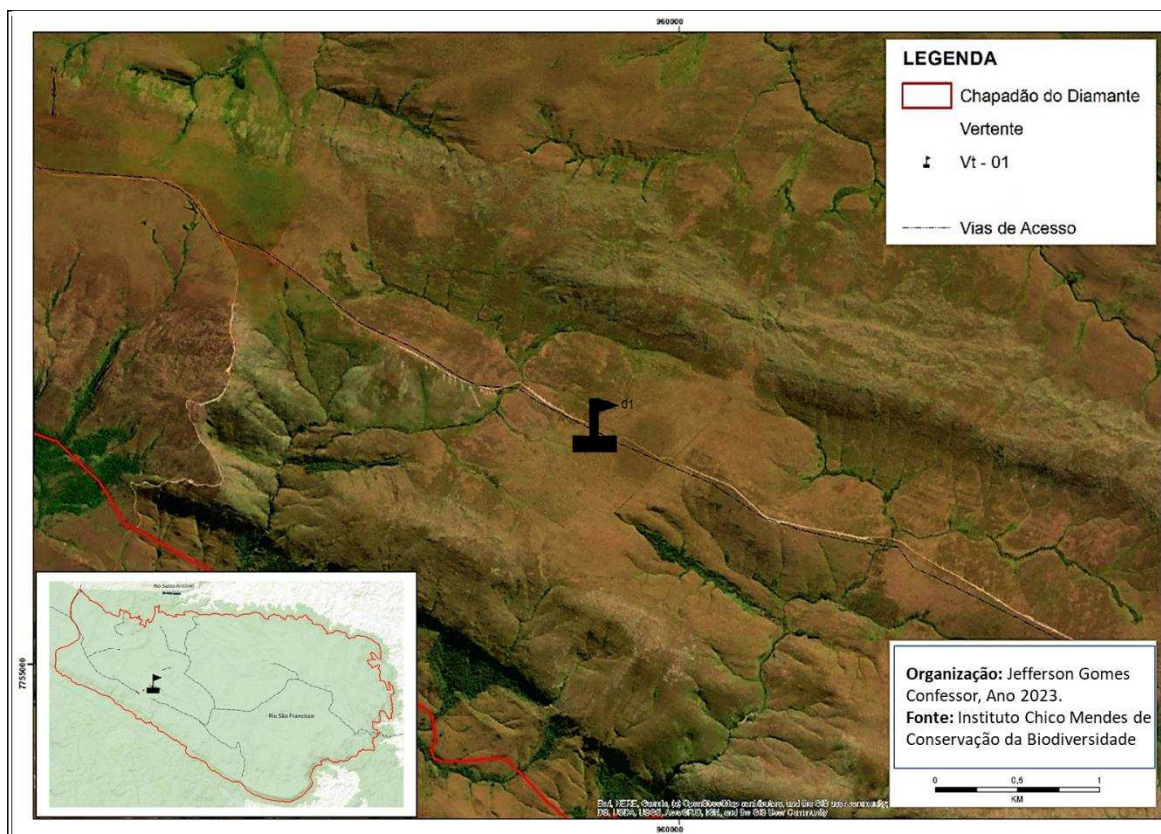
A geocobertura orgânica ocorre principalmente em áreas de fundos de vale, aparecendo eventualmente em áreas úmidas na porção de relevo em cristas quartzíticas, entremeio aos afloramentos, por impedirem a drenagem da água em tais locais (NAZAR, 2018).. Neste sentido, os principais padrões de relevo associados constituem aqueles fortemente dissecados, nos quais se observa vales encaixados e por vezes, cursos d'água correndo sobre as rochas (NAZAR, 2018).

Definidas as geocoberturas de análise, a seleção de áreas amostrais dentro de cada geocobertura priorizou a escolha de vertentes que englobassem a maior quantidade das classes selecionadas. Por não apresentar vertentes que exibissem todas geocoberturas selecionadas, foram escolhidas duas vertentes para realização do levantamento de informações, uma englobando cinco geocoberturas e outra apenas uma.

Na vertente que abrangeu maior quantidade de geocoberturas o levantamento de dados obedeceu a uma topossequência (FIGURA 25), com pontos distribuindo-se do fundo de vale até o divisor de águas, inserindo-se entre as coordenadas 20°13'55.47"S - 46°36'29.49"O e 20°14'7.14"S- 46°36'2.88"O.



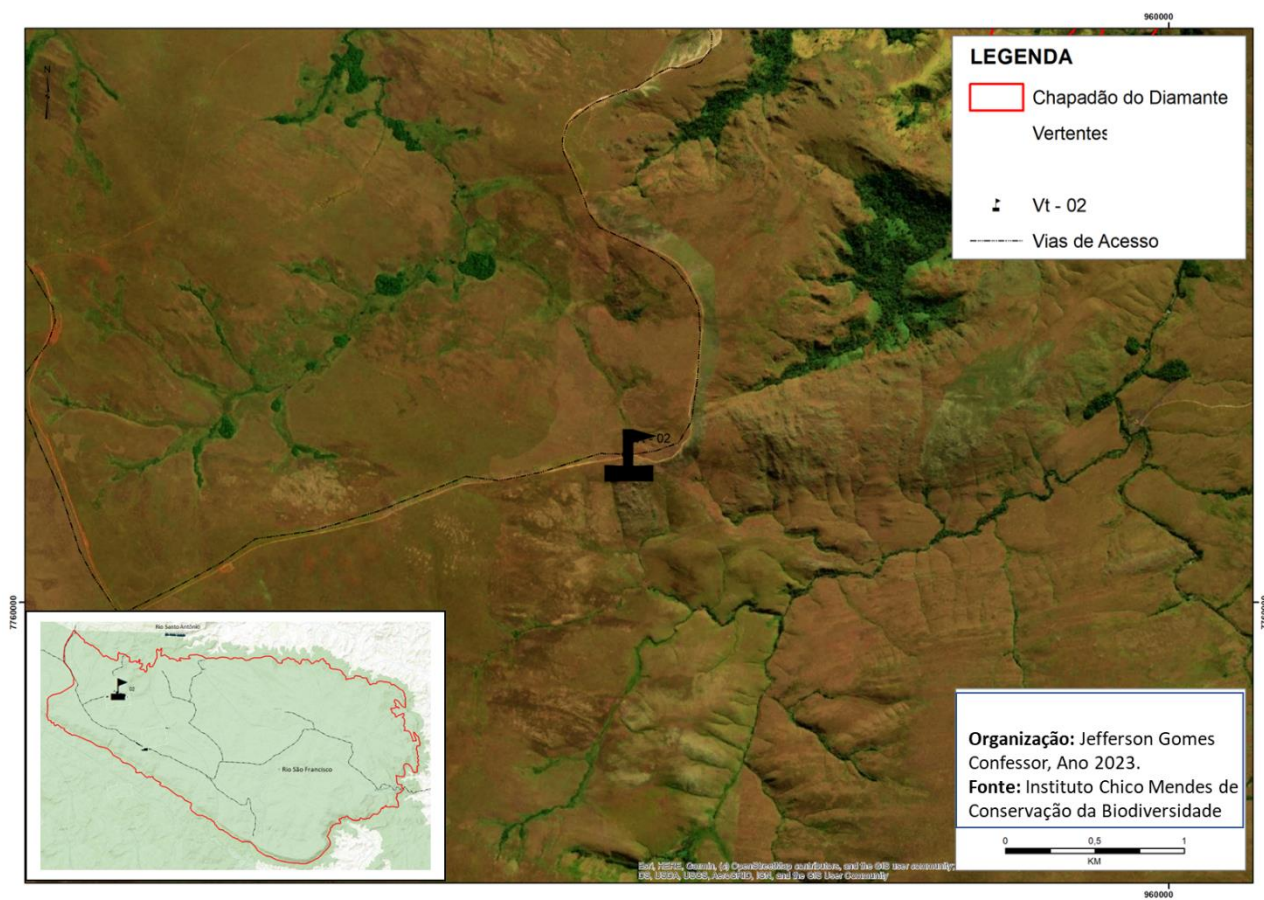
**Figura 24** - Mapa de localização da vertente de estudos.



Fonte: Autor.

A segunda vertente apresentou comprimento aproximado de 925 metros, com variação altimétrica de 43 metros (1298 à 1341 metros). Inseriu-se entre as coordenadas  $20^{\circ}11'48.81''S$   $-46^{\circ}37'42.71''O$  e  $20^{\circ}11'16.82''S$   $-46^{\circ}37'53.18''O$ . Nesta vertente, o levantamento de dados foi realizado de forma pontual, ocorrente apenas sobre a geocobertura restante, a qual distribui-se ao longo de uma área presente entre o divisor de águas o terço médio da vertente (FIGURA 26 - VT2).

**Figura 25** - Mapa de localização da vertente de estudos.



**Fonte:** Autor.



# CAPÍTULO IV



MATERIAIS E  
MÉTODOS

#### 4 MATERIAIS E MÉTODOS

A elaboração deste trabalho pode ser subdividida em três partes, sendo trabalhos em gabinete, campos e trabalhos em laboratório. Inicialmente buscou-se embasamento teórico necessário para a compreensão da dinâmica paisagística, de forma a produzir-se também um conhecimento acerca de métodos de análise e produção de dados sobre a dinâmica hídrica em vertentes.

Isto visou garantir maior critério e rigor para a construção e utilização de dois modelos distintos de infiltrômetros de campo, culminando na proposta a seguir, de expor as bases necessárias para construção, calibração, uso e levantamento de dados através dos equipamentos, de maneira a viabilizar sua utilização em estudos hidrogeomorfológicos.

Após estabelecimento das bases científicas e das demandas próprias deste trabalho, iniciou-se o processo de confecção dos aparelhos, partindo da escolha dos materiais, calibração e testes de campo. Estas etapas visaram implementar nos aparelhos os atributos desejados, assim como assegurar seu pleno funcionamento.

Estudos de gabinete permitiram levantar dados sobre a área de estudo, viabilizando o conhecimento de possíveis áreas amostrais representativas da região, as quais se tornaram a base para realização de experimentos utilizando-se os equipamentos desenvolvidos.

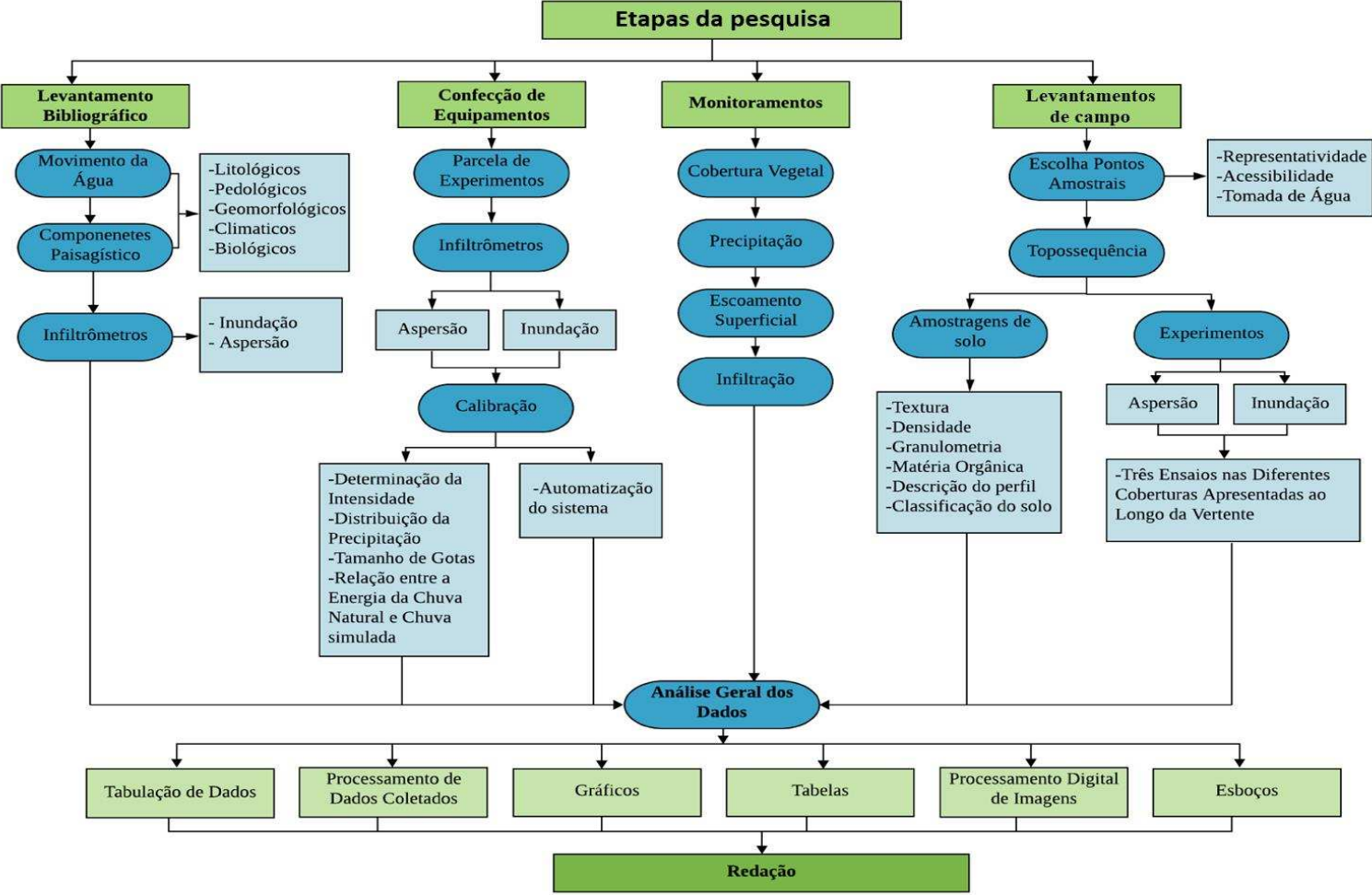
Trabalhos de campo preliminares foram necessários para verificar e selecionar os pontos de experimentos, os quais além das demandas do estudo, também deveriam expor ambientes que viabilizassem o uso dos equipamentos sem o comprometimento das normas de funcionamento do parque.

Após estabelecidos os locais, trabalhos de campo foram realizados para classificação e caracterização dos solos, sendo as amostras retiradas em campo, processadas em laboratório (Laboratório de Geomorfologia e Erosão de Solos – UFU), onde respeitou-se os procedimentos internos de análise assim como de manuais específicos abaixo descritos.

De posse dos dados, incursões de campo foram necessárias para realização dos experimentos que visaram o levantamento de dados envolvendo a dinâmica hidrogeomorfológica das vertentes. Pós coleta de dados, as informações geradas em campo e em laboratório foram sistematizadas e confrontadas com informações expressas na literatura.

A soma destes processos viabilizou representar os resultados desta pesquisa na forma de mapas, gráficos, tabelas e esboços, podendo as etapas serem acompanhada através do fluxograma a seguir, o qual expõe de forma simplificada as fases e processos mencionados anteriormente (FIGURA 24).

Figura 26 – Fluxograma de trabalho



Fonte: Autor.

## **4.1 CONSTRUÇÃO E CALIBRAÇÃO DO SIMULADOR DE CHUVAS**

Nos textos abaixo encontram-se descritos os procedimentos para construção e utilização do infiltrômetro de anéis de carga pouco variável. Para melhor compreensão e visualização dos processos realizou-se a confecção de vídeos explicativos do equipamento sendo utilizado em campo, disponíveis nos link's: <https://www.youtube.com/watch?v=uAAmeXTfSo8>  
<https://www.youtube.com/watch?v=6xt0bstepWg>

### **4.1.1 CARACTERIZAÇÃO DAS PRECIPITAÇÕES NATURAIS DA ÁREA DE ESTUDOS**

Para conhecimento das características das precipitações ocorrentes na área de estudo, foram analisados dados provenientes de uma estação pluviométrica. Visto que a área de experimentos se localiza em um ambiente de pouca infraestrutura, utilizou-se dados de precipitação da estação pluviométrica mais próxima que exibiu base de dados robusta e confiável.

A estação Vargem Bonita (2046013) foi a selecionada, localizando-se a aproximadamente 25 km da área de experimentos ( -20,330; -46,3666). A estação apresenta dados de precipitação diária por um período que compreende os anos de 1975 até 2021. Por se tratar de dados oriundos dos totais precipitados diários, não se pode obter o conhecimento das intensidades de cada precipitação, sendo analisados os valores acumulados.

A determinação da intensidade a ser replicada pelo simulador de chuvas foi obtida por meio da regressão dos valores precipitados diários, sendo o valor a ser reproduzido resultante do coeficiente de intercepção da linha de regressão. Para análise, foram selecionadas apenas as chuvas erosivas da região, ou seja, precipitações acima de 10,0 mm, visto que estas possuem maior potencial de realizar alterações nos ambientes (ELTZ et al., 2011; ALMEIDA et al., 2011; VALVASSORI e BACK, 2014).

### **4.1.2 SIMULADOR**

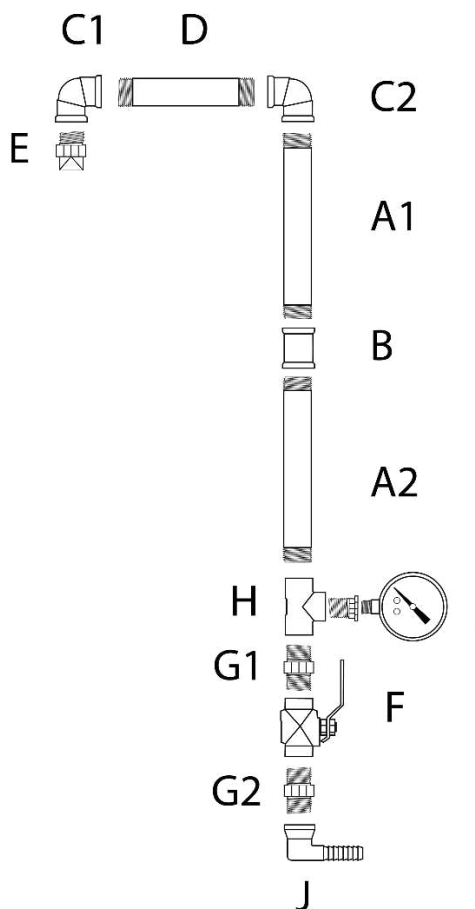
O simulador foi projetado de maneira a se tornar uma ferramenta leve e portátil. Confeccionado em partes segmentantes, seu uso, transporte, utilização e armazenamento é facilitado, se tornando uma ferramenta ideal para campo (FIGURA 27). O equipamento

é composto por uma haste principal, constituída por um tubos de aço galvanizado de ½ polegada, seccionado em duas partes equidistantes de 1,25 metros cada (A1 e A2), acopladas uma a outra por meio de uma luva (B). O posicionamento do bico aspersor (E) sobre a área de testes é promovido através de um tubo de 90 cm (D), fixado de forma horizontal utilizando-se de joelhos de 90° (C1 e C2).

A entrada de água no equipamento ocorre por meio de um conector rosqueavel de 90° com entrada para mangueiras de ½ polegada (J), acoplado na parte inferior da haste principal. A aferição da pressão de funcionamento é acompanhada através do uso de um manômetro (I), o qual é conectado no sistema por meio de um nipse redutor e uma conexão em T (H).

Para ajuste da pressão de funcionamento e vazão da água, um registro de esfera (F) é encaixado na haste principal abaixo do manômetro, utilizando-se de um nipse (G1). Conferindo ao simulador altura entre sua base e topo de 2,65 metros.

**Figura 27** – Composição de peças utilizadas para construção do simulador de chuvas.



**Fonte:** Autor.



Ressalta-se que, por utilizar peças de conexão, e estas apresentarem dimensões que variam de acordo com cada fabricante, torna-se necessário a montagem do equipamento e posterior aferição de sua altura, podendo qualquer diferença encontrada ser ajustada no comprimento da haste principal.

O posicionamento do simulador no local de testes deve ser realizado por meio do uso de cabos de poliéster, sendo afixados ao equipamento e posteriormente amarrados a ganchos cravados no solo, permitindo sua sustentação vertical e evitando possíveis tremulações, que podem refletir em distorções na distribuição das chuvas sobre a superfície.

#### **4.1.3 CALIBRAÇÃO DO SIMULADOR**

Buscou-se para este estudo a produção de um equipamento de baixa estatura, capaz de replicar precipitações de alta intensidade a baixas pressões de funcionamento, gerando gotas de tamanho semelhante às naturais dotadas de velocidades terminais reais, compatíveis com cada diâmetro.

Não foram encontrados equipamentos na literatura que atendessem as demandas próprias desta pesquisa, neste sentido, houve a necessidade da construção de um equipamento personalizado. Para tal, diferentes modelos de simuladores de chuvas foram construídos e calibrados, de maneira a proporcionar a opção de escolha do modelo que atendesse da melhor forma as demandas impostas.

Para tal, intensidade, distribuição da precipitação, demanda de água e tamanho de gotas foram avaliadas em baterias de testes, os quais envolveram a utilização de diferentes pontas de aspersão (20 e 27 wsq), variação da altura de posicionamento dos aspersores (2,10 e 2,65 metros) e utilização de diferentes pressões de funcionamento (7,12 e 10 PSI), totalizando 10 possíveis configurações do equipamento.

#### **4.1.4 BICOS DE ASPERSÃO**

Por meio de seu funcionamento, bicos aspersores imprimem características às precipitações replicadas, como: tamanho de gotas, raio da área molhada, intensidade e homogeneidade da precipitação, refletindo no consumo de água, altura do simulador e pressão de serviço, tornando-se uma peça capaz de influenciar nos atributos das chuvas replicadas, formas de uso do simulador, dimensões dos equipamentos e demandas para pleno funcionamento.

Deste modo, além dos critérios científicos básicos para construção de um simulador de chuvas, a escolha do bico de aspersão para este trabalho também necessitou apresentar as seguintes demandas de uso, sendo: 1- apresentar baixo consumo de água, para viabilizar uso do equipamento em áreas remotas; 2- reproduzir precipitações em baixas pressões de serviço, de maneira a viabilizar a utilização de motobombas de baixa potência, auxiliando na movimentação e reduzindo o consumo de combustível; e por fim, 3- possibilitar a confecção de um simulador de baixa estatura, de forma a minimizar a interferência do vento na distribuição das gotas assim como reduzir as dimensões do equipamento, facilitando sua mobilidade e montagem em campo.

Para viabilizar a melhor escolha desta peça fundamental, realizou-se testes utilizando-se de dois modelos de bicos de aspersão do tipo cone cheio, dotados de características distintas de tamanho de gotas, raio de ação, vazão e distribuição. Optou-se pela escolha dos aspersores 20 WSQ e 27 WSQ, fabricados por uma empresa de abrangência mundial (Spraying Systems), ofertando a possibilidade de construção do mesmo equipamento em outros locais além do território nacional.

#### **4.1.5 PRESSURIZAÇÃO DA ÁGUA NO SIMULADOR DE CHUVAS**

Por se tratar de um equipamento de campo, utilizou-se para conduzir e pressurizar a água até o simulador de chuvas uma motobomba autorpopelida a gasolina de 2,8 hp, conferindo mobilidade ao equipamento (FIGURA 28). A demanda de baixa pressão de funcionamento possibilitou a escolha do equipamento de pequeno porte, facilitando seu transporte de maneira a corroborar na execução dos experimentos em áreas remotas, como a expressa neste trabalho.

**Figura 28** – Motobomba autopropelida a gasolina.



Fonte: Autor.

#### 4.1.6 DISTRIBUIÇÃO DA PRECIPITAÇÃO

Para avaliar a dispersão e a intensidade das precipitações reproduzidas, utilizou-se de uma malha de recipientes coletores dispostos em forma de grade (FIGURA 29). O conjunto de recipientes foi posicionado abaixo do simulador de chuvas em distâncias equidistantes de 40 cm, distribuídos entre 8 linhas e 8 colunas, totalizando 64 coletores.

**Figura 29** – Verificação da distribuição da intensidade.



Fonte: Autor.

A captação dos dados foi realizada por meio de três simulações para cada modelo de simulador produzido, sendo testadas 10 configurações que envolveram a variação de dois modelos de aspersores (20 WSQ, 27 WSQ), duas alturas de posicionamento dos bicos (2,12 e 2,5 metros) e duas pressões de funcionamento (0,5 e 0,7 bar), totalizando 30 repetições.

#### 4.1.7 COEFICIENTE DE DISTRIBUIÇÃO DE CHRISTIANSEN

Para aferir a homogeneidade da distribuição das precipitações replicadas adotou-se como modelo o Coeficiente de distribuição de Christiansen (Christiansen 1942). Esse índice expressa o grau de variação existente entre os desvios absolutos, sendo obtido entre a diferença de cada valor observado de um conjunto e a média geral (SILVA et al., 2002), definido por meio da seguinte forma:

$$CUC = 100 \left[ 1 - \left( \frac{\sum_{i=1}^N |x_i - \bar{x}| / N}{\bar{x}} \right) \right]$$

em que: CUC

$N$ - Número de observações;

$x_i$ - Lâmina de água aplicada no  $i$ -ésimo ponto sobre a superfície do solo;

$\bar{x}$  - Lâmina média aplicada.

#### 4.1.8 DISTRIBUIÇÃO DA PRECIPITAÇÃO

A espacialização dos volumes precipitados foi realizada por meio do Software Surfer 16. De posse dos dados de distribuição da precipitação, utilizou-se a ferramenta Grid Data, a qual por meio de modelos estatísticos gera isolinhas de distribuição, sendo espacializadas através de modelos 3D.

#### 4.1.9 AVALIAÇÃO DAS GOTAS PRODUZIDAS

Para avaliar o espectro de gotas gerado pelas pontas de aspersão utilizou-se de papéis Hidrossensíveis (CONFESSOR, 2019). Ao colidir com a superfície do papel, as gotas de água alteram a coloração original das fitas, tornando possível avaliar seus

diâmetros por meio do uso de programas computacionais. Para este procedimento utilizou-se o software GOTAS (EMBRAPA, 1999), o qual calcula o fator de espalhamento das manchas obtidas nas amostras, corrigindo-as para os diâmetros reais das gotas, e, através da interpolação polinomial calcula-se o diâmetro mediano volumétrico (VMD) e o diâmetro mediano numérico (NMD).

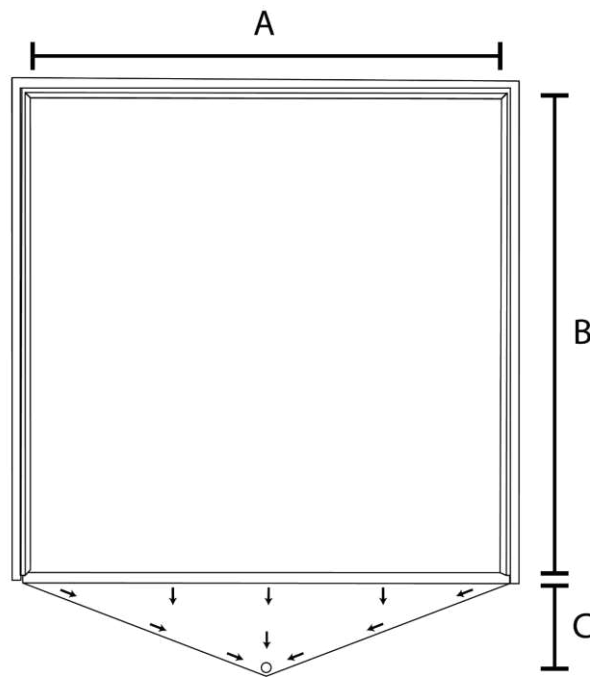
Nesta etapa, utilizou-se de três papéis hidrossensíveis para avaliar as classes de tamanho das gotas produzidas por cada ponta de aspersão em duas pressões distintas (7,12 e 10 psi) totalizando 12 amostras, as quais foram expostas à precipitação por um tempo de 1 segundo, em uma altura de 50 centímetros em relação ao solo. Após isto, os papéis foram scaneados em uma qualidade de 300dpi, sendo as imagens geradas tratadas pelo *software* Gotas.

#### **4.1.10 PARCELA**

Para viabilizar a avaliação dos efeitos das chuvas simuladas sobre a superfície, utilizou-se de uma parcela de experimentos móvel, a qual permitiu abrigar e mensurar processos em seu interior. Ressalta-se que, além de delimitar o ambiente de análise, as dimensões da parcela também devem atender as características de distribuição da precipitação replicada pelo simulador, a qual deve abranger uma área com coeficiente de distribuição da chuva superior a 80 %.

O modelo de parcela desenvolvido assemelha-se ao utilizado por Sobrinho et al. (2008), a qual apresenta dimensões de 70 centímetros de largura (FIGURA 30 A), 100 centímetros de comprimento (B) e 15 centímetros de altura. Em uma de suas laterais menores, uma calha concentradora é posicionada (C), destinando o fluxo produzido no interior da parcela até um orifício de coleta, o qual conduz o fluxo até um recipiente de armazenamento (FIGURA 30).

**Figura 30** – Parcela de experimentos.



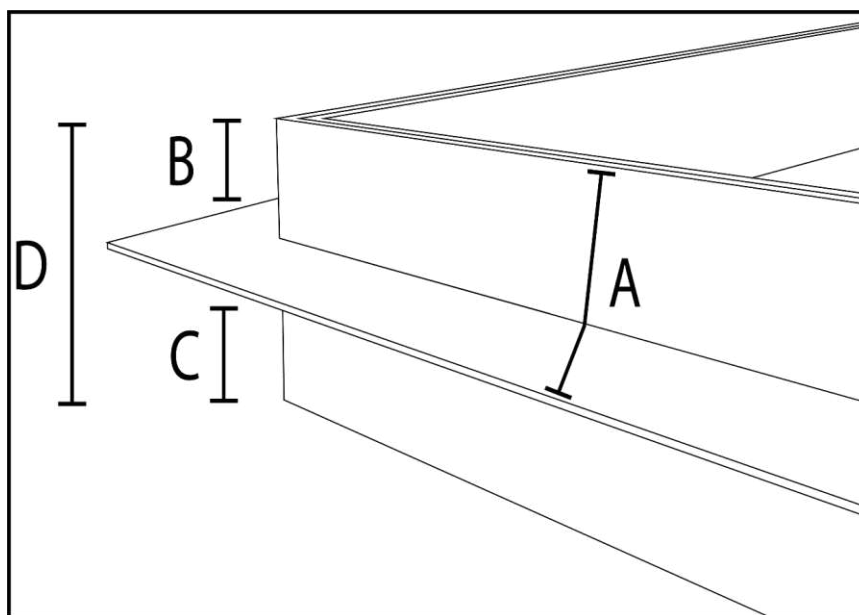
**Fonte:** Autor.

A parcela é inteiramente confeccionada em chapas de aço de 3 mm, soldadas entre si de forma a se produzir um equipamento sem partes móveis, facilitando seu posicionamento no terreno. Sua fixação no solo é realizada através de seu cravamento, o qual uma vigota de madeira é posicionada sobre as laterais da parcela, e, com auxílio de uma marreta, golpes são disferidos sobre a vigota, distribuindo a força aplicada entre as laterais, cravando-a no perfil de maneira a gerar mínima desagregação do solo, evitando possíveis distúrbios nas áreas de experimentos.

Para evitar deformações nas chapas de aço geradas pelos sucessivos impactos dos golpes de cravamento, cantoneiras em aço de 3mm e 5 centímetros de altura (FIGURA 31 A) devem ser soldadas ao longo de suas laterais superiores, gerando paredes duplas.

O ressalto da cantoneira (A) também auxilia na delimitação da profundidade do cravamento, sendo que, dos 20 centímetros de altura totais (D), 15 centímetros são cravados no solo (C), restando 5 centímetros sobre a superfície (B), necessários para condução dos fluxos gerados na parcela até a calha concentradora.

Figura 31 – Lateral da parcela de experimentos.



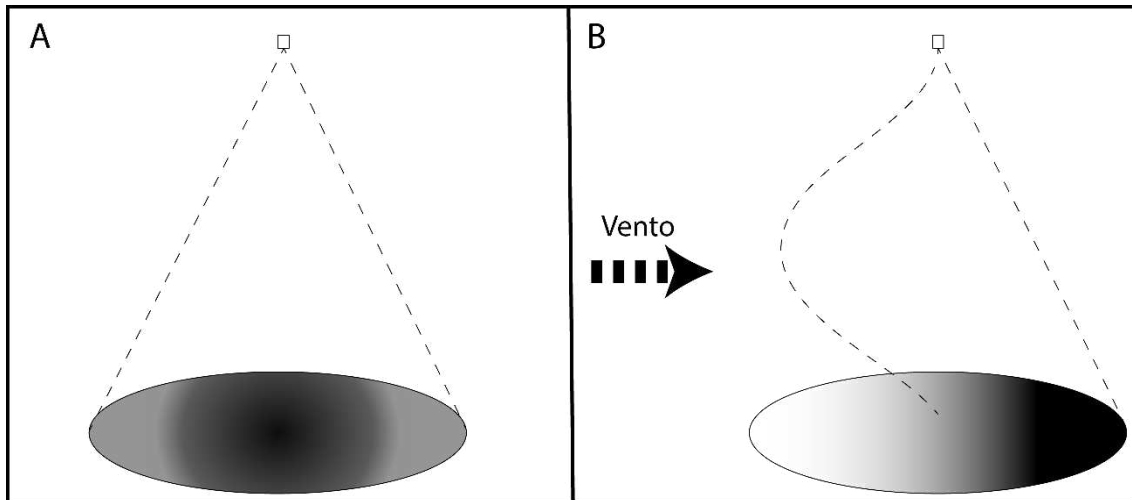
Fonte: Autor.

#### 4.1.11 PROTEÇÃO CONTRA O VENTO

A intensidade da chuva simulada é definida por meio das seguintes variáveis: Pressão de serviço; vazão; altura do bico de aspersão; e posição dentro da seção molhada. Entretanto, o vento se mostra como uma variável externa que possui a capacidade de alterar de forma considerável a distribuição da precipitação simulada, e por consequência, sua intensidade.

A ação do vento pode gerar a dispersão e/ou concentração dos volumes precipitados (FIGURA 32), refletindo na entrada desigual dos volumes precipitados, tornando-se complexo mensurar com exatidão seu efeito nos totais precipitados sobre a área de testes em cada simulação. Deste modo, o vento se apresenta como variável indesejada no processo de simulações de chuvas.

**Figura 32** – Efeito do vento na distribuição da chuva produzida. A- Distribuição da intensidade em livre de vento. B- Efeito do vento na distribuição da precipitação, produzindo o realocamento da intensidade sobre a área de experimentos.



**Fonte:** Autor.

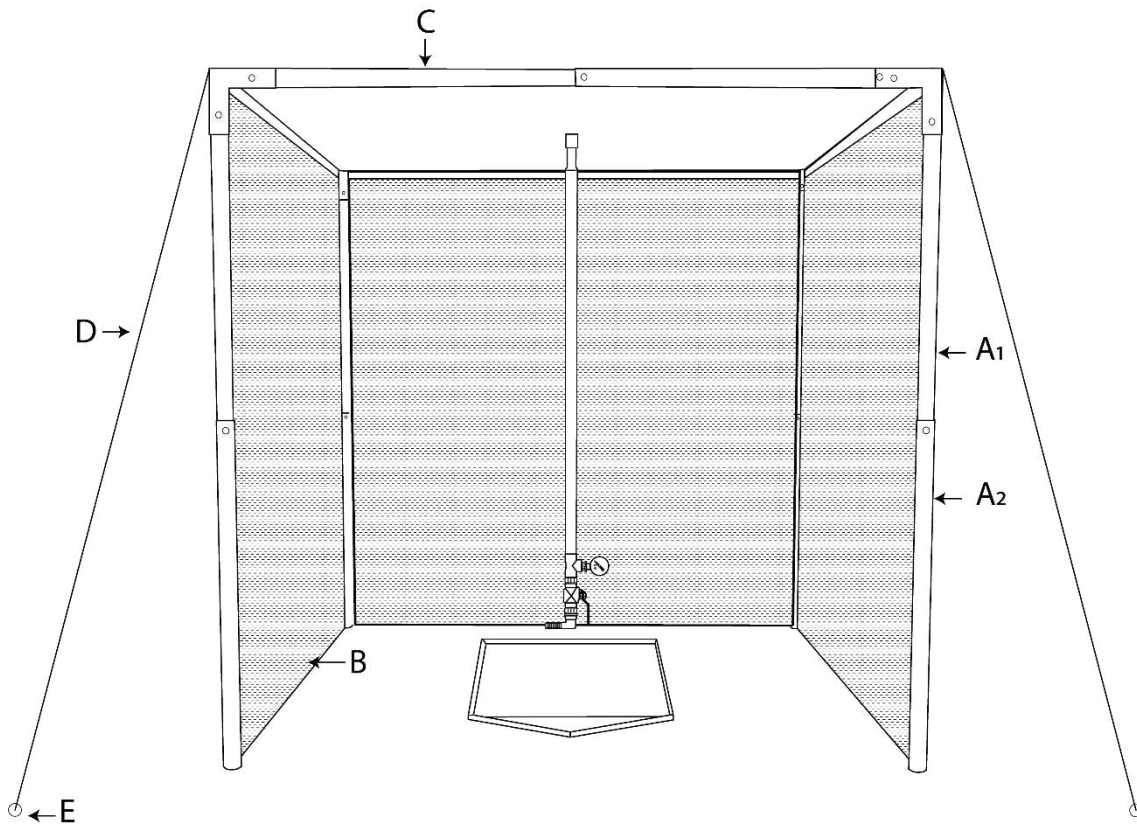
A calibração do simulador é realizada em ambiente controlado, com testes ocorrentes sob condições mais homogêneas possíveis. Por se tratar de uma ferramenta de uso de campo, o controle da variável vento no ambiente externo se faz de fundamental importância para que o equipamento possa replicar as precipitações desejadas nos moldes das obtidas em laboratório.

Para tal, foi necessário para este estudo a elaboração de uma barreira de proteção contra os efeitos da ação dos ventos (FIGURA 33), de forma a permitir o uso do simulador sob condições adversas, ampliando sua utilidade e garantindo a qualidade dos dados obtidos.

A estrutura confeccionada possui 2,7 m de altura, 2,7 m de comprimento e 2,7 m de largura. Devido sua dimensão, foi elaborada em partes segmentáveis, auxiliando seu uso e transporte. Construída por meio de tubos de aço de 2,8 cm de diâmetro (A1) e 3 cm de diâmetro (A2), com 1,5 m de extensão cada, as partes são encaixadas umas às outras através de parafusos, gerando uma estrutura de aço em forma de caixa. Para barrar a entrada do vento, tela de sombrite 80 %, deve ser afixada em todas as laterais.



**Figura 33** - Proteção do simulador de chuvas contra a ação dos ventos. A1 – tubo de aço de 2,8 cm de diâmetro; A2- Tubo de aço de 3 cm de diâmetro; B- Tela sombrite 80 %; C- Área que também apresenta o uso de tela sombrite 80 %; D- Cordas de fixação; E- Gancho.



**Fonte:** Autor.

Para evitar possíveis movimentos, a estrutura deve ser amarrada ao solo, utilizando-se de ganchos de aço e cabos de poliéster. A montagem do simulador de chuvas no interior da estrutura confere local necessário para excluir a variável vento, permitindo seu uso em diferentes ambientes de campo.

#### **4.1.12 OBTENÇÃO DE ÁGUA**

No processo de simulação de chuvas a água se mostra como fator determinante para a realização dos experimentos. Sua demanda vai além da necessária dentro da área de testes, visto que a área molhada produzida no ato de simulação não se restringe aos limites da parcela. Cada equipamento possui uma demanda própria de água, sendo influenciada pela pressão de serviço, tempo de funcionamento, vazão, quantidade e característica de dispersão dos bicos utilizados.

Levando em conta estes fatores, o cálculo do volume de água necessário para a realização dos testes deve ser realizado de forma prévia às simulações, uma vez que, após iniciada, a interrupção dos experimentos pode gerar incertezas e vir a comprometer a qualidade dos dados produzidos, sendo a demanda de água necessária para os testes obtida por meio da seguinte fórmula:

$$Da = (Vb.Nb)T$$

onde:

*Da* - Demanda de água

*Vb* - Vazão de água no bico de aspersão sob determinada pressão

*Nb* - Número de bicos

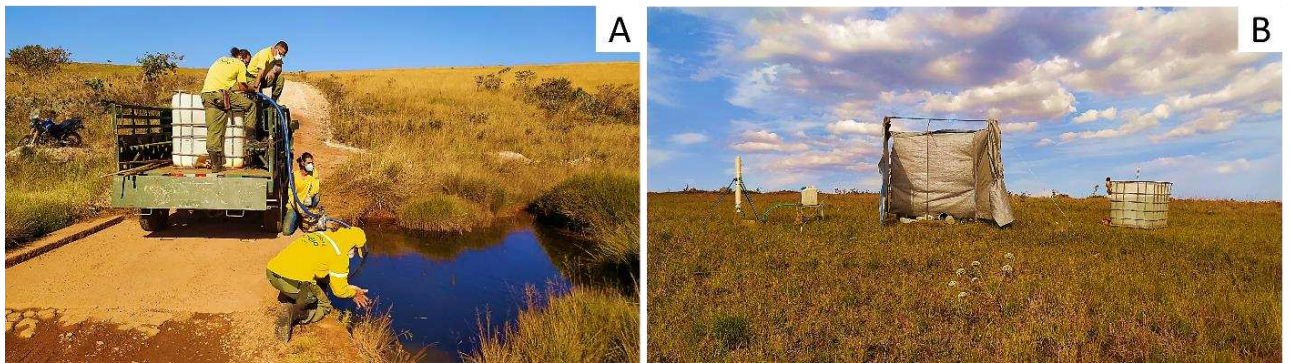
*T* - Tempo de funcionamento

Simuladores de gabinete usualmente possuem tomadas de água próximas às áreas de experimentos, facilitando seu uso e execução dos testes. Diferente disto, para simuladores de campo, a água representa-se como componente de restrição, visto que em ambiente externo, usualmente não existem fontes de água próximas a todos os locais de realização de experimentos, tornando-se necessário a estocagem prévia dos volumes demandados.

Para este estudo, o equipamento utilizou-se de 10,3 litros de água por minuto (L/m), totalizando para 30 minutos de simulação 309 litros. Por se tratar de uma área remota e de difícil acesso, um curso d'água localizado na porção inferior da vertente de experimentos se consolidou como fonte de água para todos os testes, o qual expôs água transparente e sem material particulado em suspensão que pudesse ocasionar entupimentos ao bico aspersor.

Os volumes necessários para realização dos experimentos foram bombeados diretamente do córrego e/ou transportados através do uso de veículo 4x4 até as áreas dos testes, sendo a água armazenada em recipientes de 1.000 litros (FIGURA 34).

**Figura 34** – Captação e armazenagem de volumes água necessários para realização dos experimentos. Captação da água em córrego (A); Armazenagem no local de testes (B).



Fonte: Autor.

#### 4.2 INFILTRÔMETRO DE ANEL DUPLO DE CARGA POUCO VARIÁVEL

A utilização de infiltrômetros de anéis duplos pode ser acompanhada em diversos trabalhos (COELHO et al, 2000; NUNES et al., 2012; FAGUNDES et al., 2012; RIBERIRO et al., 2019). No geral, seu funcionamento se efetiva pelo cravejamento dos cilindros no solo, os quais são posteriormente preenchidos por água. Com o início da infiltração, o nível de água no interior dos anéis rebaixa de forma gradual até o limite estipulado pelo pesquisador, sendo novamente preenchido por água até o nível inicial.

Neste sistema, exige-se a necessidade constante de reabastecimento dos anéis de forma manual, demandando tempo e atenção por parte do pesquisador, tornando-se um processo repetitivo e cansativo, no qual, se não realizado de maneira correta e homogênea ao longo de todo período de testes, pode vir a comprometer a qualidade dos dados obtidos.

Além disto, a variação na coluna de água no interior dos anéis promove alterações de carga sobre o solo, a qual modifica a pressão exercida pelo fluido sobre a superfície. A oscilação da pressão gera reflexos no movimento de infiltração, acelerando sua velocidade de acordo com o seu aumento.

Neste sentido, visando evitar flutuações no nível de água e por consequência alterações nas taxas de infiltração, assim como facilitar o uso do equipamento e produzir dados mais precisos, confeccionou-se para este trabalho um modelo de infiltrômetro de inundação capaz de regular a coluna de água no interior dos anéis de forma automática, com capacidade de produzir baixa variação de carga sobre o solo ao longo de todo período de experimentos, garantindo um ambiente de análise mais homogêneo e possibilitando a prospecção de dados em condições mais precisas.

Por se tratar de um equipamento de campo, as dimensões do infiltrômetro foram elaboradas para facilitar seu uso e transporte, sendo desenvolvido em partes que se segmentam para conferir maior mobilidade ao equipamento, expandindo sua capacidade de uso para diferentes localidades.

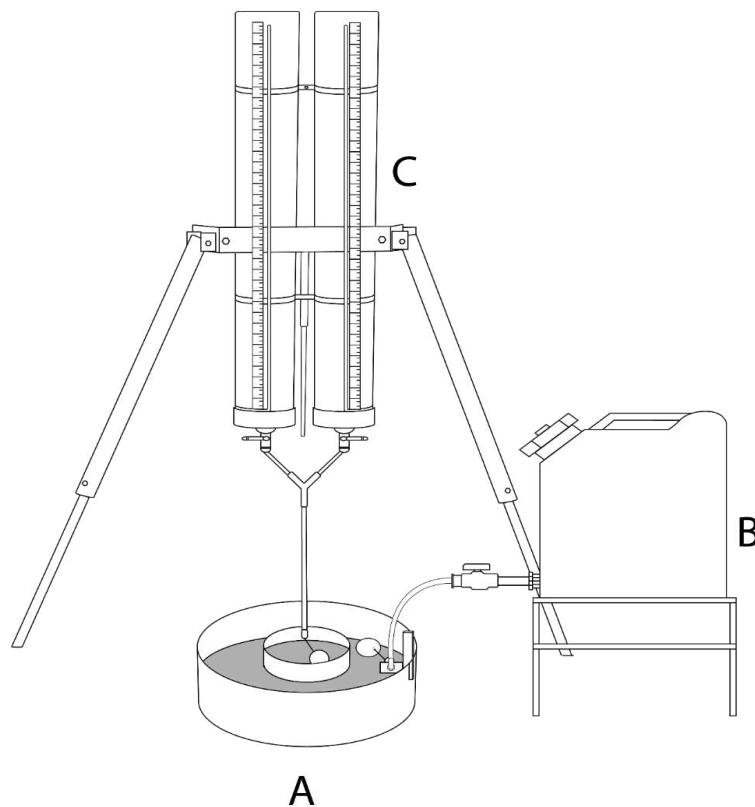
Buscou-se descrever em detalhes como sua confecção foi realizada, visto que na literatura não foram encontrados modelos semelhantes. Este empenho se traduz na possibilidade de incorporação deste equipamento em futuros estudos, de maneira a exibir os materiais e métodos necessários para sua construção e uso.

Para melhor compreensão e visualização dos processos realizou-se a confecção de um vídeo explicativo do equipamento sendo utilizado a campo, disponível no link: <https://www.youtube.com/watch?v=tY53LBW6zQE>

#### 4.2.1 COMPONENTES

Para melhor compreensão, o equipamento pode ser subdividido em três grandes partes (FIGURA 35), sendo: Anéis duplos (A); Recipiente de abastecimento do anel externo (B); e Recipientes de abastecimento do anel interno (C).

**Figura 35** – Infiltrômetro de inundação de anéis concêntricos e carga pouco variável.



**Fonte:** Autores

#### 4.2.2 ANEL INTERNO

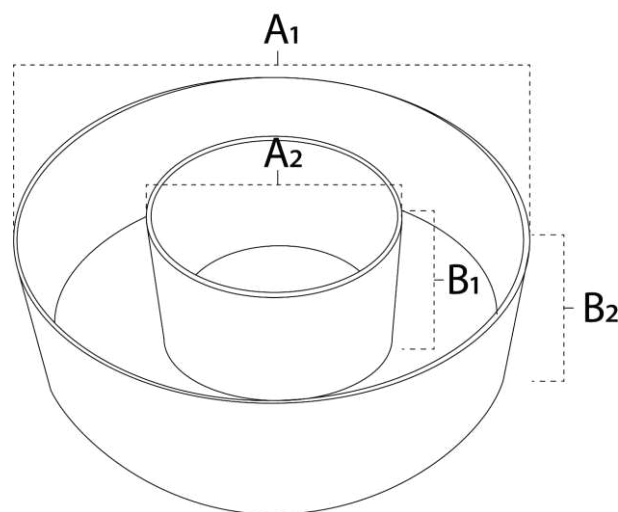
Partindo dos anéis (FIGURA 36 A), os memos se caracterizam por dois cilindros de aço de 3 mm de espessura, se diferindo apenas em diâmetro (FIGURA 36), sendo utilizadas as medidas de 25 centímetros para o anel interno (A1) e 50 centímetros para o anel externo (A2) (MANUAL de IRRIGAÇÃO e DRENAGEM, 1987; RIBERIRO et al., 2019; NASCIMENTO et al., 2020).

A altura dos anéis apresenta duas funções básicas: a primeira é de limitar uma área de tamanho estimado no interior do solo, sendo este objetivo alcançado por meio do cravamento dos cilindros; e, como segunda função, promover ambiente para armazenamento da água sobre a superfície, acondicionando o fluido e limitando sua exposição em uma área determinada.

Para o equipamento em questão, respeitou-se a profundidade de cravamento difundida na literatura de 15 centímetros (MANUAL de IRRIGAÇÃO e DRENAGEM, 1987; COSTA et al., 1999; VIANA et al., 2015), com aplicação de uma lâmina d'água de 5 centímetros sobre a superfície (FAGUNDES et al., 2012, SANTOS et al., 2013), havendo oscilação aproximada de 1 centímetro.

O acondicionamento dos materiais necessários para controle da liberação da água no interior dos anéis demandou uma área de 10 cm, totalizando cilindros com dimensões de 30 cm de altura (FIGURA 36, B1 e B2). Cabe ressaltar que em caso de utilização de materiais que se diferem dos citados, a altura dos anéis pode ser alterada para melhor adaptação das peças necessárias para o funcionamento ideal do equipamento.

**Figura 36** – Anéis concêntricos: A1 – Anel externo; A2- Anel interno; B1 e B2 Altura dos anéis.



Fonte: Autor.

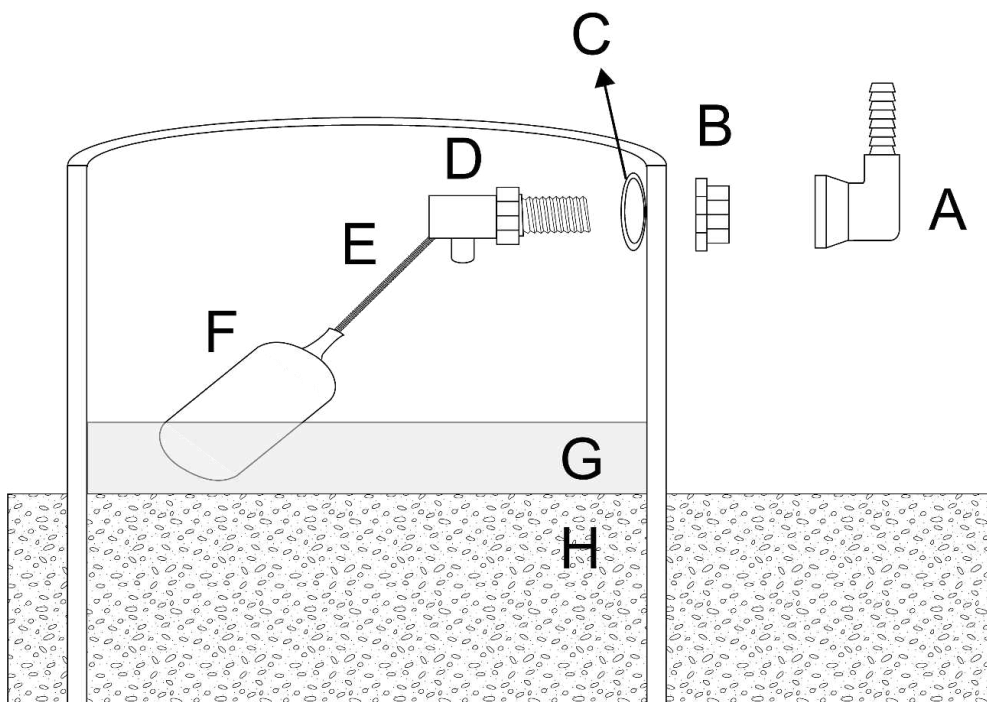
O nível de água pouco variável no interior dos anéis é obtido por meio do uso de válvulas do tipo bóia. No mercado existem diversos tipos e modelos, cada qual com dimensões e características de vazão que se diferem, tornando necessário o conhecimento de seu funcionamento por meio de uma aferição prévia, de maneira a garantir que a vazão de reposição supere às demandas de infiltração.

A fixação do registro do tipo bóia no anel interno (FIGURA 37) foi feita através da abertura de um furo no topo do cilindro (C), sendo inserido a válvula (D) e afixada por meio de uma contra-porca (B), o nível de água de 5 centímetros no interior do cilindro (G) deve acionar o mecanismo de fechamento da água (D), para que isto ocorra, a haste (E) deve posicionar a bóia (F) de forma a coincidir com o nível da água, produzindo completo fechamento da válvula.

Este procedimento pode ser realizado por meio da dobra da haste (E) ou sua substituição por uma barra roscada, a qual deve ser cortada no tamanho ideal para fixar a bóia (F), permitindo um ajuste fino através de seu rosqueamento até atingir o completo fechamento da válvula aos 5 centímetros de coluna d'água.

A alimentação da válvula (D) é realizada por meio da fixação de um joelho de mangueira rosqueável do tipo espigão (A), o qual é conectado ao restante do equipamento por meio de uma mangueira de  $\frac{3}{4}$ .

**Figura 37** – Fixação de registro do tipo bóia no anel interno.



Fonte: Autor.

### 4.2.3 CILINDRO DE ARMAZENAGEM DE ÁGUA PARA O ANEL INTERNO

O recipiente de armazenagem de água utilizado para abastecimento do anel interno (FIGURA 35 C) foi elaborado de maneira a suprir as seguintes demandas: 1- Ser portátil; 2- Permitir a aferição do rebaixamento do nível da água em seu interior de forma rápida e precisa; 3- Garantir o fornecimento de água de maneira contínua ao longo de todo período de testes, permitindo seu reabastecimento sem interrupção dos experimentos; 4- Ser utilizável em diferentes tipos de ambientes de campo; e 5- Apresentar construção robusta, minimizando possíveis problemas em campo.

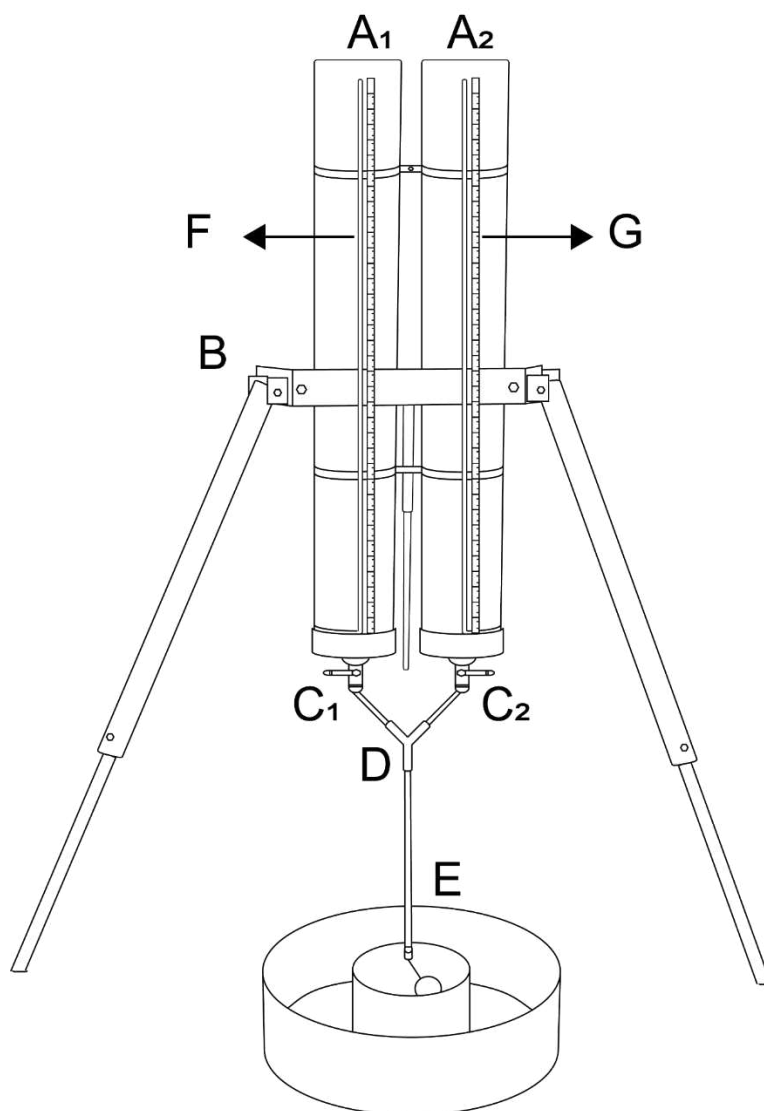
O equipamento desenvolvido é subdividido em duas grandes partes (FIGURA 38), sendo os recipientes de armazenagem (A1 e A2) e o suporte de fixação dos recipientes (B). Sua portabilidade foi obtida através da elaboração de um equipamento que se segmenta em diferentes partes, o qual expõe fácil montagem, permitindo melhor capacidade de armazenamento e mobilidade.

Para garantir o fornecimento de água de maneira constante e possibilitar seu reabastecimento sem a necessidade de interrupção dos experimentos, utilizou-se dois recipientes de armazenagem com acionamento distinto (A1 e A2). Desta forma, ao esgotar o volume de um dos recipientes, o acionamento de um registro possibilita a utilização do volume armazenado no outro, garantindo a continuidade dos experimentos enquanto o cilindro vazio é novamente preenchido por água.

Para os cilindros de armazenagem foram utilizados canos de PVC de 100 mm de diâmetro e 1,2 metros de altura. Faz-se interessante a utilização de cilindros que apresentem diâmetro menor ao do anel ao qual fornecerão água, pois, sob mesma demanda de água, haverá maior oscilação no nível do cilindro de menor diâmetro, tornando-se uma peça mais sensível ao movimento da água, gerando registros mais precisos e de maior detalhe.

Para realizar as leituras de maneira rápida, utilizou-se de uma mangueira de nível (F) fixada na parte externa de cada tubo, permitindo o acompanhamento da variação da coluna d'água através de uma fita graduada de 1 metro de extensão (G). Nestas condições, cada tubo possui capacidade de armazenagem útil de 7,85 litros de água.

**Figura 38** – Recipientes de leitura e reposição de água.



**Fonte:** Autor.

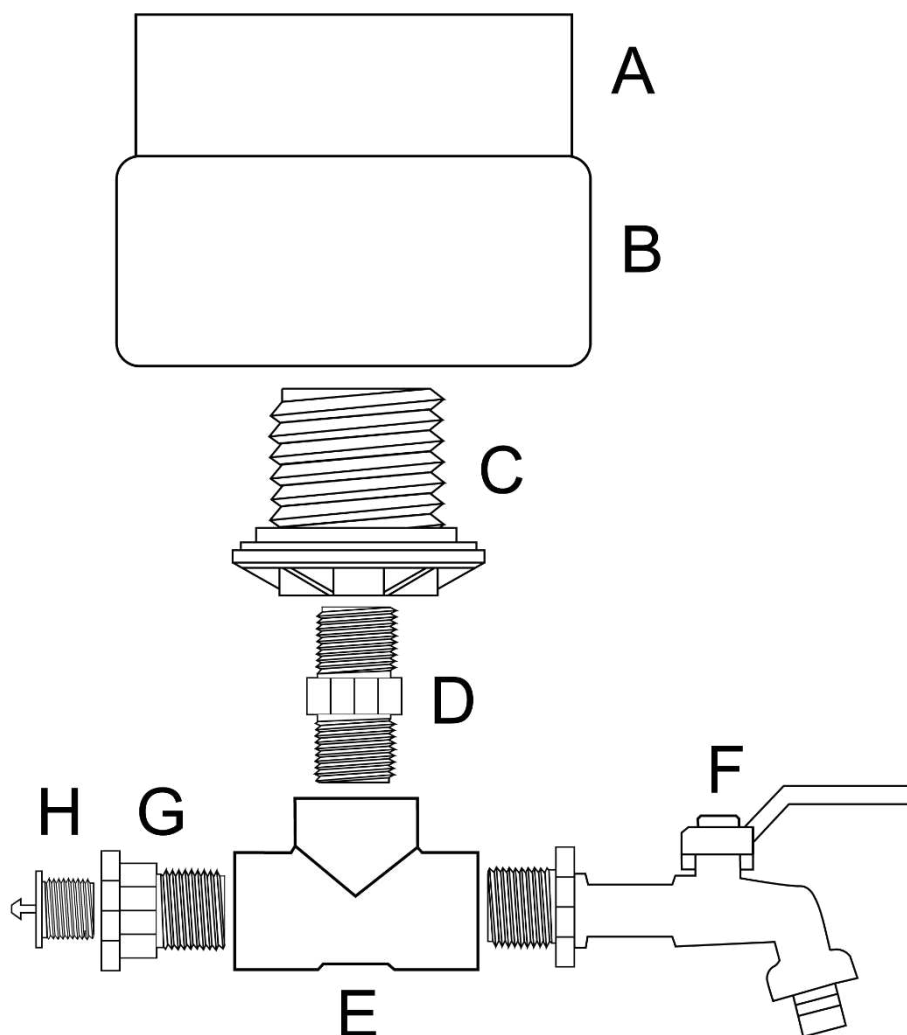
Para utilização dos tubos (FIGURA 39 A) como recipientes de armazenagem, faz-se necessário a vedação de sua parte inferior por meio de um Cap de 100 mm (B), indica-se a utilização do Cap com anel de vedação interna, pois dispensa o uso de cola, possibilitando a desconexão das partes para eventuais manutenções.

A utilização da água armazenada foi realizada por meio do uso de um flange rosqueável de  $\frac{3}{4}$  (C), a qual foi conectada no Cap (B), onde um Nipse de  $\frac{3}{4}$  (D) conecta-se no flange e posteriormente em um Tê rosqueável  $\frac{3}{4}$  (E), garantindo assim duas saídas de água, uma para a mangueira de nível, a qual é fixada em um conector rosqueável de  $\frac{1}{2}$  polegada para mangueiras de microaspersão (H) que se liga à uma redução rosqueável de  $\frac{3}{4}$  para  $\frac{1}{2}$  polegada, possibilitando sua junção ao Tê.



Na outra extremidade, uma válvula do tipo torneira de alta vazão e acionamento rápido (F) foi conectada ao Tê, a qual tem por função conduzir a água até o cilindro de testes. Por sua vez, foram afixadas torneiras e mangueiras (FIGURA 40 C1 e C2), que se conectam a uma conexão em Y (D), a qual conduz a água dos recipientes até a válvula do tipo boia (E) encaixada no anel interno.

**Figura 39** – Conexões do recipiente de leitura e reposição de água.



**Fonte:** Autor.

O suporte para manter os recipientes de armazenagem acima dos anéis de testes (FIGURA 40 B) é do tipo tripé, o qual se constitui por tubos de aço ligados a uma estrutura capaz de promover a elevação e estabilidade dos recipientes (A1 e A2), possibilitando seu melhor posicionamento no terreno.

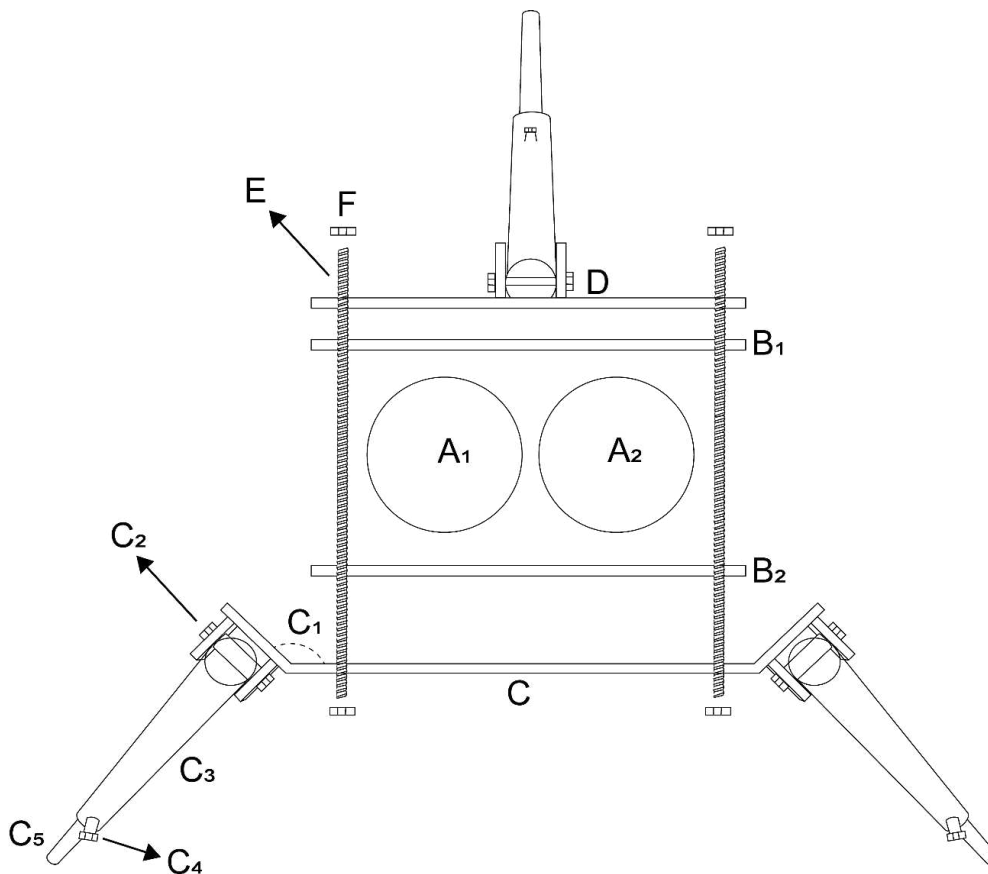
Para tal, tiras de borracha (B1 e B2) de 50 cm de comprimento e 10 cm de altura são posicionadas contra os tubos, protegendo-os e garantindo aderência ao restante dos

materiais. Em cada tira foi posicionado um suporte de aço de 3 mm de espessura para fixação do tripé (C e D), onde D possui as mesmas dimensões das borrachas e C um comprimento de 64 cm, no qual, em cada extremidade uma dobra com ângulo de  $45^{\circ}$  e 7 cm de comprimento foi realizada (C1).

Em cada dobra são fixados suportes de aço em U (C2) para encaixe das “pernas” do tripé, que são constituídas de tubos de aço de 3 cm de diâmetro e 60 cm de comprimento (C3), as quais servem de encaixe para tubos de aço de 2,8 cm de diâmetro e 70 cm de comprimento (C5), tornando-se pernas telescópicas.

O suporte e os tubos de armazenagem se ligam através da utilização de duas barras rosqueáveis (F) de 30 cm de comprimento, onde seu aperto comprime as peças de maneira a fixarem-se juntas.

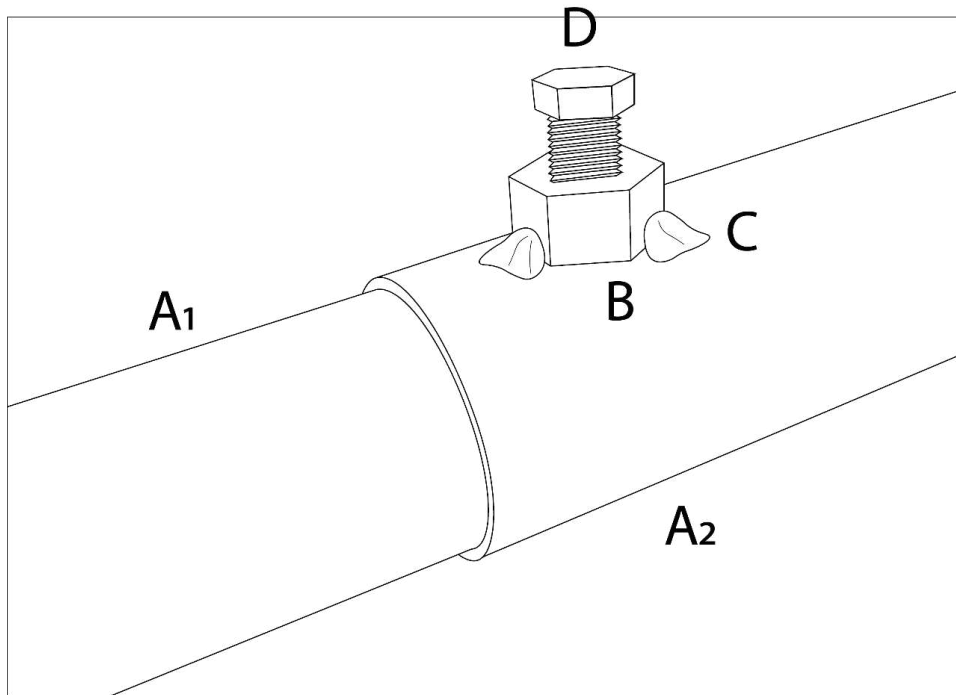
**Figura 40** – Esquema de fixação de recipientes de leitura e reposição de água.



**Fonte:** Autor.

A regulagem da altura de cada perna pode ser realizada em campo de acordo com o micro relevo de cada área. Para que isto seja possível (FIGURA 41), porcas (C) foram soldadas nas extremidades de cada tubo (A2), permitindo o rosqueamento de parafusos (D) contra os tubos de menor diâmetro A1, garantindo o travamento das peças na altura desejada.

**Figura 41** – Regulagem de altura do tripé.



**Fonte:** Autor.

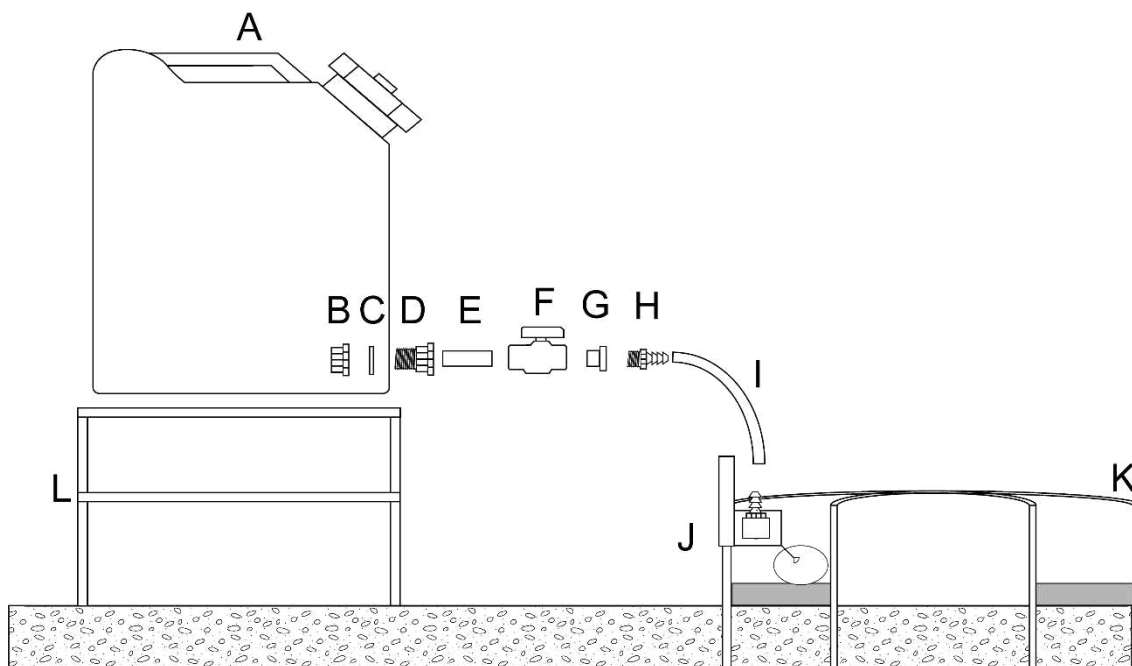
#### 4.2.4 CILINDRO DE ARMAZENAGEM DE ÁGUA PARA O ANEL EXTERNO

O funcionamento do cilindro externo não exige o acompanhamento da entrada e saída de água, portanto, desenvolveu-se um equipamento com sistema de funcionamento simplificado (FIGURA 42). O modelo apresentado é composto por um único recipiente de armazenagem de água (A), sendo utilizado um galão de 20 L, o qual pode ser reabastecido ao longo dos experimentos através de uma abertura em sua lateral superior.

A condução da água entre o galão e o anel externo foi realizada por meio da fixação de um flange  $\frac{3}{4}$  (D), posicionada na parte inferior de uma de suas laterais, a qual é travada por um anel de vedação (C) e uma contra porca (B). Um tubo de  $\frac{3}{4}$  polegadas de diâmetro de 5 cm de comprimento (E) liga-se a flange, tornando-se um extensor para fixação de um registro (F), sendo este utilizado para iniciar e interromper a alimentação de água.

No registro foi fixado um adaptador com rosca  $\frac{3}{4}$  (G), utilizado para fixar um adaptador do tipo Liege  $\frac{3}{4}$  (H), necessário para encaixe de uma mangueira  $\frac{3}{4}$  flexível com 60 cm de extensão (I), utilizada para conduzir a água até a válvula do tipo boia (J) posicionada no anel externo (K).

**Figura 42** – Galão de reposição de água do anel externo.

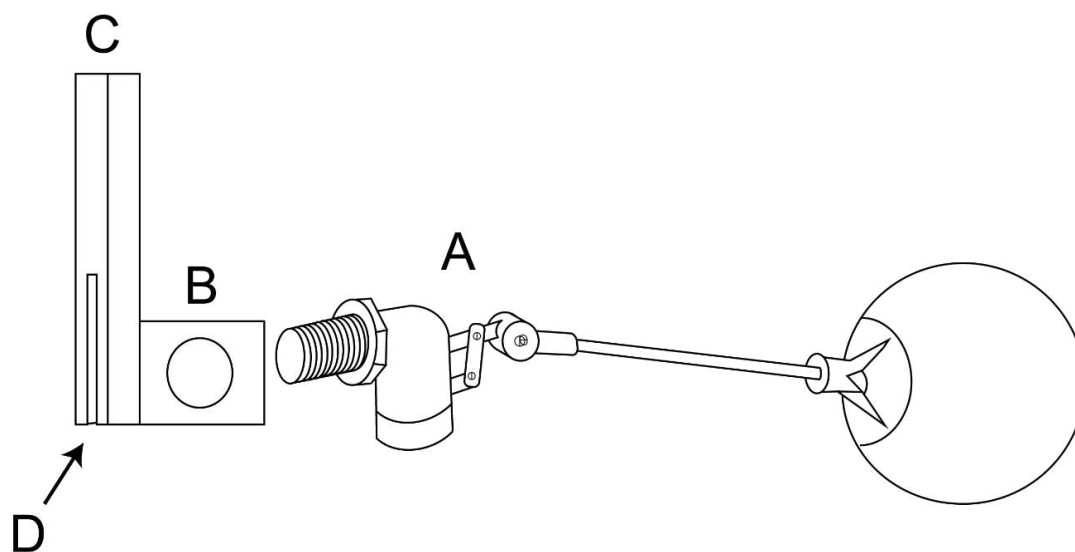


**Fonte:** Autor.

Para encaixe da valvula no anel externo, utilizou-se de uma peça destacável confeccionada em aço (FIGURA 43), onde um furo de  $\frac{3}{4}$  polegadas de diametro foi realizado em uma chapa de 4 cm de largura e 5 cm de comprimento (B), a qual é soldada em um tubo quadrado, com 1,5 cm de laterais e 20 cm de altura (C).

Através do corte de 3mm de espessura e 7 centímetros de comprimento (D), o tubo foi encaixado na parte superior do anel externo, de modo que a valvula do tipo boia se acomode entre os cilindros e produza uma lamina de água de 5 cm de altura de forma constante (FIGURA 44).

**Figura 43** – Esquema para fixação do registro do tipo boia no anel externo.



Fonte: Autor.

**Figura 44** – Encaixe dos registros do tipo boia.



Fonte: Autor.

#### **4.2.5 VALVULAS DO TIPO BÓIA**

Valvulas do tipo bóia apresentam dimensões e vazões que se diferem entre modelos, neste sentido, deve-se atentar para que a mesma tenha características de vazão superiores às demandas máximas de infiltração dos solos em estudo, possuindo a

capacidade de reabastecer de forma rápida o volume infiltrado, não gerando oscilações na lamina d'água sobre o solo.

Para produzir um estudo comparativo e ofertar a melhor opção de escolha, foram testados três tipos de válvulas com características distintas. Realizou-se testes com uma válvula de acionamento simples de medida de  $\frac{1}{2}$  polegada, uma válvula de acionamento simples de medida de  $\frac{3}{4}$  polegada e outra com medida de  $\frac{3}{4}$  de polegada com mecanismo de abertura do tipo vazão total (VT), a qual fornece maior vazão de saída.

Utilizou-se como fonte de água para acionamento dos registros um dos tubos de armazenamento de água (FIGURA 35 C) o qual expõe capacidade total de 7,5 litros. Visando o conhecimento da capacidade máxima de vazão, os registros do tipo bóia foram mantidos com abertura total, onde os volumes produzidos por cada registro foram coletados por um recipiente graduado, sendo o tempo crônometrado e registrado a cada parcial de 500 ml coletados, totalizando 15 parciais.

### **4.3 MONITORAMENTOS**

#### **4.3.1 SIMULAÇÕES DE CHUVAS**

Realizou-se nas diferentes geocoberturas simulações de chuvas com durações de 60 minutos cada. Dentro de cada geocobertura três pontos representativos foram escolhidos, sendo realizado 1 simulação em cada ponto, totalizando para as 6 geocoberturas 18 simulações.

Após início das precipitações, os fluxos de escoamento superficiais produzidos ao longo da parcela de testes foram destinados até sua calha coletora, a qual é posicionada na lateral mais baixa do terreno, viabilizando a condução da água por meio de uma mangueira até o recipiente de coleta posicionado em uma cava rebaixada no terreno (FIGURA 45), gerando gradiente que permite a condução do fluxo produzido sem haver o represamento de água no sistema.

**Figura 45** - Calha de experimentos e recipiente coletor de fluxo superficial.



**Fonte:** Autor.

A abstração inicial foi acompanhada de forma visual, através da observação do orifício de saída do fluxo abaixo da parcela de testes, viabilizando a constatação da formação do fluxo, e, por meio do uso de um cronômetro, contabilizou-se o tempo entre o início dos testes e o início da produção do escoamento superficial. Deste modo, a abstração inicial foi encontrada por meio da seguinte equação:

$$Ai = \left( \frac{Vt}{Tt} \right) . Ie$$

Onde:

$Ai$ = Abstração Inicial

$Vt$ = Volume total precipitado em mm

$Tt$ = Tempo total de precipitação

$Ie$ = Tempo entre o início dos testes e o início do escoamento superficial



O conhecimento dos volumes escoados superficialmente foi obtido por meio da armazenagem do fluxo em recipientes posicionados abaixo da parcela de testes. As simulações compreenderam o tempo de 60 minutos, sendo os volumes aferidos em intervalos de 5 em 5 minutos até findar os experimentos, totalizando 12 aferições por cada teste (CARVALHO et al., 2021; CONFESSOR et al., 2022).

A partir do conhecimento dos volumes escoados estimou-se os volumes retidos no sistema, sendo obtido de forma indireta através da diferença entre os volumes precipitados e escoados, podendo este procedimento ser acompanhado através da seguinte fórmula:

$$Vr = (Vp - Ve)$$

Onde:

$Vr$ = Volume retido

$Vp$ = Volume precipitado

$Ve$ = Volume escoado

#### **4.3.2 ENSAIOS DE INFILTRAÇÃO ATRAVÉS DO USO DO INFILTROMETRO DE ANÉIS**

Próximos aos locais de simulação de chuvas ensaios de infiltração envolvendo o infiltrometro de anéis também foram realizados, sendo três testes para cada geocobertura, num total de 18 ensaios. Cada ensaio teve duração de três horas, com volumes infiltrados anotados em tempos de 10 minutos, totalizando 18 aferições por teste.

#### **4.3.3 ANÁLISE DA COBERTURA VEGETAL**

A análise da cobertura vegetal sobre as parcelas foi realizada por meio do software ENVI 4.2, utilizando-se da classificação supervisionada de imagens, sendo extraídas fotos da superfície das áreas de testes a uma distância de 1 metro de altura em relação ao solo, sendo este procedimento realizado momentos antes das simulações de chuva.

As imagens foram tratadas de forma a exibir a relação entre o solo exposto e o recoberto pela vegetação, podendo a metodologia ser melhor acompanhada através da proposta de Pinese Júnior, Cruz e Rodrigues (2008).



## **4.4 PROCEDIMENTOS LABORATORIAIS**

### **4.4.1 CLASSIFICAÇÃO DOS SOLOS**

A classificação dos solos foi realizada através da abertura de perfis em áreas representativas de cada geocobertura. Coletas de materiais foram efetuadas nos diferentes horizontes encontrados, sendo enviadas para laboratório para análise química e física. Utilizou-se do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SANTOS, 2018) como chave interpretativa dos dados das amostragens e das informações de campo para classificação dos solos da área.

### **4.4.2 COLETA DE AMOSTRAS DE SOLO PARA ANÁLISE GRANULOMÉTRICA E TEXTURAL**

As coletas de amostras de solo foram realizadas por meio da seleção aleatória de 5 pontos amostrais em cada geocobertura. Em cada ponto foram extraídas amostras em profundidades equidistantes de 10 centímetros de profundidade até o total de 50 centímetros, totalizando 5 amostras por ponto. Ressalta-se que em alguns locais a presença de solos rasos não permitiu a coleta total das amostras, sendo o procedimento realizado até a profundidade da rocha.

Após coleta, com exceção da análise de perda de umidade, todos os demais procedimentos foram realizados em ambiente laboratorial (LAGES). Os respectivos métodos adotados podem ser acompanhados em maiores detalhes no manual de análise e coleta de solos (EMBRAPA, 1997 e 2017) e em nos procedimentos internos do laboratório (POP LAGES, 2018).

### **4.4.3 ANÁLISE GRANULOMÉTRICA**

A análise granulométrica consistiu na separação das partículas do solo por meio da adição de uma solução dispersante de NaOH nas amostras de solo, agitando a solução por 15 horas em mesa agitadora a 180 rpm.

Após este período, as amostras foram lavadas em peneira de malha de 0,053 mm sendo o material retido seco em estufa para posterior peneiramento em mesa vibradora, utilizando-se das peneiras de malha 4,75 – 3,35 - 2 – 1,7 - 1 - 0,85 – 0,6 – 0,425 – 0,3 – 0,212 – 0,150 – 0,062 - 0,053. A porcentagem do material retido foi realizada através da proporção em relação a amostra total.

#### 4.4.4 ANÁLISE TEXTURAL (AREIA, SILTE E ARGILA)

A análise textural foi realizada conforme procedimentos descritos no Manual de métodos de análise de solo (EMBRAPA, 2017). Em suma o procedimento consiste em adicionar 15 ml de dispersante químico (NaOH) em 20 gramas de solo, sendo a solução agitada por um período de 15 horas em mesa agitadora a 180 rpm. Após agitação passa-se a amostra em uma peneira de 0,053 mm. O material retido é separado entre areia fina e grossa por meio da peneira 0,212 mm.

A determinação da argila é realizada através do material passante, o qual é destinado à uma proveta de 1 L, água destilada é adicionada até completar o volume total da proveta, sendo a solução agitada e após o tempo de sedimentação descrito no manual (varia de acordo com a temperatura) uma amostra de 25 ml é extraída e seca em estufa, sendo realizado a proporção. O silte corresponde ao complemento dos percentuais para 100%, sendo obtido por diferença das outras frações em relação à amostra original.

#### 4.4.5 DENSIDADE TOTAL

A densidade total ( $D_t$ ) foi obtida por meio do método do anel volumétrico (EMBRAPA, 1997) (FIGURA 46). Utilizando-se de anéis de 100cm<sup>3</sup>, foram coletadas aleatoriamente em cada geocobertura cinco amostras de solo em profundidade de 0-5 cm. Todas as amostras foram identificadas em campo e levadas para laboratório, sendo secas em estufa a uma temperatura de 105-110°C por 24 horas. A  $D_t$  foi obtida a partir da seguinte expressão:

$$D_t = \frac{P_s}{V}$$

Onde:

$D_t$  - Densidade total (g/cm<sup>3</sup>)

$P_s$  - Peso seco da amostra

$V$  - Volume

**Figura 46** - Materiais para coleta de amostras indeformadas.



**Fonte:** Autor.

#### **4.4.6 DENSIDADE DE PARTÍCULAS**

A densidade de partículas ( $D_p$ ) foi obtida segundo EMBRAPA (1997). Para tal, pesou-se 20g de terra fina seca em estufa a 105-110°C, transferiu-se a amostra para balão volumétrico de 50 ml (FIGURA 47). Com o auxílio de uma bureta graduada, o volume do balão foi completo com álcool etílico, sendo seu gasto anotado. O valor da  $D_p$  foi obtido pelo seguinte cálculo:

$$D_p = \frac{P_s}{50 - V_a}$$

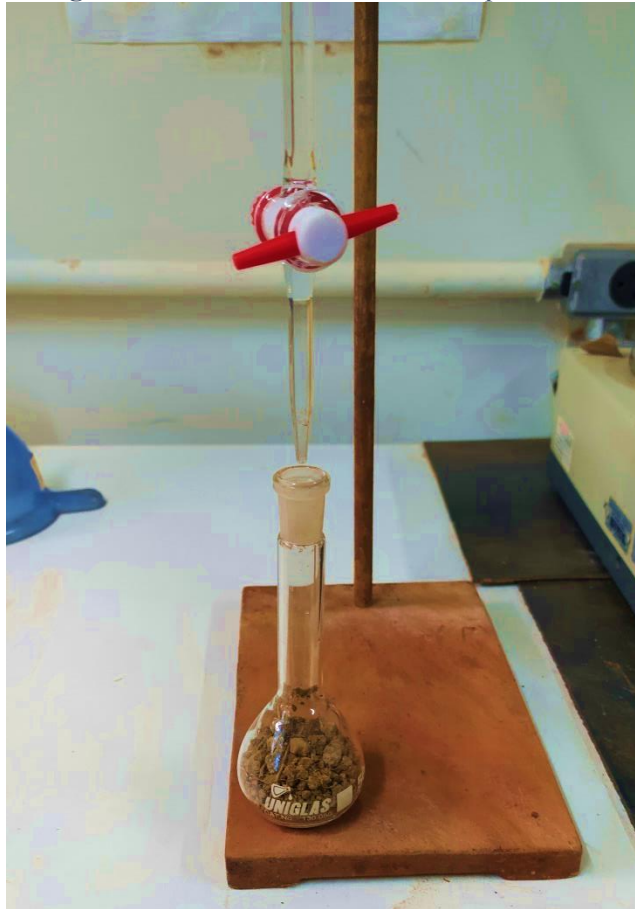
Onde:

$D_p$  - Densidade aparente ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )

$P_s$  - Peso seco da amostra

$V_a$  - Volume de álcool gasto

**Figura 47** – Análise de densidade de partículas.



**Fonte:** Autor.

#### **4.4.7 PERDA DE ÁGUA POR EVAPORAÇÃO**

A perda de água por evaporação foi realizada por meio da coleta de três amostras de solo em cada geocobertura nas profundidades de 0-5 centímetros utilizando-se anéis volumétricos de 100 cm<sup>3</sup>. As amostras não deformadas foram imersas em água por 2 horas (FIGURA 48), sendo a água drenada e após 1 hora pesadas.

Apartir disto, foram pesadas a cada 24 horas por um período de sete dias. A perda de água por evaporação pode ser acompanhada pela diferença de peso entre a amostra inicial e as subsequentes.

**Figura 48** – Amostras indeformadas imersas em água.



**Fonte:** Autor.



# CAPÍTULO IV



RESULTADOS E  
DISCUSSÕES

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

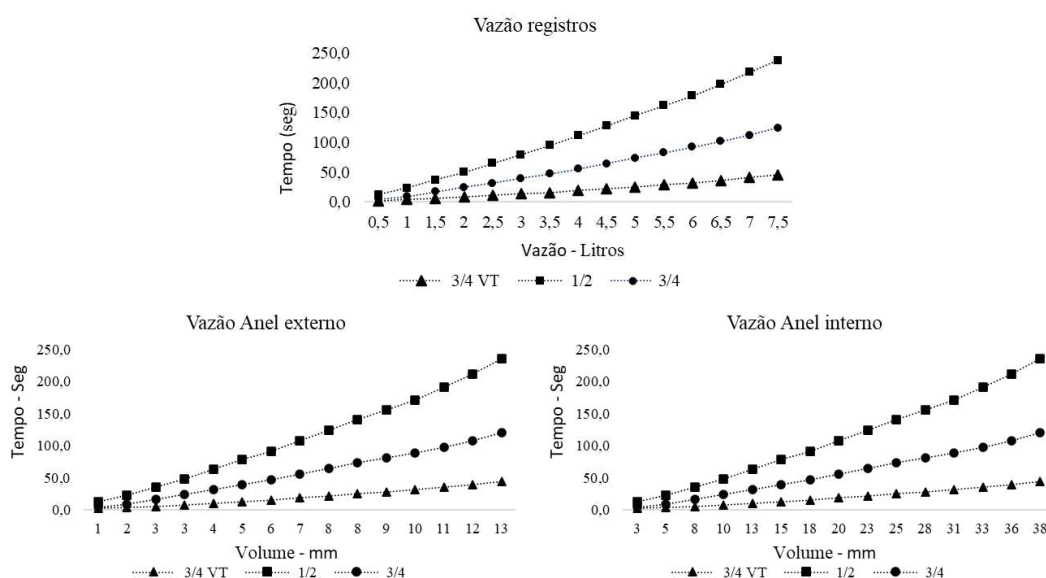
### 5.1 CALIBRAÇÃO DO INFILTRÔMETRO DE ANÉIS CONCENTRICOS

Para aferição dos volumes produzidos produzidos por diferentes registros do tipo bóia, testes foram conduzidos em ambiente controlado para averiguar o comportamento das curvas de vazão. Aferiu-se para os registros de  $\frac{1}{2}$  polegada,  $\frac{3}{4}$  de polegada e  $\frac{3}{4}$  de polegada com vazão total ( $\frac{3}{4}$  VT) vazões médias de 115 L/h, 225 L/h e 600 L/h respectivamente.

Ao longo dos testes, o rebaixamento do nível de água no interior do cilindro de armazenagem gerou a redução da pressão da água no sistema, produzindo a diminuição gradativa da vazão das válvulas analisadas (GRÁFICO 3). As vazões mínimas apresentadas foram de 360 L/h para ao registro  $\frac{3}{4}$  VT, 77 L/h para o de  $\frac{1}{2}$  polegada e 150/h L.

De posse das vazões produzidas por cada registro permitiu-se a possibilidade de aferição de seu uso nas dimensões das áreas de cada anel (interno -  $0,19 \text{ m}^2$  e externo -  $0,58 \text{ m}^2$ ). Neste sentido, por apresentarem tamanhos de áreas diferentes, redução considerável na proporção dos volumes de água dispersos sobre a superfície foram apreciados para o anel externo (GRÁFICO 3).

Gráfico 3 - Curvas de vazão geradas diferentes registros do tipo boia.



Fonte: Autor.

Sendo assim, por exibir mesmas dimensões que o registro de  $\frac{3}{4}$  porém expressar menores valores de vazão, optou-se por não utilizar o registro de  $\frac{1}{2}$  polegada, o qual pode

gerar um deficit de reposição de água no sistema. Considerando suas dimensões e vazões, o modelo de  $\frac{3}{4}$  apresentou-se como modelo ideal para instalação no anel interno.

Já para o cilindro externo, por apresenta área 3 vezes maior que a do cilindro interno (  $0,19 \text{ m}^2$  e  $0,58 \text{ cm}^2$  respectivamente) e fazer limite com a área não umidecida extra anéis, as demandas de água para este cilindro apresentam-se superiores às expostas pelo anel interno.

Neste sentido, solos que apresentaram altas taxas de infiltração as válvulas de acionamento simples podem não apresentar capacidade de repor a água infiltrada na mesma proporção de sua demanda, tornando ideal a utilização do registro de  $\frac{3}{4}$  VT nesta parte do equipamento, o qual expõe a maior capacidade de vazão dentre os registros analisados.

### **Considerações sobre infiltrômetro**

O equipamento apresentado neste estudo expõe partes que se segmentam, conferindo mobilidade e capacidade de uso em ambientes de campo. A reposição automática da água nos anéis facilita o uso do equipamento de maneira a reduzir a quantidade de operadores, podendo ser manuseado por uma única pessoa, de maneira a reduzir custos, e ampliar as possibilidades de uso.

O nível de água pouco oscilante garante a produção de dados de forma homogênea, gerando informações mais precisas e com possibilidade de comparações diretas entre os testes realizados, tornando-se um equipamento apto para estudos que envolvam a produção de dados primários sobre o movimento da água em diferentes tipos de solo.

## **5.2 CALIBRAÇÃO DO SIMULADOR DE CHUVAS**

### **5.2.1 CARACTERIZAÇÃO DAS PRECIPITAÇÕES NATURAIS DA ÁREA DE ESTUDOS**

Averiguou-se para estação Vargem Bonita (2046013) precipitação média anual de 1.636 mm (FIGURA 49), com distribuição dos volumes precipitados apresentando variação sazonal ao longo do ano, concentrando-se entre os meses de outubro a março maior parte dos volumes precipitados (1400,1 mm, 83,2%).



**Figura 49** - Caracterização das precipitações da área de estudo.



**Fonte:** Autor.

Ocorreram precipitações em 30,6% dos dias analisados (5.180 dias com chuva), as quais expuseram ampla variabilidade nos volumes (FIGURA ). O valor mínimo observado foi de 0,1 mm e o máximo de 172,1 mm, com maior parte dos eventos exibindo volumes abaixo de 10 mm (FIGURA 55).

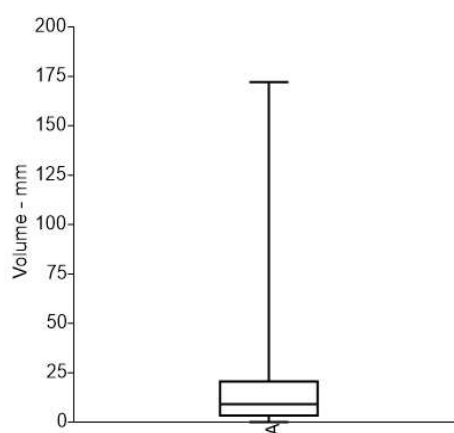
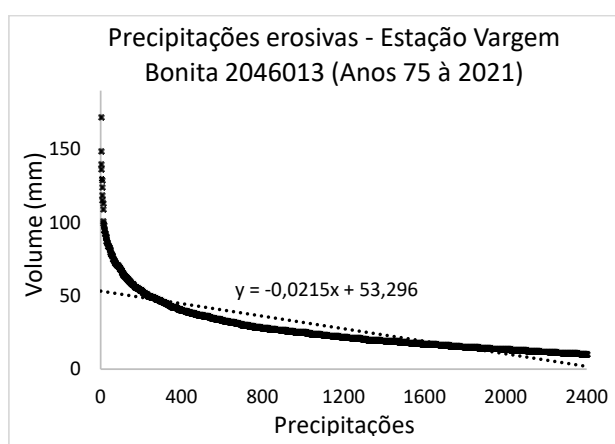
Foi constatado maior frequência de precipitações de baixa intensidade e menor frequência de precipitações de alta intensidade (FIGURA 55). Isto ocorre visto que o volume total anual precipitado em uma região tende a ser representado por um conjunto de chuvas de baixa intensidade e de natureza frequente (WISCHMEIER, 1962).

Apesar da pouca ocorrência, chuvas de maior intensidade exibiram relevância nos totais anuais precipitados (TABELA 1). Menos da metade das precipitações (48,2%) apresentaram-se como chuvas erosivas (>10mm), entretanto, estas corresponderam por 86,0% dos volumes totais precipitados (TABELA 1).

As precipitações erosivas exibiram volume médio de 15 mm, com curva de ajuste revelando coeficiente de intercepção de 53,29 mm (TABELA 1). Desta forma, adotou-se o valor de 53,29 mm como referência dos volumes a serem replicados pelo simulador de chuvas.

**Tabela 1 - Caracterização precipitações da área de estudos.**

	Precipitações (mm)										
	>100	>90	>80	>70	>60	>50	>40	>30	>20	>10	>0
N.º de Eventos	12	15	21	42	53	99	171	315	636	1131	2685
N.º de Eventos % Total precipitado (mm)	0,2	0,3	0,4	0,8	1,0	1,9	3,3	6,1	12,3	21,8	51,8
Total precipitado (mm)	1.538,1	1.413,8	1.769,8	3.104,4	3.407,3	5.376,7	7.626,5	10.864,7	15.500,9	16.249,8	10.857,7
Total precipitado %	2,0	1,8	2,3	4,0	4,4	6,9	9,8	14,0	19,9	20,9	14,0



Fonte: Autor.

## 5.2.2 CALIBRAÇÃO DO SIMULADOR DE CHUVAS

Para conhecimento das características das precipitações simuladas, de forma inicial, foram realizados testes para avaliar o espectro de gotas produzidas por cada ponta de aspersão. Comparando os diâmetros de d50 produzidos entre os dois modelos de aspersores nas pressões de 10 e 7,1 psi, o modelo 27wsq apresentou tamanho de gotas 56,9% e 51,7% respectivamente maiores que às geradas pelo modelo 20wsq, além de apresentar maior número de gotas produzidas assim como maior área de cobertura (TABELA 2).

Constatou-se uma relação inversa de proporção entre o tamanho das gotas (d50) geradas e a pressão de funcionamento. Para ambos os modelos de aspersores, o aumento da pressão de 7,1 para 10 psi reduziu o diâmetro das gotas (d50), com redução de 10,3 % para o modelo 20wsq e 7,2% para o 27wsq.

**Tabela 2 - Caracterização gotas produzidas por diferentes bicos aspersores.**

<b>Distribuição do tamanho de gotas</b>							
<b>Aspersor</b>	<b>Pressão (psi)</b>	<b>Número de Gotas</b>	<b>Número de Diâmetros</b>	<b>Cobertura (%)</b>	<b>D10% (mm)</b>	<b>D50% (mm)</b>	<b>D90% (mm)</b>
<b>20wsq</b>	10,0	536,7	289,0	15,0	0,522	0,965	1,459
<b>20wsq</b>	7,1	584,7	305,3	17,8	0,605	1,076	1,882
<b>27wsq</b>	10,0	707,7	359,3	25,2	0,627	1,515	2,248
<b>27wsq</b>	7,1	703,7	298,0	23,8	0,770	1,633	2,448

Fonte: Autor.

Após caracterização dos diâmetros das gotas, realizou-se a avaliação da distribuição das precipitações. As diferentes alturas de posicionamento e pressões utilizadas promoveram alterações na uniformidade e intensidade das chuvas reproduzidas para os dois modelos de aspersores.

A pressão de trabalho mais elevada (10psi) refletiu em maiores valores de intensidade e uniformidade para ambos modelos. Nas diferentes configurações de testes (TABELA 3), ambos aspersores exibiram coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC) acima do limite necessário, sendo que, no geral, os maiores valores de CUC e intensidade foram encontrados para o modelo 27wsq.

De posse dos valores de intensidade e tamanho de gotas (d50), calculou-se a energia cinética das chuvas produzidas (EcS) e sua correlação com as precipitações naturais de mesmas características (EcN). Os maiores valores foram encontrados para o modelo 27wsq, o qual exibiu precipitações com cinética mais aproximada às ocorrentes naturalmente (TABELA 3).

**Tabela 3 - Atributos apresentados por diferentes modelos de simuladores de chuva.**

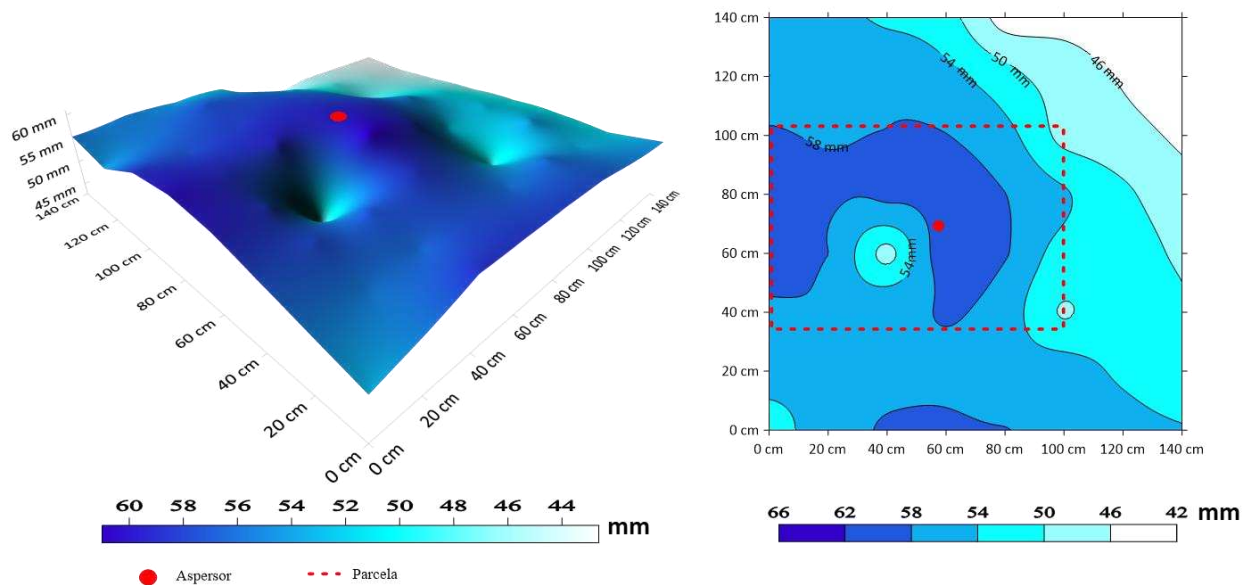
<b>Calibragem Aspersores</b>								
<b>Aspersor</b>	<b>Altura</b>	<b>Pressão (psi)</b>	<b>CUC Total %</b>	<b>CUC Parcela %</b>	<b>Lâmina Área Total(mm)</b>	<b>Lâmina Área Parcela(mm)</b>	<b>Diâmetro Gotas-d50</b>	<b>Relação% EcS/EcN</b>
<b>27wsq</b>	2,65	10	92,0	94,9	53,9	57,4	1,514	101
<b>27wsq</b>	2,65	7,12	87,0	86,3	45,1	45,2	1,632	93
<b>27wsq</b>	2,1	7,12	86,1	84,3	48,5	47,1	1,632	103
<b>27wsq</b>	2,1	10	86,8	87,4	54,6	53,6	1,514	118
<b>20wsq</b>	2,65	10	87,6	91,8	28,4	31,1	0,964	62
<b>20wsq</b>	2,65	7,12	86,6	91,9	34,2	39,0	1,076	61
<b>20wsq</b>	2,1	10	84,6	84,4	29,6	31,3	0,964	77
<b>20wsq</b>	2,1	7,12	81,5	81,6	24,1	25,7	1,076	74

CUC- Coeficiente de uniformidade; EcS – Energia Cinética Simulada; EcN – Energia Cinética Natural. Fonte: Autor.

Nenhuma restrição de uso foi encontrada dentre as variações apresentadas. Entretanto, a configuração que apresentou melhor desempenho baseou-se no aspersor 27wsq, posicionado a uma altura de 2,65 metros, utilizando-se de pressão de trabalho de 10 psi, a qual exibiu os maiores valores de intensidade e uniformidade, havendo correlação mais aproximada entre a cinética das chuvas produzidas e as naturais.

Nota-se para esta configuração, que a distribuição da precipitação se difere do centro às bordas da área de experimentos (FIGURA 50), deste modo, o local de posicionamento da parcela na região estipulada conferiu menores variações, elevando a uniformidade em 3,15% e a intensidade em 6,49% (TABELA 3).

**Figura 50** - Distribuição espacial dos volumes precipitados artificialmente pela variação de simulador de chuvas escolhida.



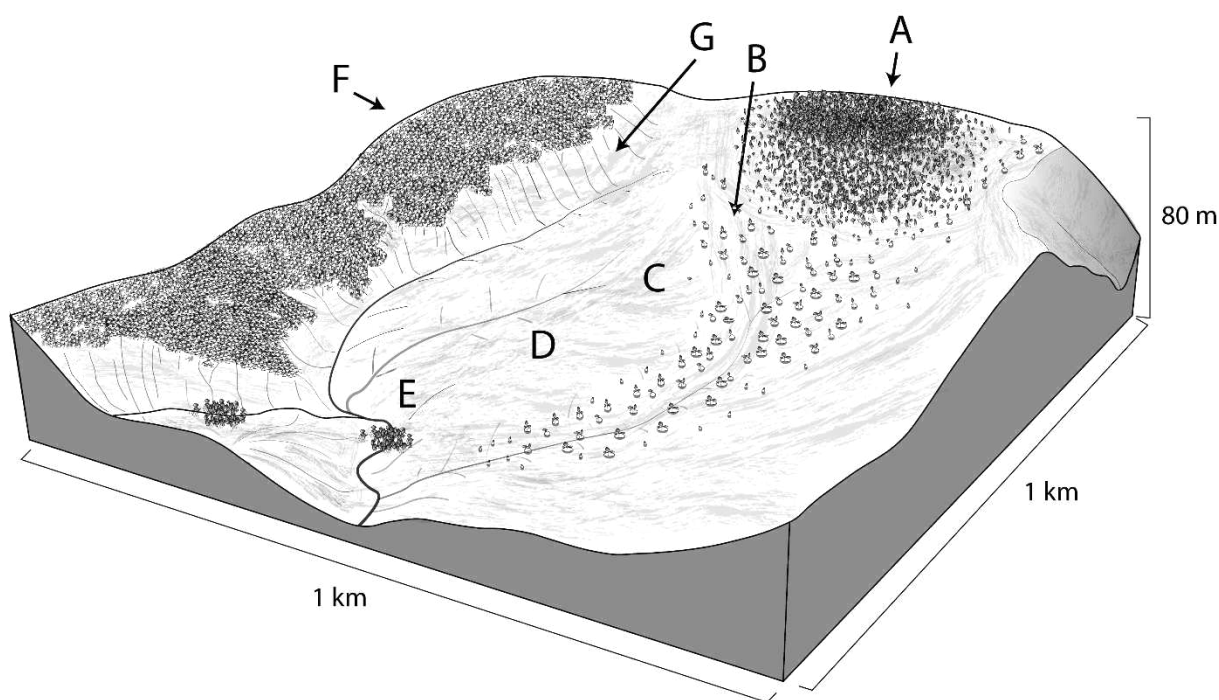
Fonte: Autor

Por apresentar chuvas de alta intensidade com volumes semelhantes aos apresentados na área de estudos, assim como elevado coeficiente de uniformidade e expressiva correlação entre a EcS e EcN, optou-se por utilizar neste trabalho o equipamento baseado no modelo de aspersor 27wsq, posicionado a uma altura de 2,65 metros e pressão de trabalho de 10 psi, o qual imprimiu às precipitações simuladas características mais fidedignas aos eventos naturais, viabilizando assim, a utilização do equipamento em estudos que envolvam a produção de dados hidrogeomorfológicos baseados em chuvas simuladas.

### 5.3 CARACTERIZAÇÃO DAS VERTENTES DE ESTUDO

A primeira vertente de estudos possui aproximadamente 1 quilômetro de extensão, com amplitude altimétrica aproximada de 80 metros. Apresenta ao longo de sua área variações de declividade, de solos, de microrelevo e de distribuição biológica, seja vegetativa assim como da pedofauna (FIGURA 51), sendo classificados ao longo de sua extensão sete diferentes tipos de geocoberturas, os quais abrangeram áreas da vertente que compartilharam atributos semelhantes.

**Figura 51** - Croqui da vertente de estudos inserida no Chapadão do Diamante – Serra da Canastra: Espacialidade dos pontos de investigação. **Materiais** areno-argilo-ferruginosos ou com concreções ferruginosas (A); **Materiais** de bioturbação ferruginosos ou com concreções ferruginosas (murundus) (B); **Materiais** cascalho-arenosos com camada orgânica (C); **Materiais** cascalho-arenosos indiferenciados (D); **Materiais** orgânicos (turfeiras) associados a fundos de vale e áreas úmidas (E); **Afloramentos** rochosos (F); **Materiais** cascalho arenosos com caos de blocos (G).



**Fonte:** Autor.

A segunda vertente apresentou comprimento aproximado de 925 metros, com amplitude altimétrica de 43 metros (1298 à 1341 metros). Exibiu ao longo de sua extensão cinco geocoberturas, sendo quatro delas iguais às expressas na vertente anterior. A única classe que se diferenciou das demais foi a **Materiais cascalho arenosos com caos de blocos**, tornando-se alvo pontual dos estudos.

As seis geocoberturas expressas ao longo das vertentes foram analisadas de duas maneiras, sendo uma pontual e outra geral. Este tipo de análise buscou compreender como os elementos físicos e bióticos de cada local regularam as formas de movimento da água em diferentes escalas, permitindo avaliar como processos pontuais reverberaram na dinâmica geral de cada vertente.

## **5.4 AVALIAÇÃO DAS GEOCOBERTURAS**

### **5.4.1 MATERIAIS ARENO-ARGILO-FERRUGINOS OU COM CONCREÇÕES FERRUGINOSAS**

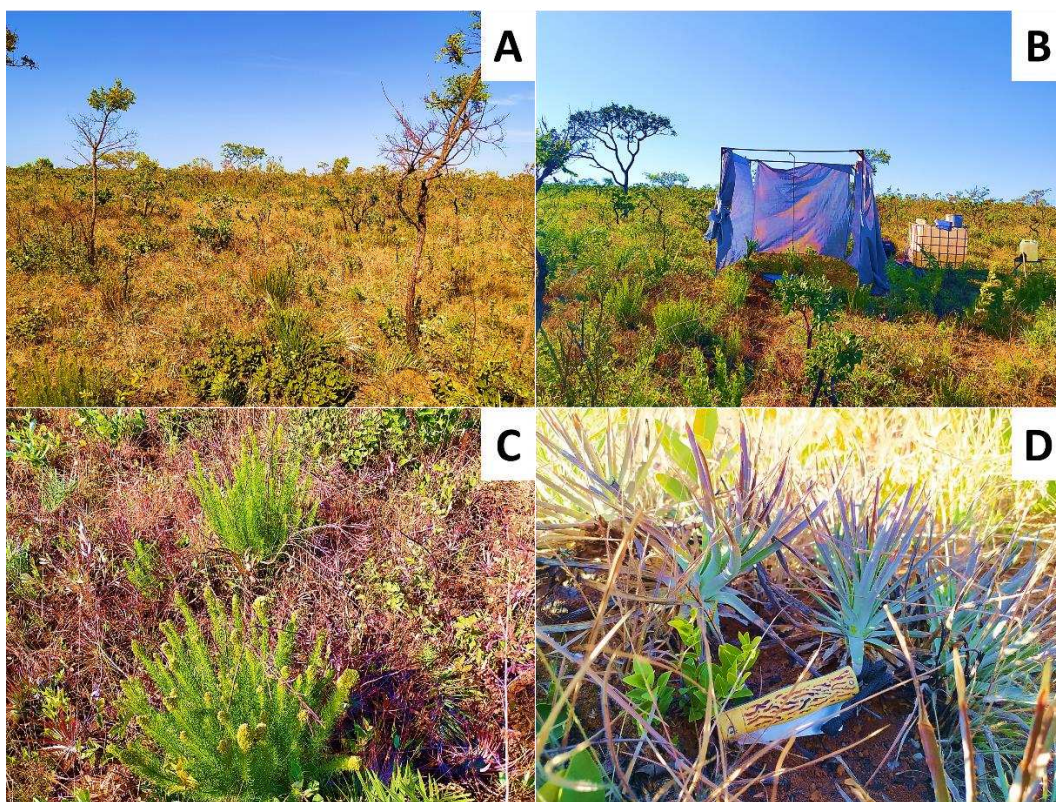
A geocobertura nomeada de Materiais areno-argilo-ferruginos ou com concreções ferruginos (NAZAR, 2018) ocupa o topo da vertente de estudos, inserindo-se no divisor de águas. Distribui-se ao longo de uma área caracterizada por um relevo suave, com declividade média inferior à 4,5%.

A vegetação do local contrasta com a vegetação presente em outras geocoberturas (FIGURA 52), exibindo grande variedade de espécies, com ampla distribuição de plantas lenhosas, expondo árvores retorcidas dotadas de altura média de 2,3 metros, entremeadas de forma abundante por arbustos (altura média de 1,1 metros), herbáceas (altura média de 0,5 metros de altura) e gramíneas (altura média de 0,5 metros de altura), consolidando-se como uma fitofisionomia de Cerrado Ralo (RIBEIRO e WALTER, 1983).

Os estudos foram conduzidos no período de entre chuvas da região, refletindo em gramíneas com estruturas foliares e de sustentação secas. Apesar disto, a vegetação herbácea, arbustiva e arbórea apresentou indivíduos com folhas verdes, e, em alguns casos, algumas espécies apresentaram floração e frutos, indicando pleno vigor vegetativo mesmo em um período do ano caracterizado pela restrição hídrica pluvial.



**Figura 52** - Vegetação: na geocobertura materiais areno-argilo-ferruginosos ou com concreções ferruginosas. Campo rupestre em meio a afloramentos (A); Área de transição entre afloramentos e a vertente (B); Local de realização dos experimentos (C); Vegetação característica no sopé dos afloramentos rochosos (D).



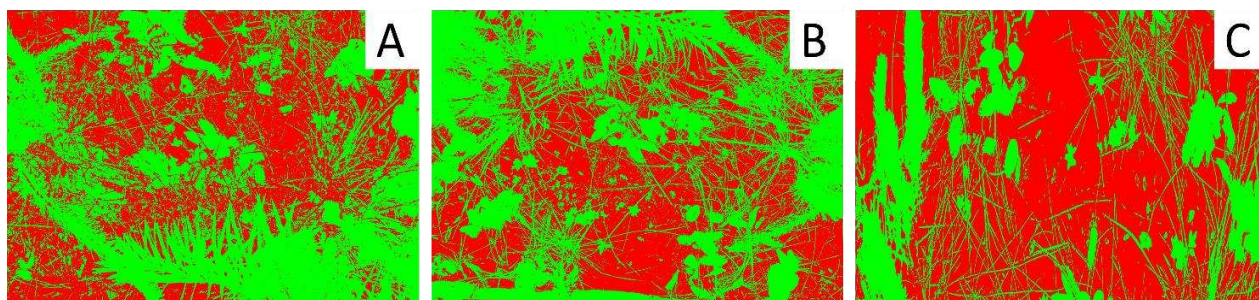
**Fonte:** Autor.

Através da diversidade e densidade vegetativa, constatou-se valores médios de 47,23% de cobertura do solo (FIGURA 53). Estes valores remetem-se ao crescimento adensado das plantas, as quais expuseram diferentes hábitos de desenvolvimento, exibindo uma cobertura do solo em diferentes estratos, representada por galhos e folhas de plantas arbóreas, sombreando na parte média arbustos, que por sua vez recobriram as gramíneas e herbáceas.

Estas características refletiram na biomassa abundante do local, culminando na produção de um arranjo vegetativo adensado, com sobreposição das partes estruturais foliares, reprodutivas e/ou de sustentação, ocorrente nas próprias plantas assim como entre as plantas, culminando na ampla cobertura do solo.

Apesar de frequentes, a não ocorrência de incêndios recentes na região permitiu tempo suficiente para o crescimento e propagação vegetativa, de maneira a expor na área plantas com partes estruturais, foliares e reprodutivas preservadas, e, mesmo algumas espécies exibindo partes secas, ainda corroboraram para o incremento da cobertura do solo.

**Figura 53** - Relação cobertura vegetal e solo exposto na geocobertura Materiais areno-argilo-ferruginosos ou com concreções ferruginosas. A- 50,04% de solo exposto; B- 45,06 % de solo exposto; C- 63,20% de solo exposto.



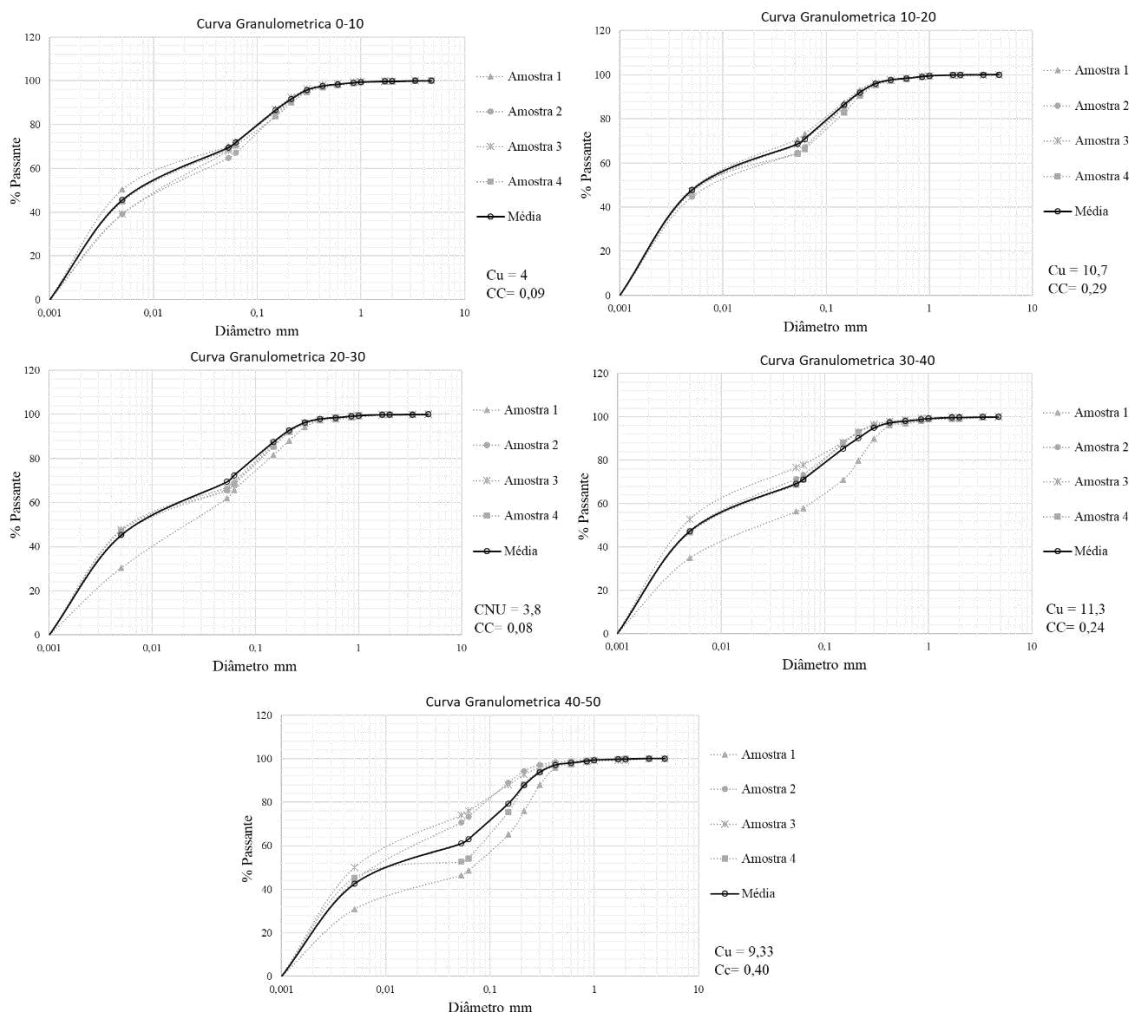
**Fonte:** Autor.

O solo do local de experimentos apresentou-se espeço, com profundidades médias superiores a 1,60 metros. Constitui-se de material fino, apresentando-se composto quase em totalidade por partículas de diâmetro abaixo de 2 mm ( $> 99,5\%$ ), havendo o predomínio de argilas (GRÁFICO 4).

As curvas granulométricas demonstraram que ao longo do perfil vertical a baixa variação do diâmetro das partículas, sendo estas classificadas pelo coeficiente de uniformidade entre muito uniformes e mediamente uniformes, e pelo coeficiente de curvatura como um solo mal graduado, visto que apresenta o predomínio de partículas de calibre homogêneo (GRÁFICO 4).



**Gráfico 4 - Curva Granulométrica.**

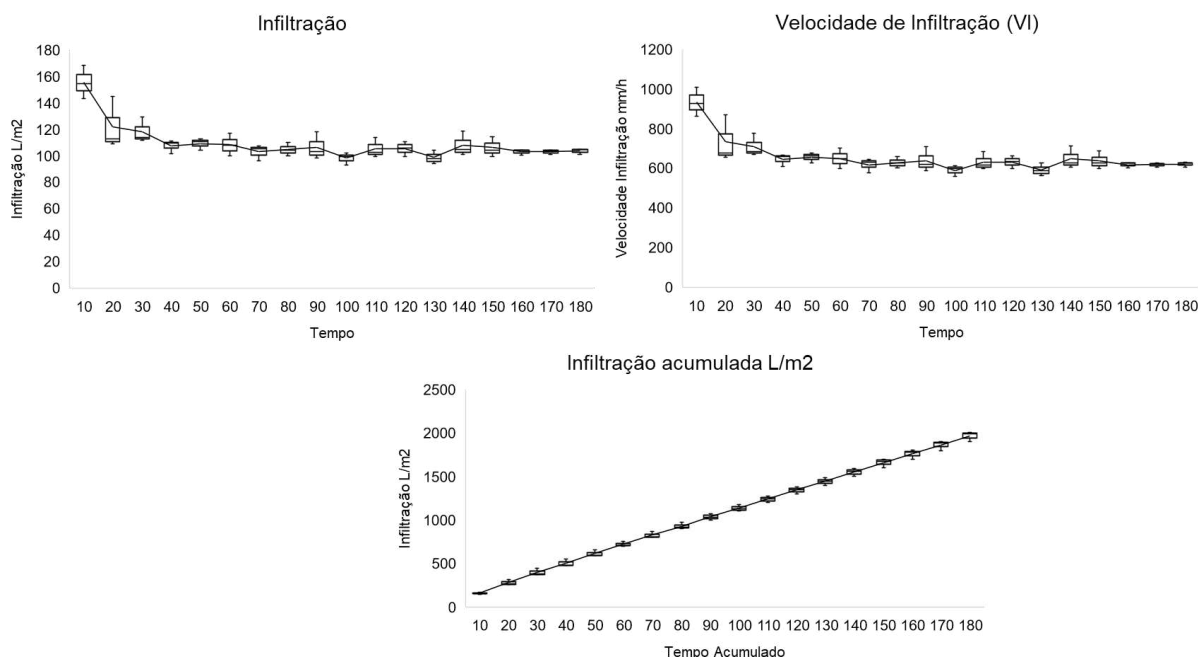


**Fonte:** Autor.

Os dados produzidos pelo infiltrômetro de anéis revelaram para o solo local um pico inicial de velocidade de infiltração de 931,2 mm/h (GRÁFICO 5), estabilizando-se a partir de 40 min de testes, passando a apresentar VIB média de 626,56 mm/h. Em estudo buscando traçar parâmetros para velocidades de infiltração, Bernardo et al. (2006) consideram que uma VIB acima de 30 mm/h se classifica-se como muito alta, apresentando o solo local valores muito acima dos parâmetros até então traçados (31,04 vezes maiores).

A variação dos valores de velocidade de infiltração entre o início e o fim dos experimentos foi de 33,47%, indicando que o ambiente possui alta capacidade de infiltração e percolação de água no perfil do solo mesmo quando exposto por longos períodos a uma lâmina d'água constante, exibindo curva de correlação entre os valores produzidos de  $R^2$  0,69.

**Gráfico 5 - Infiltração Infiltrômetro de inundação.**

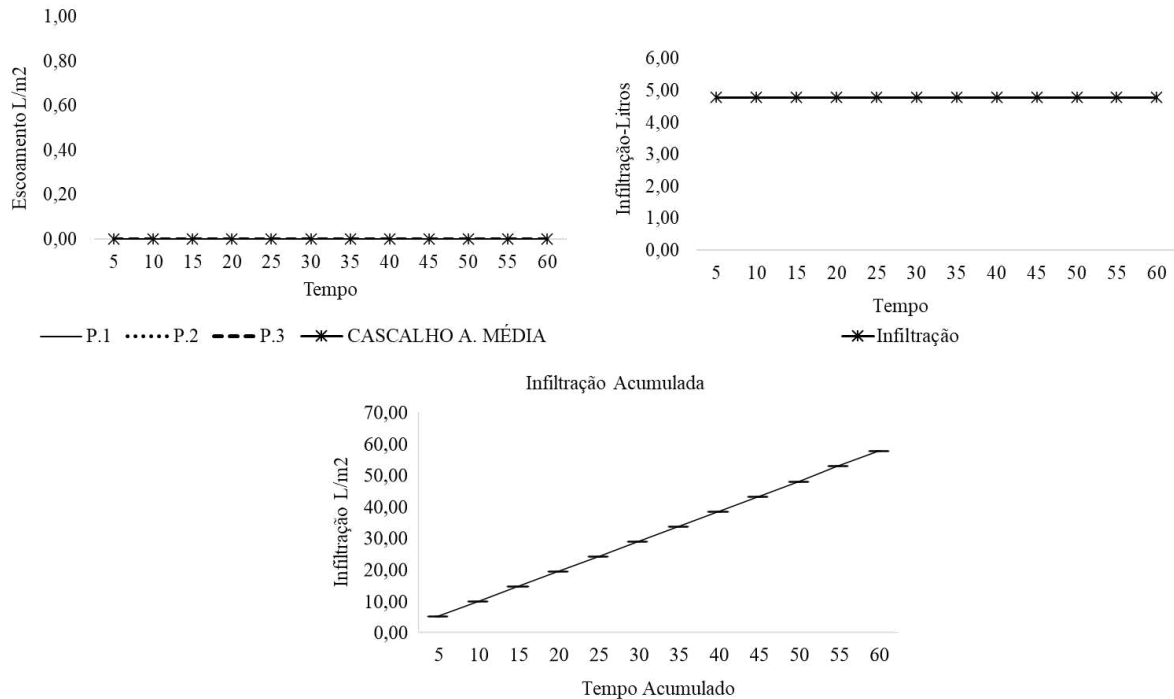


**Fonte:** Autor.

Os experimentos envolvendo o simulador de chuvas revelaram constância nos valores da curva de escoamento ( $R^2 = 1$ ), visto que, mesmo submetido a precipitações de alta intensidade o solo local não apresentou volumes escoados em superfície, revelando sua alta capacidade de absorção da água precipitada (GRÁFICO 6).

Mesmo próximo a parte final dos testes de infiltração, não foram observados em superfície pontos de empoçamento de água, indicando que não houveram locais de favorecimento para o acúmulo dos volumes em superfície, ocorrendo um movimento descendente da água no perfil do solo, de maneira a exibir aos finais dos testes VIB total (57,4 mm/h).

**Gráfico 6 -** Escoamento e infiltração produzidos pelo simulador de chuvas.



**Fonte:** Autor.

Comparando ambos modelos de infiltrômetros utilizados, os resultados demonstraram que o infiltrômetro de anéis apresentou maior capacidade de monitoramento dos volumes de infiltração da água no solo do local, visto que dispôs sobre a superfície a demanda total de água do solo.

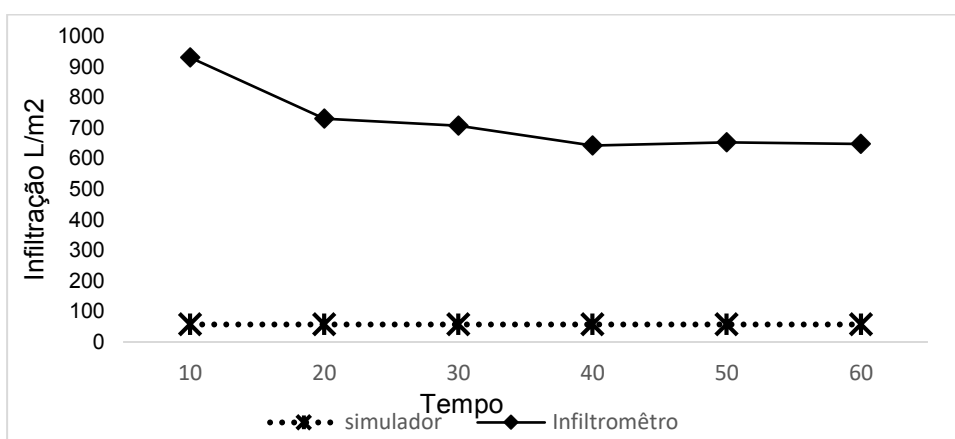
Diferente disto, o simulador de chuvas não ofereceu os volumes de água necessários para ocorrência da saturação total do solo, de maneira a não permitir o conhecimento dos volumes necessários para que precipitações promovam a formação de fluxos superficiais de água. Entretanto, ressalta-se que o solo local exibiu velocidade básica de infiltração muito acima dos valores de referência, de maneira a apresentar volumes que superam as intensidades de precipitações reais, indicando a importância da utilização de métodos distintos de investigação.

Em uma análise comparativa para mesmos tempos de coleta (10 e 60 min), o infiltrômetro de anéis exibiu valor de VIB 16,2 vezes maior que o infiltrômetro de aspersão, havendo a diminuição deste valor com o passar do tempo, apresentando para 60 minutos VIB 11,2 vezes maior (GRÁFICO 6).

Comparando as taxas de infiltração nos tempos finais de testes de cada equipamento (60 minutos para infiltrômetro de aspersão e 180 minutos para infiltrômetro de anéis) a tendência se manteve, onde o infiltrômetro de aspersão exibiu VIB 10,8 vezes maior que o infiltrômetro de anéis.

Neste sentido, mesmo desconsiderando características dos processos naturais da dinâmica da água, como inclinação do terreno e volumes precipitados, o infiltrômetro de anéis permitiu o conhecimento de um parâmetro que excedeu a capacidade de funcionamento do simulador de chuvas.

**Gráfico 7 - Infiltração Simulador de chuva e Infiltrômetro de inundação.**



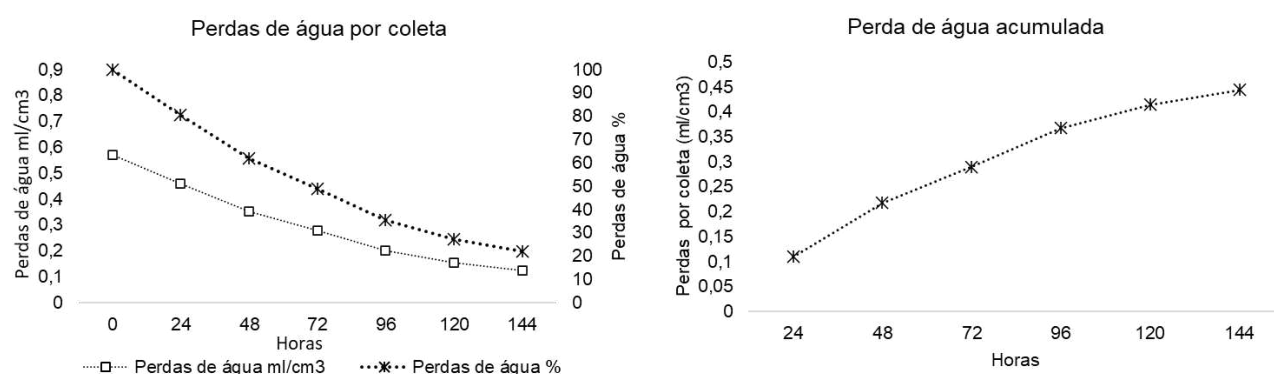
**Fonte:** Autor.

Após saturado, o solo do local apresentou retenção de  $0,56 \text{ ml/cm}^3$  de água, havendo ao longo do tempo perdas por evaporação constantes ( $R=0,98$ ), sendo evaporação ao longo do período de seis dias um volume total de  $0,44 \text{ ml/cm}^3$ , correspondendo a 78,1 % de toda água retida no solo (GRÁFICO 8).

As maiores perdas foram visualizadas nas primeiras 96 horas, sendo evaporados para este período 82,8 % dos volumes totais. Deste modo, o solo apresentou uma capacidade de retenção de água (CRA) de  $0,12 \text{ ml/cm}^3$  ao final de seis dias, ou seja, 21,9% de sua capacidade total de armazenamento.

Os valores encontrados indicam que após saturado, o solo deste ambiente apresenta rápida restauração de sua capacidade de armazenamento, corroborando para retenção da água de futuras precipitações, visto que espaços necessários para absorção de volumes de água são liberados, de maneira a permitir a incorporação de novos valores de entrada.

**Gráfico 8 - Perdas de água por evaporação.**



Fonte: Autor.

### Sistematização

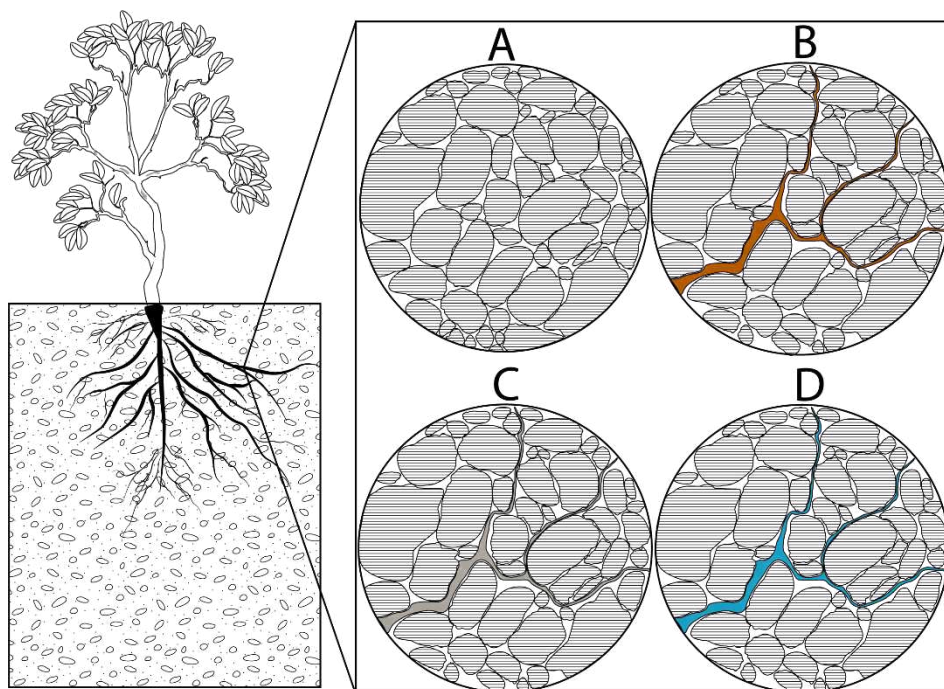
De forma geral, a área exibiu alta capacidade de retenção de água no sistema, onde a fitofisionomia de cerrado ralo composta por um conjunto variado de plantas apresentou plantas com diferentes formas e hábitos de crescimento, as quais corroboraram para a proteção da superfície do solo frente a ação dos impactos das gotas assim como consolidaram-se como barreiras físicas contra a formação de fluxos superficiais de água, diminuindo sua cinética e auxiliando em sua incorporação no solo.

A composição heterogênea da vegetação também contribuiu para ocorrência de processos em subsuperfície, visualizados por meio da ação de uma gama variada de sistemas radiculares, onde as diferentes plantas exibiram distintos hábitos de crescimento, profundidades e calibres de raízes, gerando no interior do solo uma densa rede de material orgânico que se estendeu da superfície até horizontes mais profundos.

Ao desenvolverem-se, as raízes movimentam as partículas do solo, auxiliando em sua estruturação, modificando a densidade, contribuindo para o aumento da porosidade assim como da capacidade de armazenamento de água, de maneira a ampliar a capacidade e a velocidade da infiltração (FIGURA 54) (KLEIN; LIBARDI; SILVA, 1998; DIAS JUNIOR; ESTANISLAU, 1999; SOUZA; ALVES, 2003).

Após entrar em senescência, com o passar do tempo as estruturas das raízes mineralizam-se, gerando espaços vazios por entre as partículas do solo, criando bioporos que se comportam como canais preferenciais para o movimento da água, contribuindo para o aumento de sua condutividade hidráulica.

**Figura 54** - Bioporos no solo gerados pela dinâmica de crescimento de raízes: (A) Arranjo de partículas minerais de solo; (B) Rearranjo de partículas minerais do solo pelo crescimento de raízes; (C) Senescência de raízes; (D) Criação de bioporos por raízes e seu por raízes e seu preenchimento por água.



**Fonte:** Autor.

Também foi possível observar no local a presença ativa da pedofauna (FIGURA 55), composta por animais de diferentes tamanhos que apresentaram distintas formas de uso do solo, sendo constituída por artrópodes (Térmitas), vermes (Minhocas), larvas (Besouros), répteis (Lagartos), aves (Coruja) e mamíferos (Tatus).

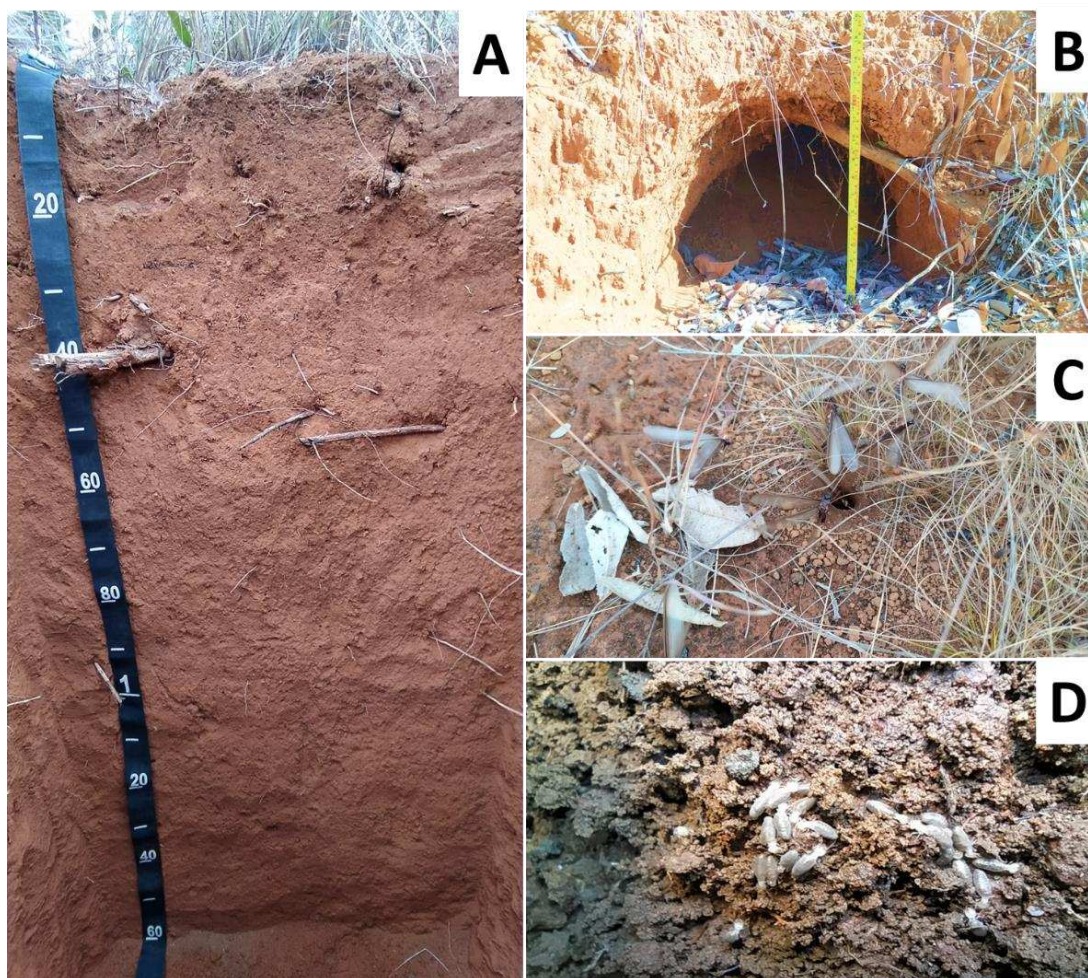
Ao utilizarem os ambientes abaixo da superfície, estes animais imprimem características aos materiais que modificam as características estruturais do solo. Ao transitarem em subsuperfície dutos são escavados, gerando bioporos, que variam em calibre, direção e extensão.

Foram constatados de forma abundante e espalhados aleatoriamente pela área de experimentos diversas tocas de tatus, com canais escavados no solo frequentemente excederam 30 centímetros de diâmetro. Os tuneis comportam-se como grandes vazios no solo, capazes de promover não apenas a condução da água, mas também o armazenamento de grandes volumes, favorecendo os processos de incorporação da água no perfil.



A presença de térmitas também foi constatada, havendo alta concentração de colônias ativas no local. Além dos canais internos no solo gerados pelas atividades dos animais, também foi observado ao longo da área de experimentos diversos orifícios em superfície, os quais caracterizaram-se como dutos responsáveis por interligar estruturas internas das colônias até a superfície.

**Figura 55** - Ação da pedofauna na área de estudos: (A) Alta densidade de bioporos ao longo do perfil do solo; (B) Toca de tatu; (C) Térmitas alados saindo de orifício no solo; (D) Térmitas encontrados no interior do solo.

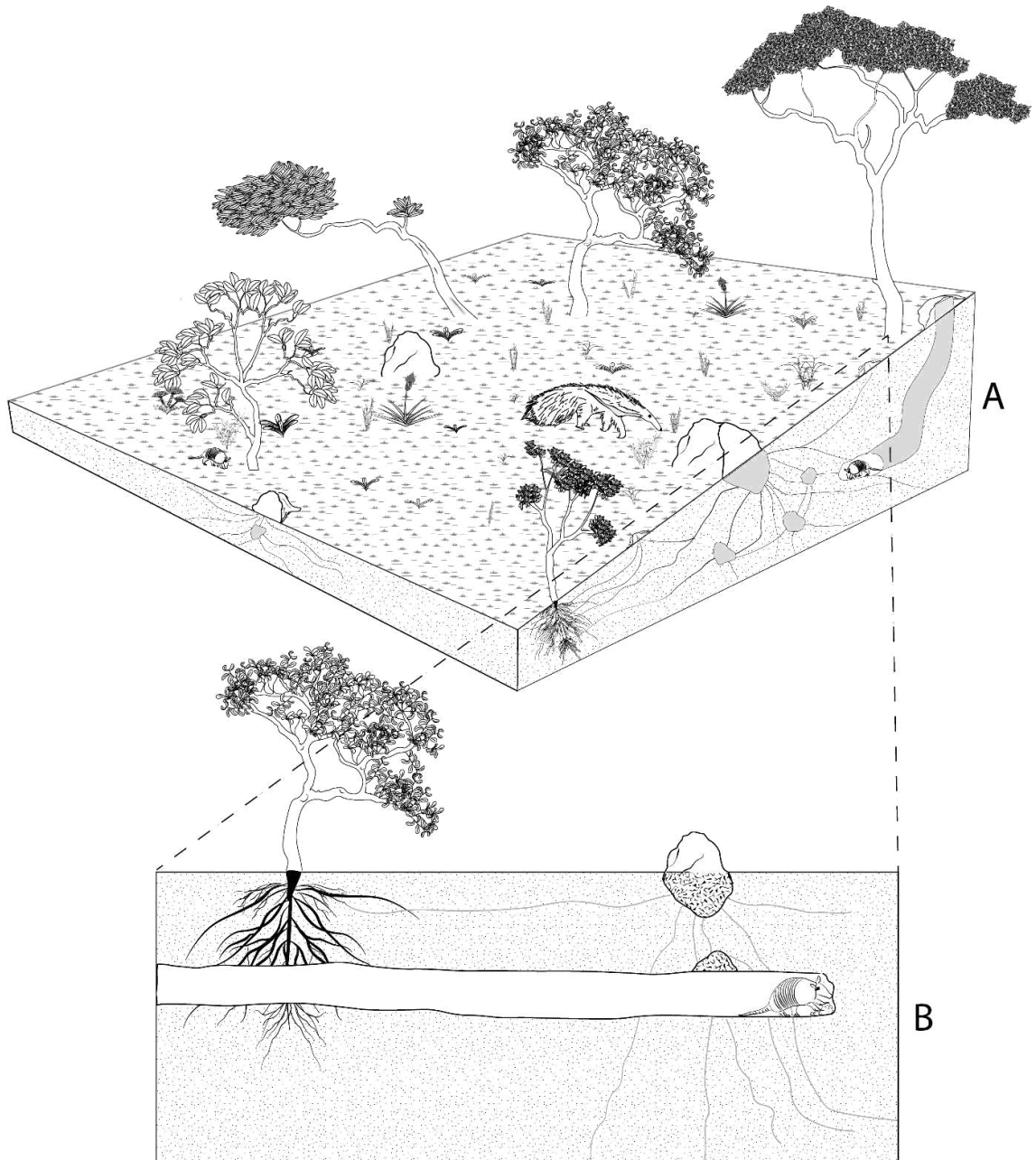


**Fonte:** Autor.

Estes orifícios de diâmetro variável, frequentemente menores que 5 centímetros, comportam-se como caminhos favoráveis para incorporação da água ao solo, visto que se caracterizam como tuneis que não oferecem resistência ao movimento da água, contribuindo para o aceleração dos processos de infiltração.

No processo de escavação, os animais conectam os poros do solo, gerando uma rede de bioporos e de poros interligada. Esta conexão aumenta a capacidade da mobilidade da água no perfil, uma vez que caminhos de movimentação da água são interligados, produzindo ambientes propícios para sua infiltração e posterior percolação (FIGURA 56).

**Figura 56** - Ação da pedofauna no perfil do solo. Criação de bioporos por animais e pela vegetação A e B.



Fonte: Autor.



De maneira a corroborar com a ação da biológica, a granulometria fina do solo, com predomínio de partículas de argila contribuiu para a permanência dos bioporos gerados pela ação da fauna, visto que os coloides se comportam como partículas cimentantes, aumentando a longevidade das estruturas.

Neste sentido, a presença da vegetação heterogênea, com abundância de uma pedofauna variada, aliada às características de profundidade e granulométricas do solo, produziram um conjunto de condições ambientais que culminaram na gênese de um ambiente com solo estruturado, com valores de densidade muito abaixo do limite crítico de  $1,81\text{g/cm}^3$  (Dt) exposto por Reichert et al., (2008) (TABELA 4).

**Tabela 4** - Análise Física do solo; Dp- Densidade de partículas; Dt – Densidade total; Pt- Porosidade Total.

Dp ( $\text{g/cm}^3$ )	Dt ( $\text{g/cm}^3$ )	Pt (%)
2,29	0,80	0,65

**Fonte:** Autor.

O somatório das características ambientais apresentadas refletiu na gênese de um ambiente hidrogeomorfologicamente dinâmico, o qual exibiu diferentes processos que permitiram o aceleração da incorporação da água precipitada junto ao solo, favorecendo o movimento de infiltração, percolação e armazenamento da água no perfil.

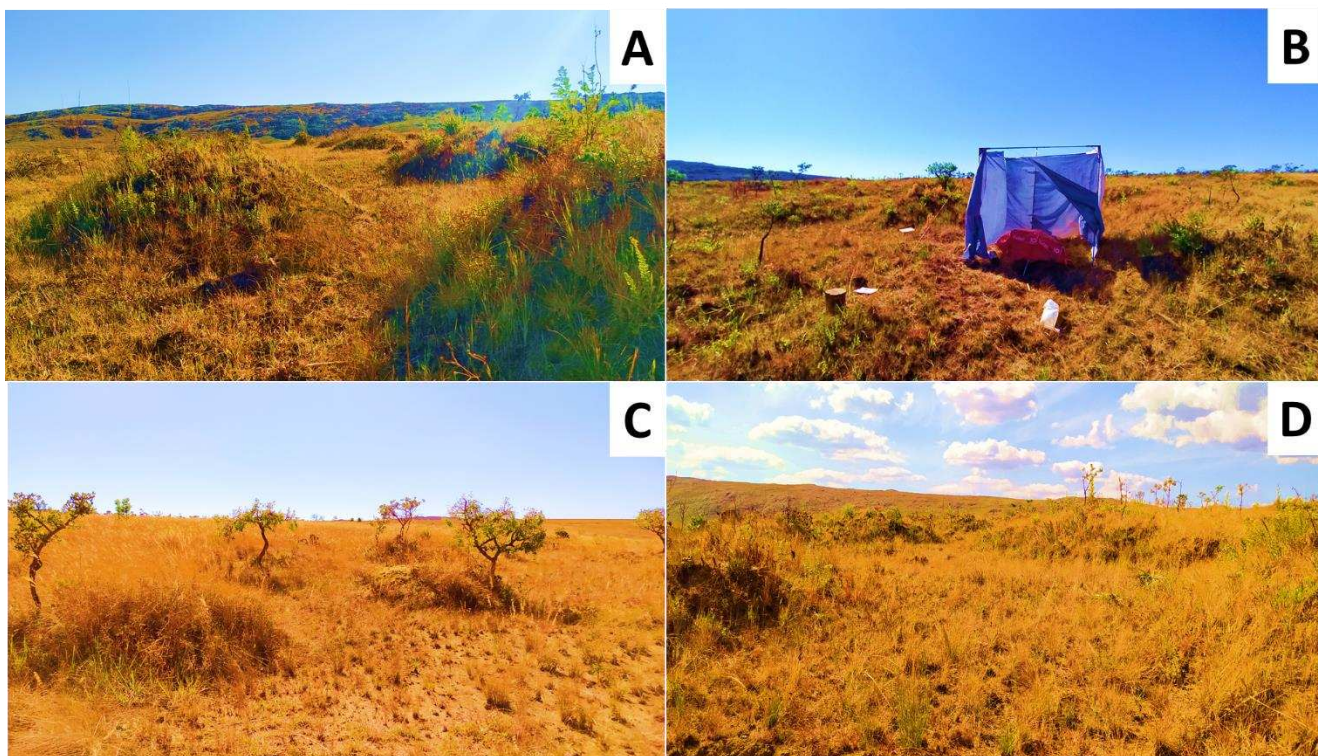
#### **5.4.2 MATERIAIS DE BIOTURBAÇÃO (CAMPOS DE MURUNDUNS) FERRUGINOSOS OU COM CONCREÇÕES FERRUGINOSAS**

A geocobertura intitulada de Materiais de bioturbação (campos de murunduns) ferruginosos ou com concreções ferruginosas (NAZAR, 2018) ocupa o terço superior da vertente. Distribui-se ao longo de uma área caracterizada pela transição de um relevo mais suave presente vertente acima (declividade inferior à 4,5%), para um relevo mais íngreme vertente abaixo, apresentando declividade média de 8 %.

O local exibe uma microfeição de relevo em formas de pequenas elevações, características de campos de murundus (ANTUNES et al., 2012), com a ampla presença de morrotes ovalados, dotados de diâmetros e alturas médias de 3,5 e 1,1 metros respectivamente. Os morrotes espaçaram-se entre si por uma distância média de 3 metros, não sendo visualizados a conexão de montículos (FIGURA 57).

A vegetação caracteriza-se pela presença de plantas encontradas em geocoberturas circundantes, porém, ao longo de sua área de extensão foi constatado o caráter seletivo na distribuição das espécies. Gramíneas dispersam-se por todo local, recobrando os morrotes assim como as áreas entre morrotes, diferente disto, plantas lenhosas caracterizadas por herbáceas, arbustos e pequenas arvores distribuíram-se de forma pontual apenas sobre as elevações, ocupando principalmente áreas do terço médio e superior do microrelevo, sendo esta situação também observada em outros trabalhos (Oliveira-Filho 1992; RESENDE et al., 2004).

**Figura 57** - Características do campo de murundus: Formas de relevo ovaladas (A); Local de experimentos (B); Vegetação característica, com a presença de plantas lenhosas sobre os morrotes e gramíneas espalhadas sobre os montes e entorno (C e D).

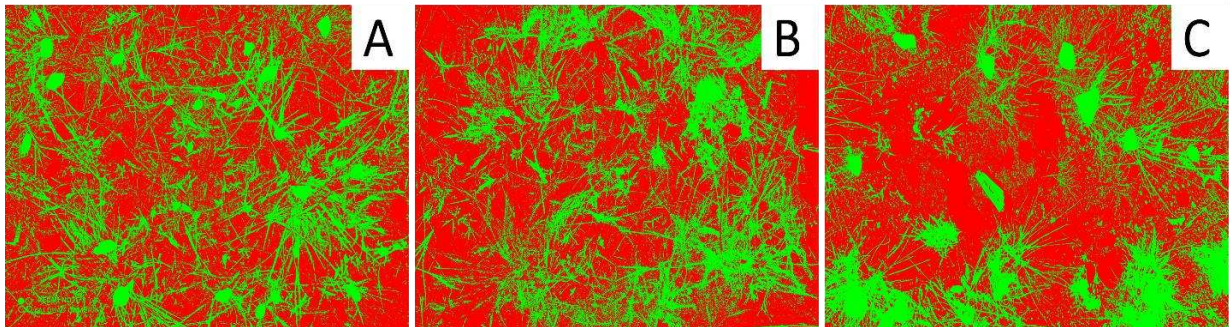


**Fonte:** Autor.

Os estudos foram conduzidos no período de entre chuvas da região, onde a restrição hídrica pluvial imprimiu características à vegetação. Apenas plantas herbáceas e arbustivas exibiram folhas verdes, contrastando com a vegetação predominante de gramíneas, as quais apresentaram-se com estruturas foliares e de sustentação secas.

Baixa cobertura do solo foi constada (34,37%), oriunda principalmente pela dispersão das gramíneas, as quais exibiram crescimento pouco adensado, com estruturas secas que não apresentaram sobreposição, ocorrente nas próprias plantas assim como entre as plantas, culminando em um arranjo vegetativo de baixo vigor (FIGURA 58).

**Figura 58** - Relação cobertura vegetal e solo exposto em áreas de experimentos. A- 65,16 % de solo exposto; B- 65,22 % de solo exposto; C- 66,50% de solo exposto.



**Fonte:** Autor.

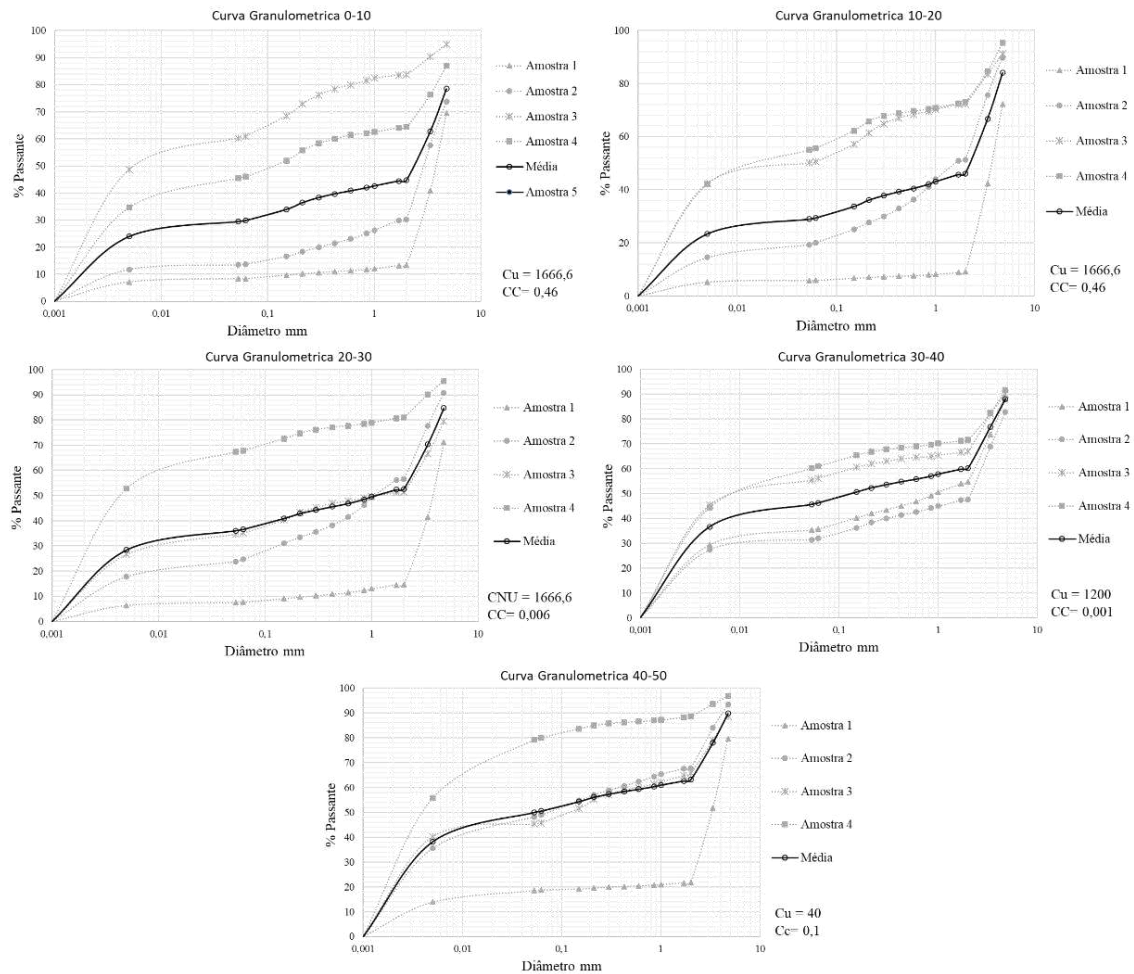
O solo do local de experimentos apresentou-se espedaçado quando comparado aos de áreas vertente abaixo, exibindo profundidades médias superiores a 1,40 metros. Constituiu-se de material de granulometria variável, classificado pelo coeficiente de uniformidade e de curvatura para todas profundidades analisadas como desuniforme e mal graduado (GRÁFICO 9).

As curvas granulométricas demonstraram a ampla heterogeneidade de sua composição, exibindo nas profundidades próximas a superfície (0-20 cm) maior parte de sua matriz constituída por cascalhos, decrescendo os valores com o aumento da profundidade.

Contrastando com o material grosseiro (Cascalhos), o material de granulometria fina (inferior a 2 mm), apresentou predomínio da fração argila, sendo classificado entre argiloso e muito argiloso.



**Gráfico 9 - Curvas Granulométricas.**



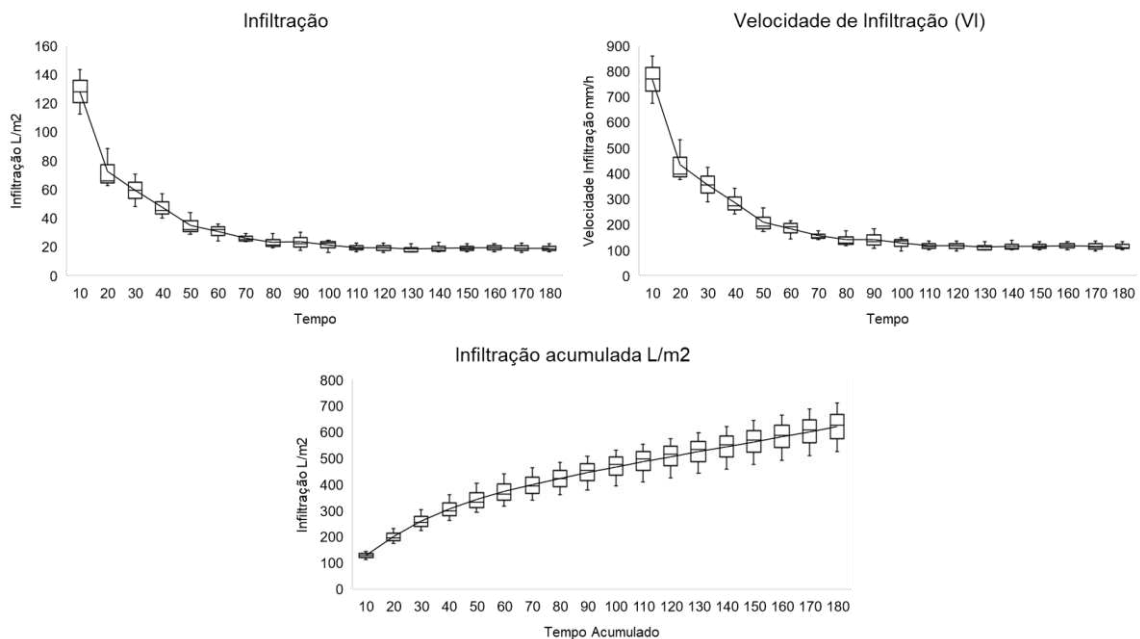
**Fonte:** Autor.

Os dados produzidos pelo infiltrômetro de anéis revelaram para o solo local um pico inicial de velocidade de infiltração de 767,3 mm/h (GRÁFICO 10), estabilizando-se a partir de 110 min de testes, passando a exibir VIB média de 115,44 mm/h. Em estudo buscando traçar parâmetros para velocidades de infiltração, Bernardo et al. (2006) consideram que uma VIB acima de 30 mm/h se classifica como muito alta, sendo constatado para o solo local valores 6,64 vezes maiores.

A variação dos valores de velocidade de infiltração entre o início e o fim dos experimentos foi de 84,98%, indicando que o ambiente possui alta capacidade de infiltração e percolação de água no perfil do solo. Entretanto, ainda que exibindo VIB muito alta, a redução acentuada nos valores indica que quando este ambiente é exposto por longos períodos à presença de uma lâmina de água constante, sua capacidade de

infiltração é reduzida de forma considerável, exibindo curva de correlação entre os valores produzidos de  $R^2$  0,85.

**Gráfico 10 - Infiltração Infiltrômetro de inundação.**

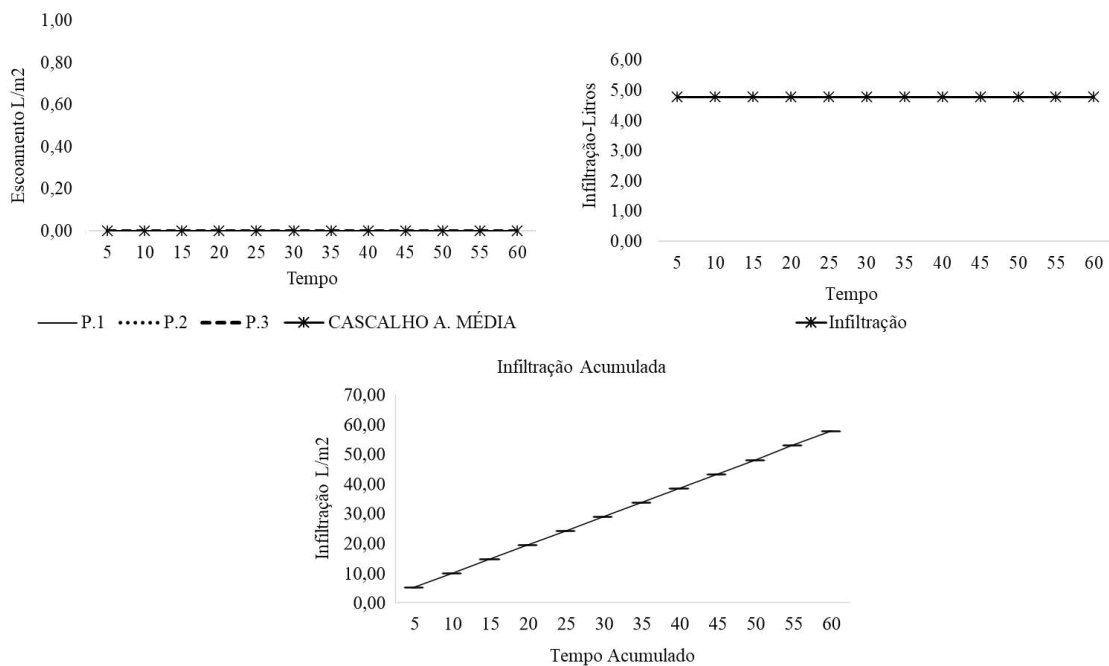


**Fonte:** Autor.

Os experimentos envolvendo o simulador de chuvas revelaram constância nos valores da curva de escoamento ( $R^2 = 1$ ), visto que, mesmo submetido a precipitações de alta intensidade o solo local não exibiu volumes escoados sobre a superfície, revelando alta capacidade de absorção da água, uma vez que os volumes foram totalmente infiltrados (GRÁFICO 11).

Dos instantes iniciais até os tempos finais de precipitação não foram observados pontos de empocamento de água sobre a superfície, indicando que não houveram locais de acúmulo de água, ocorrendo um movimento descendente e rápido da água no perfil do solo, a VIB final nessa condição foi de 57,4 mm/h.

**Gráfico 59** – Curvas de escoamento e infiltração produzidas pelo simulador de chuvas.



**Fonte:** Autor.

Comparando ambos modelos de infiltrômetros utilizados, os resultados revelaram que o infiltrômetro de anéis possui maior capacidade de monitoramento da infiltração da água no ambiente em questão, visto que, dispôs sobre a superfície os volumes de água totais demandados pelos processos de infiltração no solo.

Diferente disto, o simulador de chuvas não apresentou capacidade suficiente de dispor sobre a superfície os volumes de água necessários para ocorrência da saturação do solo, de maneira a não permitir o conhecimento das intensidades necessárias para que as precipitações promovam a formação de fluxos superficiais de água no ambiente em questão.

Porém, ressalta-se que o solo do local apresentou velocidade básica de infiltração muito acima dos valores de referência, de maneira a demandar volumes que superam grande parte das intensidades de precipitações reais.

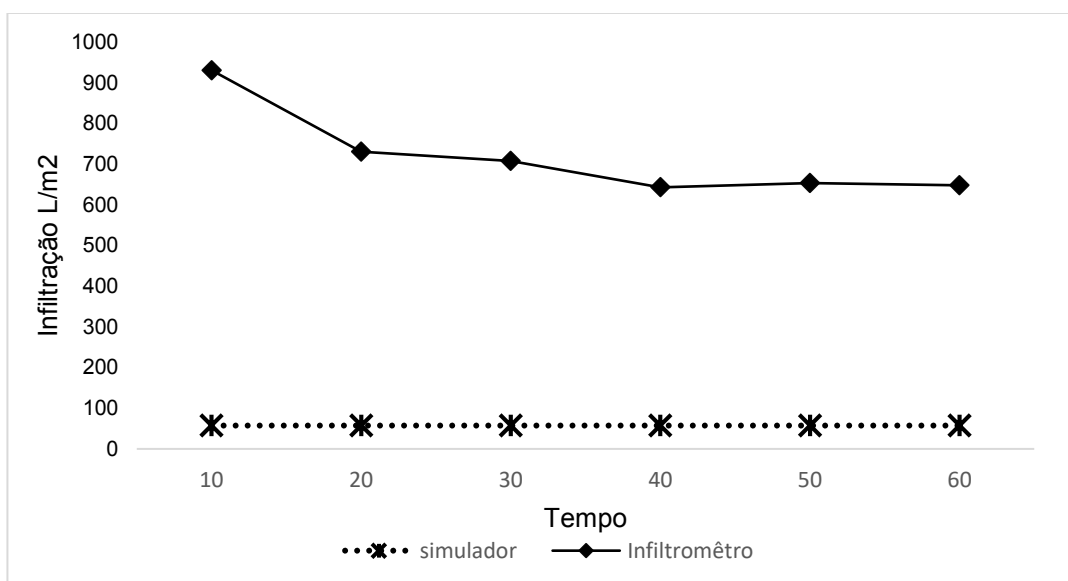
Em uma análise comparativa para mesmos tempos de coleta (10 e 60 min), o infiltrômetro de anéis exibiu valor de VIB 13,3 vezes maior que o infiltrômetro de aspersão, havendo a diminuição deste valor com o passar do tempo, apresentando para 60 minutos valor de VIB 3,2 vezes maior.

Comparando as taxas de infiltração nos tempos finais de testes de cada equipamento (60 minutos para infiltrômetro de aspersão e 180 minutos para infiltrômetro

de anéis) a tendência se manteve, onde o infiltrômetro de inundação exibiu VIB 2,0 vezes maior que o infiltrômetro de aspersão (GRÁFICO 11).

Neste sentido, mesmo desconsiderando características dos processos naturais da dinâmica da água, como inclinação do terreno e volumes precipitados, o infiltrômetro de anéis permitiu o conhecimento de um parâmetro que excedeu a capacidade de funcionamento do simulador de chuvas.

**Gráfico 11** - Infiltração Simulador de chuva e Infiltrômetro de inundação.



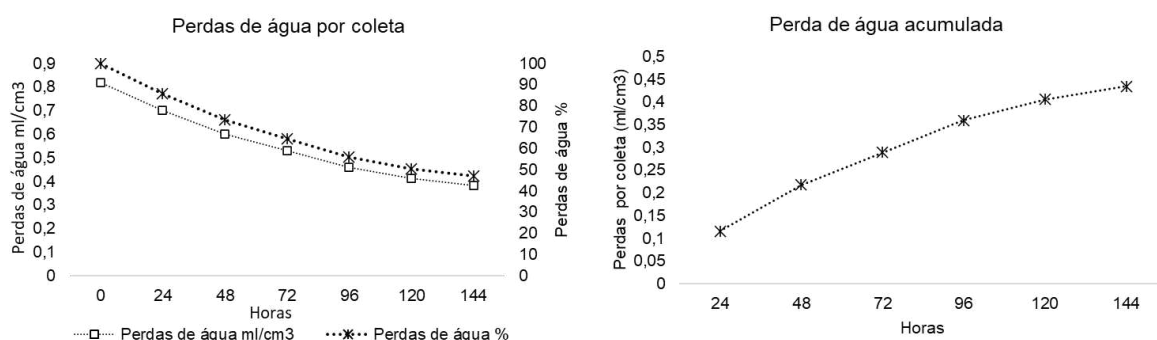
**Fonte:** Autor.

Após saturado, o solo do local apresentou retenção de  $0,81 \text{ ml/cm}^3$  de água, sendo as perdas por evaporação ocorrentes de forma constante ao longo do tempo ( $R=0,97$ ), exibindo para o período de seis dias o volume total evaporado de  $0,43 \text{ ml/cm}^3$ , correspondendo a 53,1 % de toda água retida no solo (GRÁFICO 12).

As maiores perdas foram encontradas nas primeiras 96 horas, sendo constatado para este período 82,7 % dos volumes totais evaporados. Deste modo, o solo apresentou uma capacidade de retenção de água (CRA) de  $0,38 \text{ ml/cm}^3$  ao final de seis dias, ou seja, 46,9% de sua capacidade total de armazenamento.

Os valores encontrados indicam que, após saturado, o solo não apresenta restauração rápida de sua capacidade de armazenamento, podendo comprometer a retenção da água de futuras precipitações, visto que os espaços necessários para absorção de volumes de entrada ainda estão preenchidos por água advinda de precipitações anteriores, de maneira a dificultar a incorporação de novos valores.

**Gráfico 12 - Perdas de água por evaporação.**



Fonte: Autor.

## Sistematização

De forma geral, a área exibiu alta capacidade de retenção de água no sistema, sendo resultante do somatório das condições ambientais do local. Mesmo apresentando vegetação pouco densa, composta de forma predominante por gramíneas, as plantas auxiliaram para a proteção da superfície do solo frente a ação dos impactos das gotas se comportando como barreiras físicas frente a eventual formação de fluxos de água superficiais, diminuindo sua cinética e auxiliando na incorporação da água ao solo.

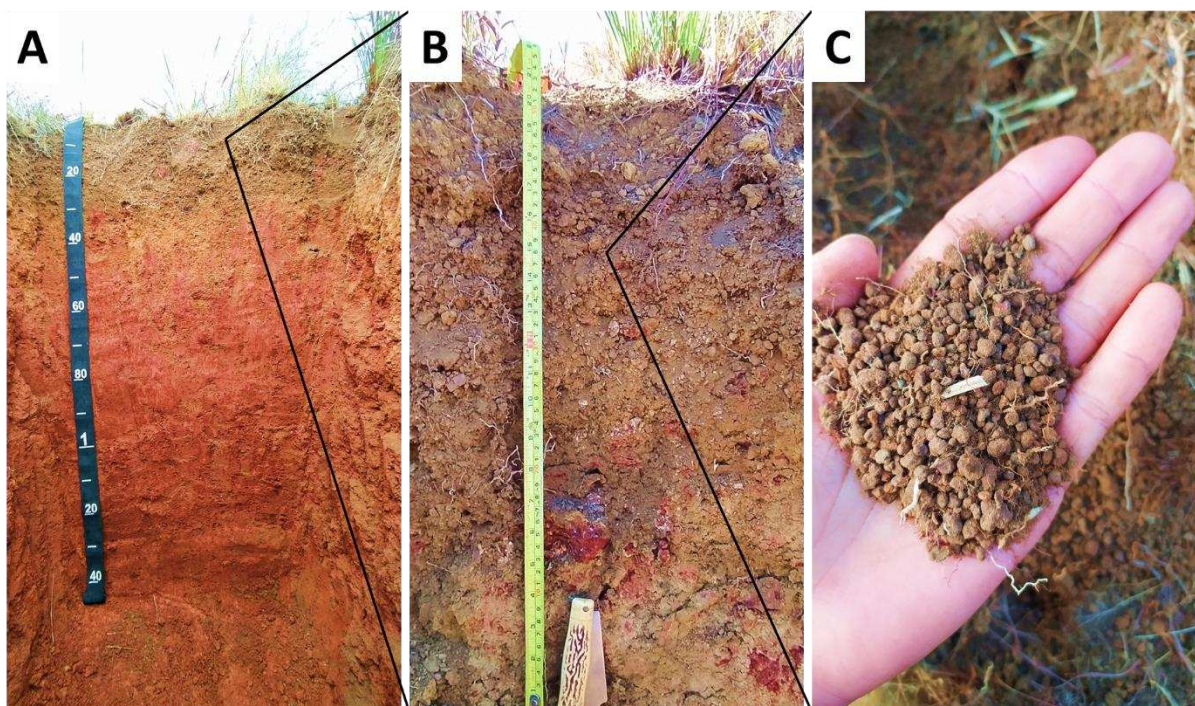
Abaixo da superfície, principalmente em camadas superficiais (0-30) constatou-se a abundância de raízes milimétricas, as quais auxiliam na estruturação do solo assim como favoreceram ao surgimento de bioporos, resultantes dos processos de seu crescimento assim como de sua senescência (MORAES e LUSTOSA, 1997; VZZOTTO et al., 2000; DEBIASI et al., 2010; BONFIM-SILVA et al. 2012).

O solo local, classificado como ARGISSOLO VERMELHO Distrófico abruptico petroplintico apresentou uma camada de cascalhos nas profundidades entre 5 e 20 centímetros que também auxiliou na formação de ambientes propícios à infiltração da água (FIGURA 78 A).

Os cascalhos lateríticos arredondados, com diâmetro variando entre 0,5 a 2 centímetros compuseram maior parte da matriz do solo nesta faixa de profundidade (55,3 %), onde seu arranjo produziu a estruturação das partículas de maneira a auxiliar na formação de macroporos, os quais comportaram-se como caminhos para infiltração da água, além de aumentar sua capacidade de armazenamento (FIGURA 60 B-C).



**Figura 60** - Características do solo entre murundus: Horizontes do perfil do solo (A); Camada superficial composta por cascalhos lateríticos (B); Cascalhos lateríticos arredondados (C).



**Fonte:** Autor.

Neste horizonte também foi observado a intensa atividade de térmitas (FIGURA 61 A), com presença abundante dos animais assim como de suas vias subterrâneas de trânsito, sendo averiguado a grande densidade de bioporos, visualizados em formas de dutos (FIGURA 61 B) variando de 2 mm até 1,1 centímetro de diâmetro, os quais se comportam como canais preferenciais para o movimento da água no perfil, visto que interligam os poros do solo entre si, assim como à outros bioporos, promovendo a formação de ambientes aerados pouco segmentados, contribuindo para facilitar o movimento da água no interior do perfil.

Os dutos foram verificados em maior parte nas camadas superficiais do solo, sendo observados de forma pontual em camadas mais profundas. No processo de escavação os cupins utilizam saliva com a função de endurecer as paredes dos tuneis, dando a elas uma consistência quase pétrea (ZANETTI et al., 2010).

Através desta ação, os cupins modificam a estrutura do solo (DANGERFIELD et al., 1998), gerando bioporos resistentes à ação intempérica. Devido a isto, paleocanais foram constatados ao longo de todo o perfil, ocorrentes em camadas mais próximas à superfície até horizontes mais profundos (30 a 140 centímetros).

Os paleocanais são resultantes da ação temporal de colônias de térmitas que utilizaram o solo da área em tempos passados, onde desenvolveram suas atividades de

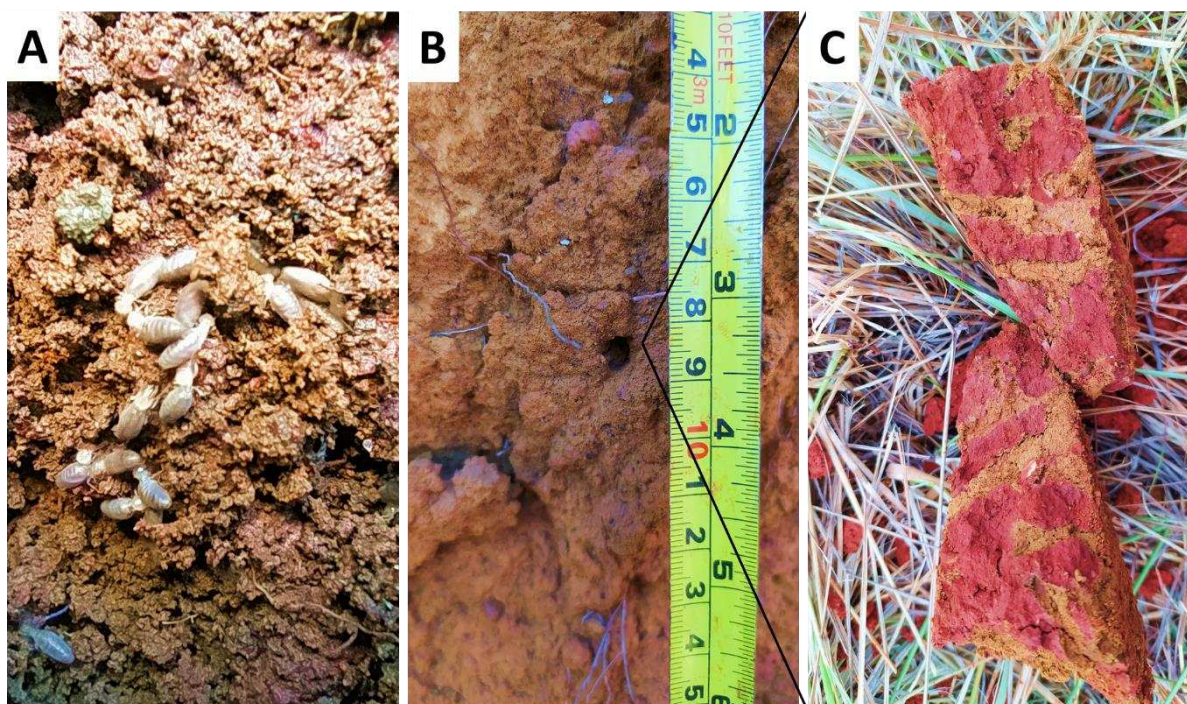


maneira a estruturar abaixo da superfície uma densa rede de dutos utilizados para o funcionamento de cada colônia.

Com o passar do tempo, através de oscilações do nível de base assim como percolação de água no perfil, movimentos de preenchimento dos bioporos por materiais discordantes ocorreram, tornando-se possível observar uma densa rede de paleoestruturas (FIGURA 61 C).

O preenchimento dos paleoporos não se deu por completo, de maneira a produzir espaços vazios no solo, incrementando a porosidade local. O material de preenchimento possui características próprias que discordam do material circundante, podendo auxiliar no acréscimo das taxas infiltradas.

**Figura 61** - Ação da pedofauna no solo: Térmitas (A); Bioporos (B); Paleobioporos preenchidos por materiais (C).



**Fonte:** Autor.

A presença de raízes aliada a abundância de uma pedofauna atuante no presente assim como no passado, viabilizaram a formação de um conjunto de condições ambientais que culminaram na alta presença de poros, repercutindo em valores de densidade do solo muito abaixo do limite crítico de  $1,81\text{g/cm}^3$  (Dt) exposto por Reichert et al., (2008), contribuindo para a consolidação de uma porosidade com valores acima dos 50 % considerados como ideais por Kiehl (1979) (TABELA 5).

**Tabela 5** - Análise Física do solo; Dp- Densidade de partículas; Dt – Densidade total; Pt- Porosidade Total.

Dp (g/cm <sup>3</sup> )	Dt (g/cm <sup>3</sup> )	Pt (%)
2,31	0,91	0,61

**Fonte:** Autor.

Um corte transversal no murundu também revelou a grande densidade de espaços vazios no solo gerados pela pedofauna de cupins. Além de dutos, também foram visualizadas antigas colônias de térmitas, com ninhos epígeos (FERREIRA et al., 2011) abandonados e ativos, apresentando galerias com diâmetros de até 10 centímetros, espacializadas ao longo de todo morrote, porém, concentrando-se principalmente em áreas centrais.

Sobre os murundus foram visualizadas estruturas em formas de “cupinzeiros”, não sendo constatadas entre murundus. A presença destas estruturas biogênicas em superfície aliada às grandes galerias de ninhos no interior dos murundus indica que as térmitas estabelecem suas colônias apenas nos morrotes.

Os pequenos dutos presentes entre murundus indicam que as térmitas utilizam estas áreas apenas para atividades de trânsito e prospecção de alimentos, coletando materiais ao longo da área do entorno e os concentrando em suas colônias (FERREIRA et al., 2011), podendo seus dutos atingir distâncias de 20 metros de suas colônias (ALMEIDA et al., 1999).

A presença dos ninhos dos cupins apenas em áreas dos morrotes pode ser atribuída a uma seleção de habitats gerados pelo ambiente. Campos de murundus tem por peculiaridade o alagamento das áreas entre os murundus nos períodos chuvosos (PAULINO et al., 2015), sendo este fato nocivo aos animais, as quais passam a estabelecer-se em áreas mais secas, presentes nos morrotes.

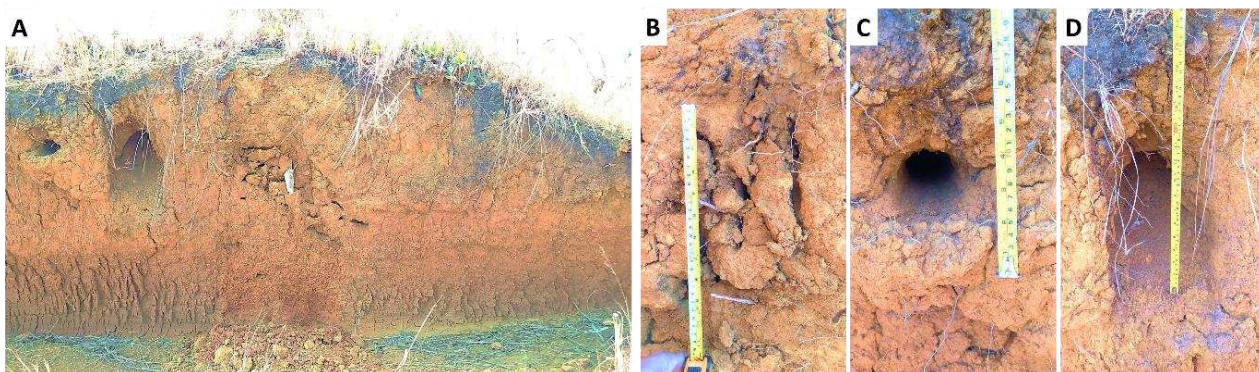
Ao desenvolverem suas colônias sobre os morrotes, a ação de escavação e amontoamento destes animais corroboram para o aumento dos montículos, de maneira a contribuir para a continuidade dos processos de formação deste microrelevo.

Apenas nos murundus foram observados dutos produzidos pela pedofauna de maior porte, visualizados na forma de canais de tatus que variaram entre 10 até 34 centímetros de diâmetro, indicando que as condições de alagamento também afetam outros animais que se utilizam do solo como fonte de abrigo e/ou de alimentação.

Neste sentido, as estruturas biogênicas encontradas no interior do solo dos morrotes alteraram suas propriedades estruturais (FIGURA 62), de maneira a

contribuírem para formação de espaços vazios, podendo estes facilitarem os processos de infiltração assim como armazenarem de maiores volumes de água no interior do solo.

**Figura 62** - Perfil de solo de um morrote de murundu. Diferentes estruturas biogênicas (A); Colônia de térmitas abandonada (B); Buraco de tatus (C e D).



**Fonte:** Autor.

Os altos valores de infiltração averiguados na área associados à ação das térmitas contribuíram para alterações pedogenéticas nos solos do local, as quais refletiram em modificações paisagísticas consideráveis. A ação de amontoamento dos cupins produziu elevações no terreno, com cotas altimétricas positivas, acima do nível do solo local.

Este gradiente altimétrico das feições do microrelevo geraram alterações hídricas, onde as áreas dos morrotes não se sujeitam as mesmas condições hidrológicas das áreas entre morrotes, fato este que viabilizou a seleção de espécies de plantas, apresentando espécies lenhosas apenas nos locais mais elevados (FIGURA 63 A e B).

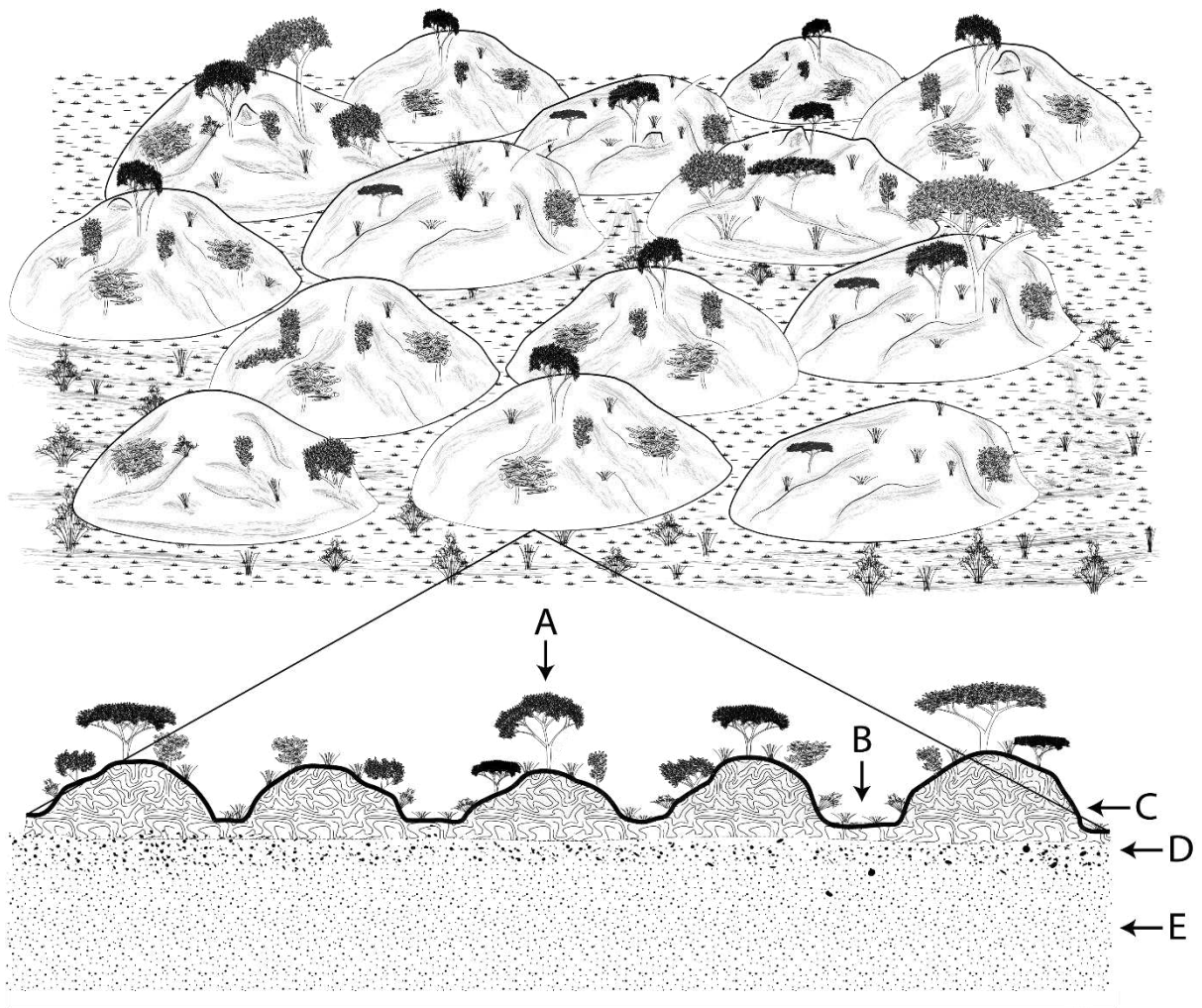
Sob a superfície, em horizontes superficiais, verificou-se que a ação dos cupins produziu uma camada de solo que destoa do restante do perfil (0-30), com maior presença de galerias e estruturas ligadas aos hábitos de vida dos animais (FIGURA 63 C). A camada de cascalhos lateríticos presente nesta faixa também pode ter relação com as térmitas, uma vez que nos processos de escavação selecionam materiais e os realocam (FERREIRA et al., 2011), podendo ter ocorrido no local a remoção de partículas de granulometria fina, visto que os diâmetros dos cascalhos excedem a capacidade de transporte dos animais. Por sua vez, está camada de cascalhos arredondados contribuiu para as altas taxas de infiltração visualizadas no local (FIGURA 63 D).

Em profundidades maiores (30 a 180 centímetros), tuneis e paleotuneis escavados pelos cupins auxiliaram no incremento da porosidade local, de maneira a gerar ambientes favoráveis para percolação e armazenagem da água no perfil do solo. Além disto, os canais foram preenchidos por materiais de características divergentes da matriz original



do solo, reverberando em modificações de estrutura e granulometria do solo (FIGURA 63 E).

**Figura 63** - Campo de murundus. Plantas lenhosas apenas sobre morrotes (A); Área entre morrotes apresentando vegetação rasteira (B); Área com alta presença de bioturbação, visualizada na forma de grandes galerias (C); Área alta presença de bioturbação visualizada na forma de tuneis (D); Alta presença de paleocanais (E).



**Fonte:** Autor.

Deste modo, conclui-se que a área de murundus é altamente afetada pela presença dos animais, principalmente das térmitas. Seus hábitos de vida produzem modificações ambientais, visualizadas na reestruturação do solo, ocorrentes em diferentes intensidades, a depender dos níveis de profundidade e espacialidade de suas colônias.

Através da abertura de túneis e construção de ninhos, a ação mecânica da mastigação e amontoamento realizados pelos animais gerou estruturas biogênicas que influenciaram diretamente na capacidade de infiltração da água no solo.

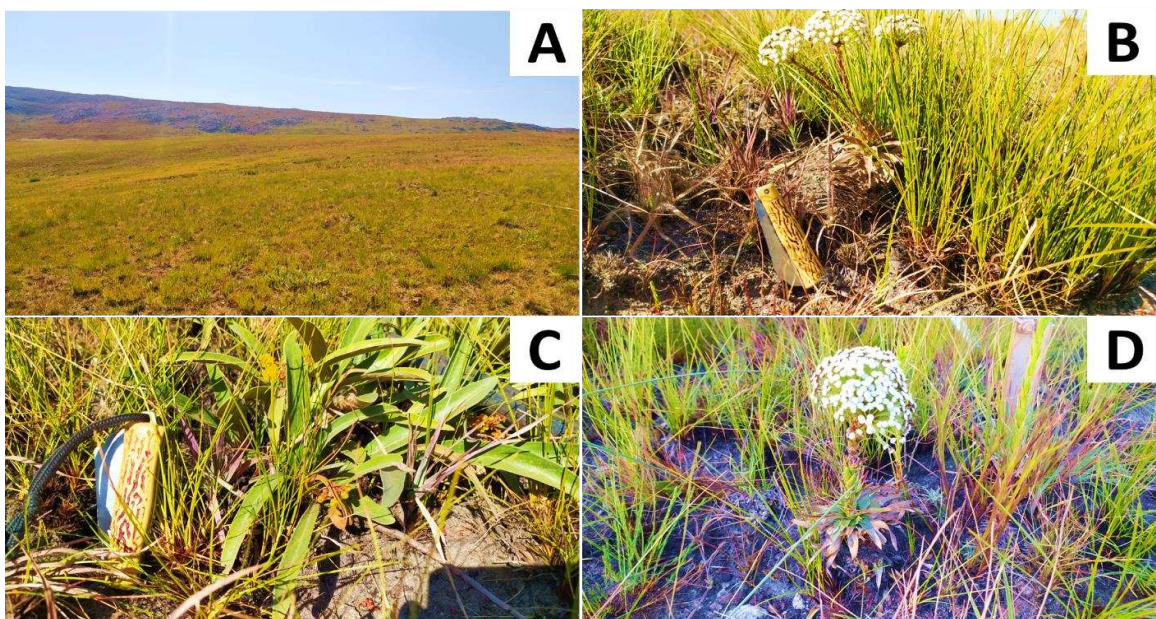
Os cupins arejaram e melhoraram a estrutura do solo, gerando uma melhoria na porosidade e ampliando a capacidade de infiltração de água, fatos também aprestados em outros trabalhos (CANCELLO, 1989; MANDO, 1991; MIKLÓS, 1998; LEÓNARD e RAJOT, 2001).

### 5.4.3 CASCALHO ARENOSO COM MATÉRIA ORGÂNICA

A geocobertura intitulada de Cascalho Arenoso com Matéria Orgânica (NAZAR, 2018) ocupa uma pequena área da vertente de estudos. Abrange uma pequena porção no terço médio da vertente, inserindo-se na transição entre um relevo mais suave presente no topo e um mais íngreme encontrado no restante da vertente, apresentando declividade média de 7,8%.

A vegetação que recobre o local é composta por um conjunto de plantas de pequeno porte, exibindo vegetação rasteira constituída de gramíneas e herbácea, expressando alturas médias predominantemente inferiores a 30 cm, consolidando-se como uma fitofisionomia de campo limpo caracterizado por conjunto heterogêneo de plantas (FIGURA 64).

**Figura 64** – Vegetação presente na Geocobertura Cascalho Arenoso com M.O. Vegetação rasteira de campo limpo (A); Composição heterogênea de espécies rasteiras (B; C; D).



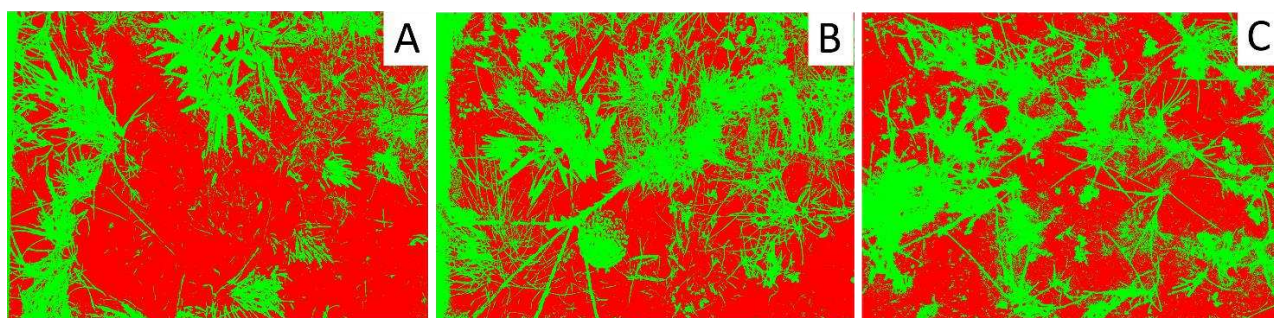
Fonte: Autor.

A composição vegetal diversificada se apresentou como uma combinação de espécies ocorrentes nas geocoberturas circunvizinhas, exibindo um mix variado de plantas de maneira a se comportar como uma área de transição. As diferentes formas, arranjos estruturais e hábitos de crescimentos das plantas produziram uma cobertura vegetal de distintos estratos, com diferentes estruturas foliares e subterrâneas.

Apesar do estudo ter sido conduzido no período de entre chuvas da região, apenas uma pequena parte da vegetação apresentou estruturas secas, exibindo maioria das plantas folhas verdes, expondo em alguns casos pontuais espécies enfloradas.

Nos locais de experimentos a vegetação mostrou-se heterogênea, representada por um conjunto de plantas de folhas estreitas entremeadas por plantas de folhas largas. Apesar da variedade, baixos valores de recobrimento do solo foram constatados, com valor médio de 40,61% (FIGURA 65).

**Figura 65** – Relação cobertura vegetal e solo exposto em áreas de experimentos. A- 71,18% de solo exposto; B- 70,59 % de solo exposto; C- 65,81% de solo exposto.



**Fonte:** Autor.

A baixa estatura, presença de estruturas secas, crescimento esparsos entre plantas e a predominância de indivíduos de folhas estreitas auxiliaram nos baixos valores de cobertura revelados. Concomitante a estes aspectos, a área também não apresentou serrapilheira depositada sobre a superfície, fato resultante de queimas frequentes na região.

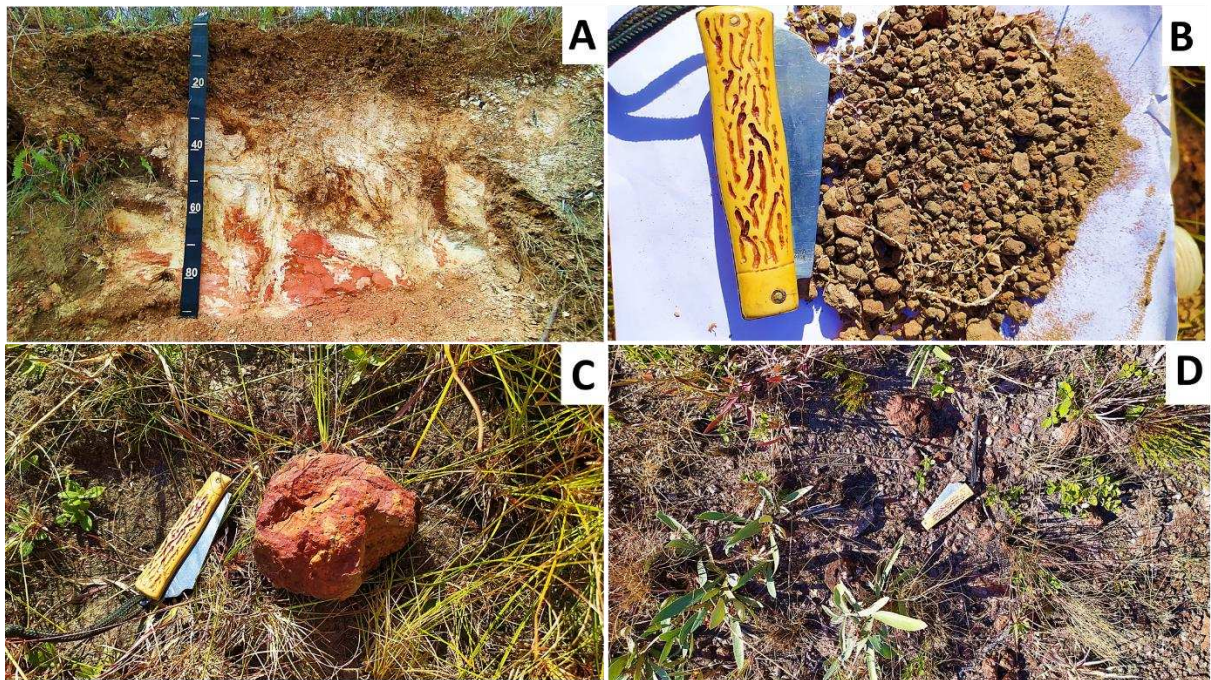
O solo local classificado como NEOSSOLO REGOLÍTICO Distrófico típico apresentou-se pouco espesso, com profundidades médias de 15 centímetros, estruturando-se sobre a rocha quartzítica. Caracteriza-se por um horizonte superficial de aproximadamente 5 centímetros de espessura, constituído de material arenoso que se sobrepõe a uma camada de cascalhos arredondados de concreções ferruginosas petrificadas (petroplintitas), abundantes no diâmetro médio de 0,5 cm (FIGURA 66).



Em locais onde os processos erosivos atuaram na retirada de materiais, houve a exumação dos cascalhos, estando dispersos sobre a superfície em meio da vegetação. Observou-se também com baixa frequência, cangas de material concrecionário de 10 centímetros de diâmetro em meio aos cascalhos.

A granulometria revelou solos mal graduados, exibindo para camada superficial (0-10) coeficiente de não uniformidade (Cnu) de 42, com material predominante de granulometria mais fina (62,1% menor que cascalho) quando comparada a camada subjacente (10-20), a qual apresentou Cnu de 335 e 43,8% de cascalhos (GRÁFICO 13).

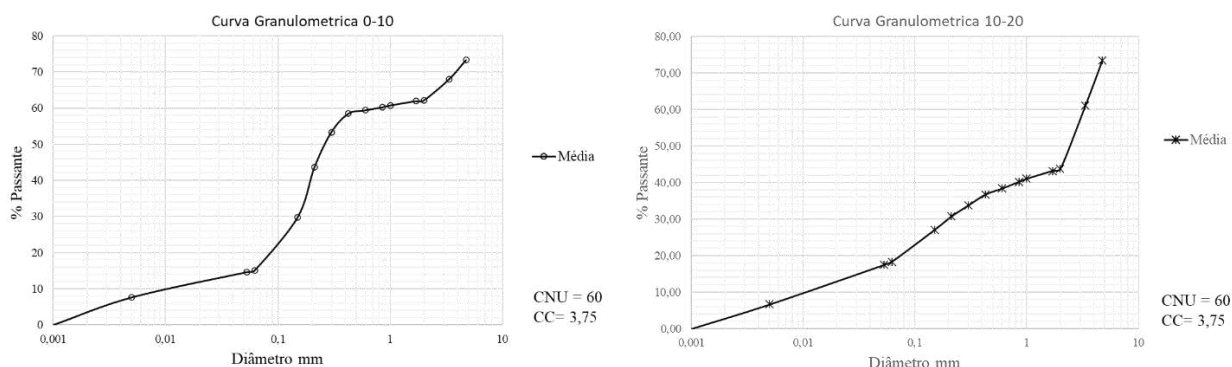
**Figura 66** - Características do solo local. Perfil de solo com granulometria mal graduada (A); Cascalhos petroplintíticos abundantes em profundidades abaixo de 10 cm (B); Concreção ferruginosa de 10 cm de diâmetro (C); Cascalhos exumados em superfície (D).



**Fonte:** Autor.



**Gráfico 13 - Curvas Granulométricas.**



**Fonte:** Autor.

A matriz grosseira aliada aos baixos teores de argilas em ambas camadas (12,3% e 6,7) produziram um solo com baixa agregação, refletindo em um pacote de materiais sem estrutura, com cascalhos lateríticos envolvidos em materiais de menor calibre, principalmente areias.

Mesmo não expondo estrutura, os valores de densidade total (Dt) (TABELA 6) indicam que o solo da área não se encontra compactado, expondo valores abaixo do limite crítico de 1,81 (Dt) exposto por Reichert et al., (2008), refletindo em valores de porosidade acima dos limites ideais de 0,50 estipulados por kiehl (1979) (TABELA 6).

Os baixos valores de Dt e altos valores de porosidade estão ligados à composição granulométrica variável, advindos principalmente do arranjo caótico das partículas de diferentes calibres ao longo do perfil, em especial, a grande presença de cascalhos lateríticos arredondados.

**Tabela 6-** Análise Física do solo; Dp- Densidade de partículas; Dt – Densidade total; Pt- Porosidade Total.

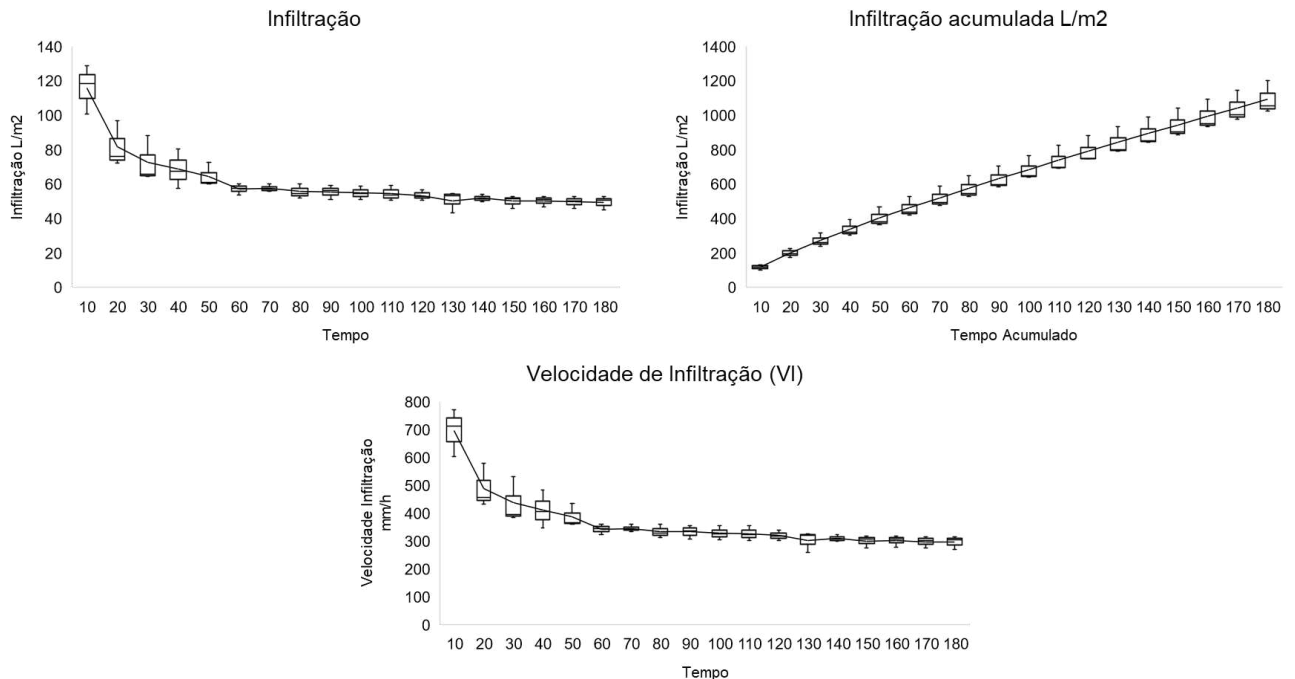
Dp (g/cm <sup>3</sup> )	Dt (g/cm <sup>3</sup> )	Pt (%)
2,27	1,09	0,52

**Fonte:** Autor.

Os dados produzidos pelo infiltrômetro de anéis revelaram para o solo local um pico inicial de velocidade de infiltração de 694,72 mm/h (GRÁFICO 14), estabilizando-se a partir de 60 min de testes, exibindo velocidade básica de infiltração (VIB) de 317,58 mm/h. Valor 10 vezes maior aos apresentados por Bernardo et al. (2006), os quais estipularam que taxas de VIB maiores de 30 mm/h são consideradas como muito altas.

A variação dos valores de velocidade de infiltração entre o início e o fim dos experimentos foi de 57,43%, indicando que este ambiente possui alta capacidade de infiltração e percolação de água no perfil do solo, mesmo quando está saturado por água por longos períodos de tempo, exibindo correlação de  $R^2$  0,88 para os valores da curva de infiltração.

**Gráfico 14 - Infiltração infiltrômetro de anéis.**



**Fonte:** Autor.

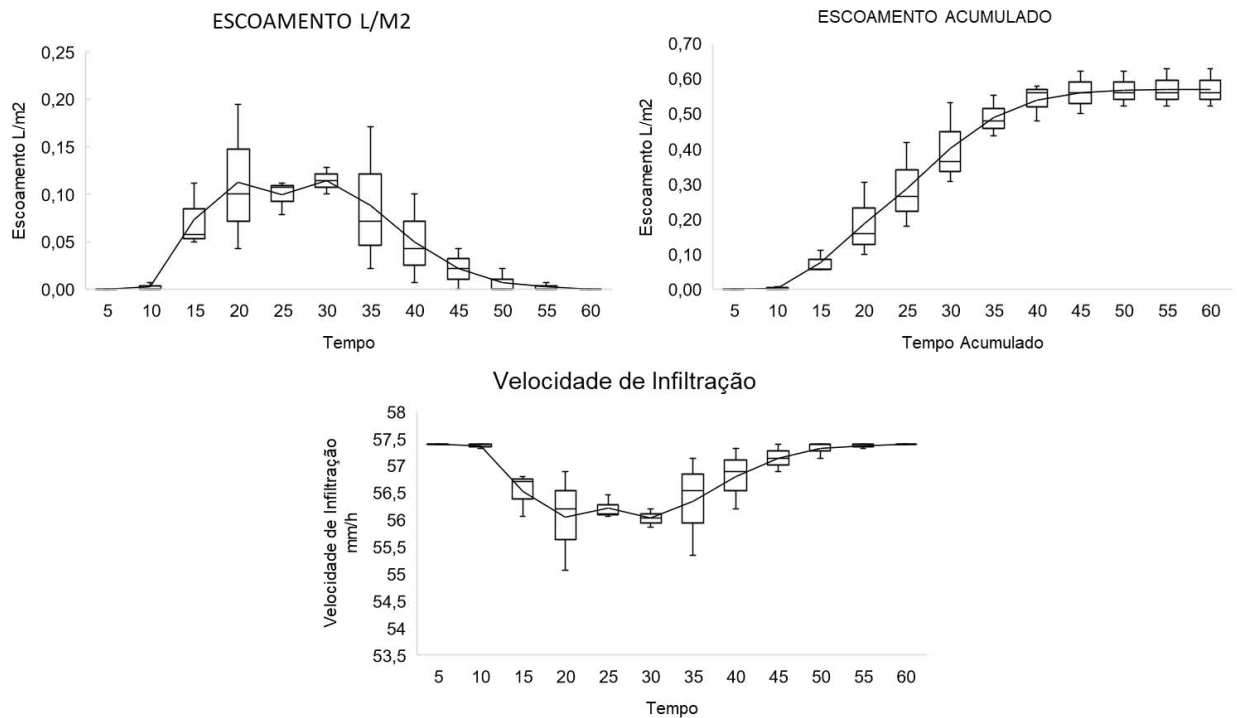
Os experimentos envolvendo o simulador de chuvas revelaram que, após o início da precipitação o fluxo superficial originou-se aos 11:50 minutos, havendo uma abstração inicial de 11,32 mm, sendo 19,72 % do total precipitado ao longo de todo período de experimentos.

Apesar do início do escoamento superficial, o fluxo cessou-se aos 50 minutos de testes, voltando a apresentar infiltração total da água precipitada. A água em seu movimento de infiltração no perfil do solo pôde gerar a desobstrução de eventuais poros, induzindo a formação de canais preferenciais para percolação de água, reduzindo as taxas de escoamento superficialmente e aumentando a infiltração, conferindo baixos valores de correlação para a curva de escoamento,  $R^2 = 0,08$  (GRÁFICO 15).

No geral, foram escoados apenas 0,69 % dos totais precipitados (0,39 litros), apresentando para todo período de análise uma velocidade média de infiltração de 56,83 mm/h. Próximo ao fim dos testes, a curva de infiltração voltou a apresentar valores

máximos de VIB (57,4 mm/h), evidenciando para este ambiente grande capacidade de retenção de água, mesmo sob precipitações de alta intensidade.

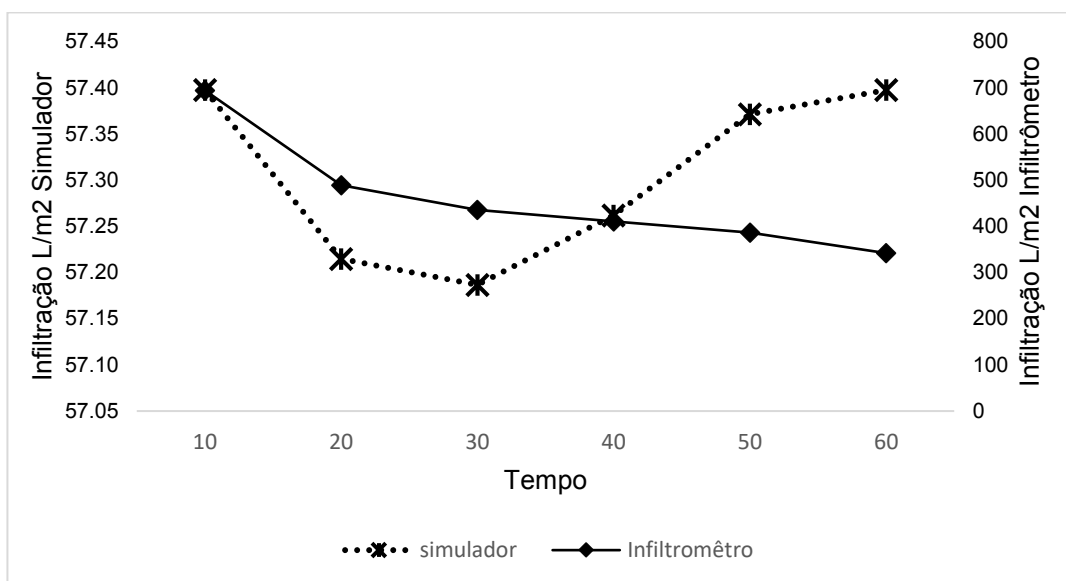
**Gráfico 15** - Curvas de escoamento e infiltração produzidas pelo simulador de chuvas.



**Fonte:** Autor.

Os resultados demonstraram que para os mesmos tempos de coleta, o infiltrômetro de anéis acelerou os processos de infiltração, exibindo no início e final dos tempos de coleta (10 e 60 min) volumes 12,11 e 5,95 vezes maiores quando comparados ao infiltrômetro de aspersão (GRÁFICO 16). Isto se deve ao fato de que o infiltrômetro de anéis disponibilizou maiores volumes de água ao solo assim como desconsiderou elementos existentes no processo natural, como as características de inclinação do terreno e cobertura vegetal, expondo valores mais ligados às propriedades físicas do solo.

**Gráfico 16 - Infiltração Simulador de chuva e Infiltrômetro de inundação.**



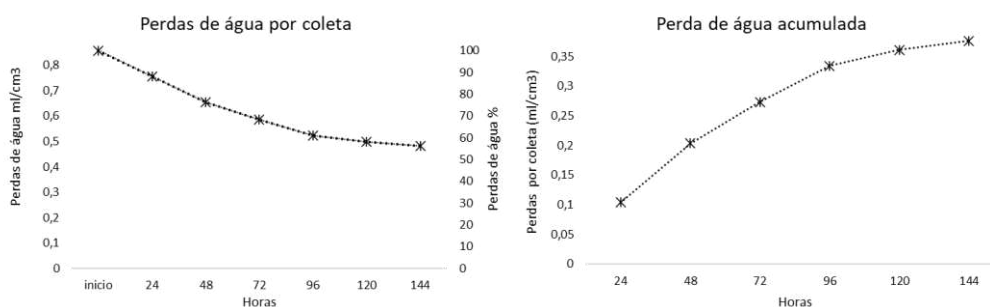
**Fonte:** Autor.

Comparando as taxas de infiltração nos tempos finais de cada teste (60 min para infiltrômetro de aspersão e 180 min para infiltrômetro de anéis), o infiltrômetro de anéis exibiu VBI 5,15 vezes maior que o infiltrômetro de anéis. Tal fato está ligado maior lâmina de água aplica assim como duração mais prolongada dos experimentos envolvendo o infiltrômetro de anéis.

Após saturado, o solo do local exibiu capacidade de armazenamento de  $0,72 \text{ ml/cm}^3$ , com perdas de água por evaporação que decresceram de forma constante ao longo do tempo, sendo evaporados para o período de seis dias um volume total de  $0,37 \text{ ml/cm}^3$ , correspondendo a 56,16 % de toda água retida no solo (GRÁFICO 17).

Os maiores volumes foram visualizados nas primeiras 96 horas, sendo evaporados para este período 88,81 % dos totais evaporados. Deste modo, o solo apresentou uma capacidade de retenção de água (CRA) de  $0,37 \text{ ml/cm}^3$  ao final de seis dias, ou seja, 43,83% de sua capacidade total de armazenamento.

**Gráfico 17 - Perdas de água por evaporação.**



**Fonte:** Autor.

## **Sistematização**

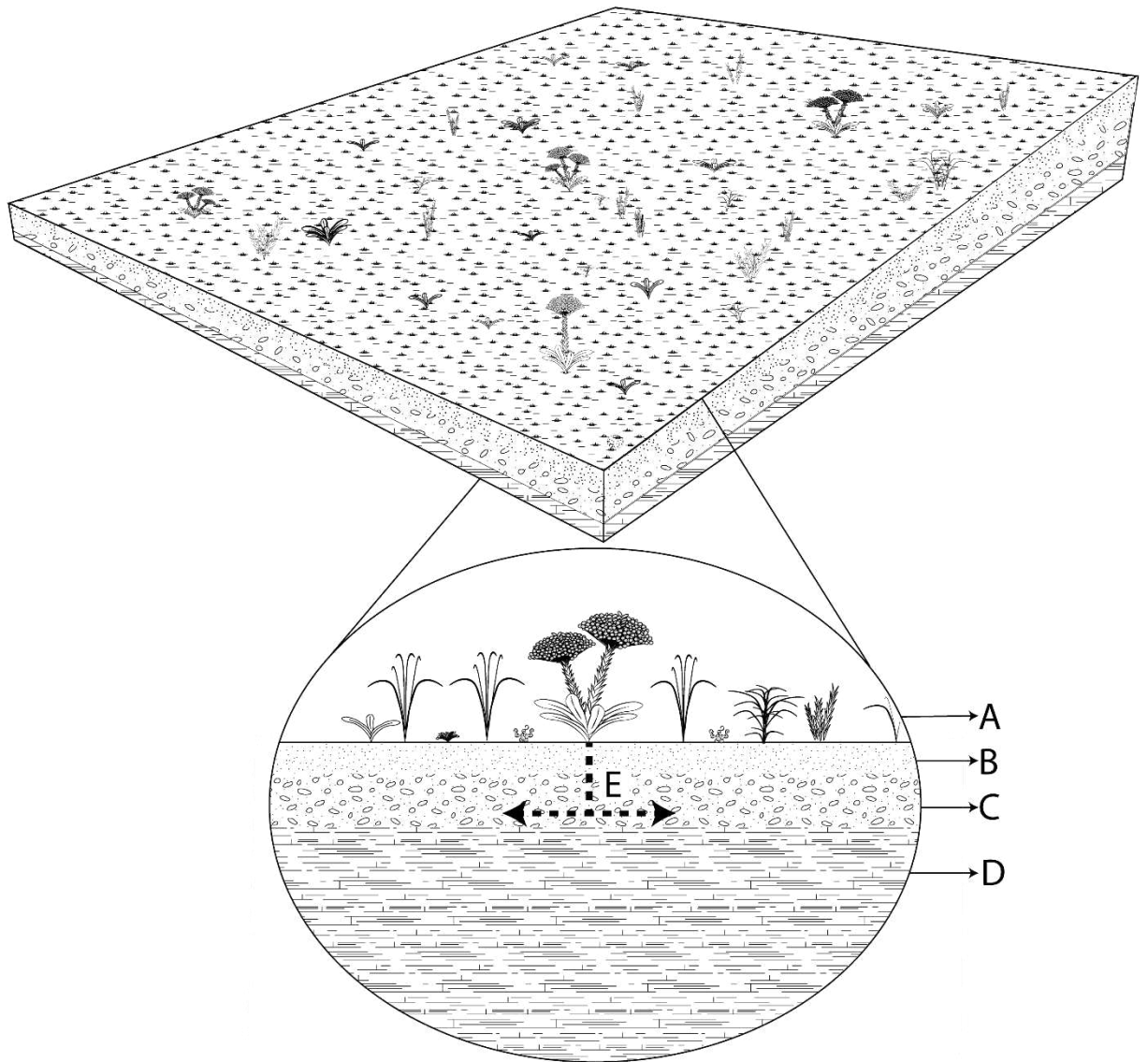
No geral, a área exibiu alta capacidade de infiltração, onde a composição da matriz granulométrica do solo de suas diferentes camadas refletiu na formação de ambientes com boa porosidade, exibindo canais preferenciais para o movimento descendente da água no perfil do solo.

Apesar da baixa cobertura vegetal e do solo pouco espesso, a forma e arranjo das partículas no pacote de solo de aproximadamente 20 centímetros de profundidade auxiliou neste processo. Superficialmente, uma delgada camada de solo arenoso de aproximadamente 5 centímetros de espessura recobriu a área, esta camada sobrepõe um pacote de cascalhos lateríticos arredondados envoltos em uma matriz de solo arenosa, ambos dispostos sobre a rocha quartzítica (FIGURA 67).

A camada arenosa superficial permitiu a infiltração da água, e o pacote de cascalhos lateríticos viabilizou sua percolação no perfil do solo, proporcionando ambientes favoráveis para o movimento facilitado da água em profundidades, conduzindo-a de forma rápida de maneira a não gerar resistência ao fluxo de infiltração superficial descendente.

O contato da camada de cascalhos com a superfície rochosa quartzítica pouco permeável consolidou-a como um pacote drenante, de maneira a reconduzir o sentido do movimento do fluxo de água no perfil do solo, passando de vertical descendente para horizontal (FIGURA 67), contribuindo para os altos valores de VIB alcançados.

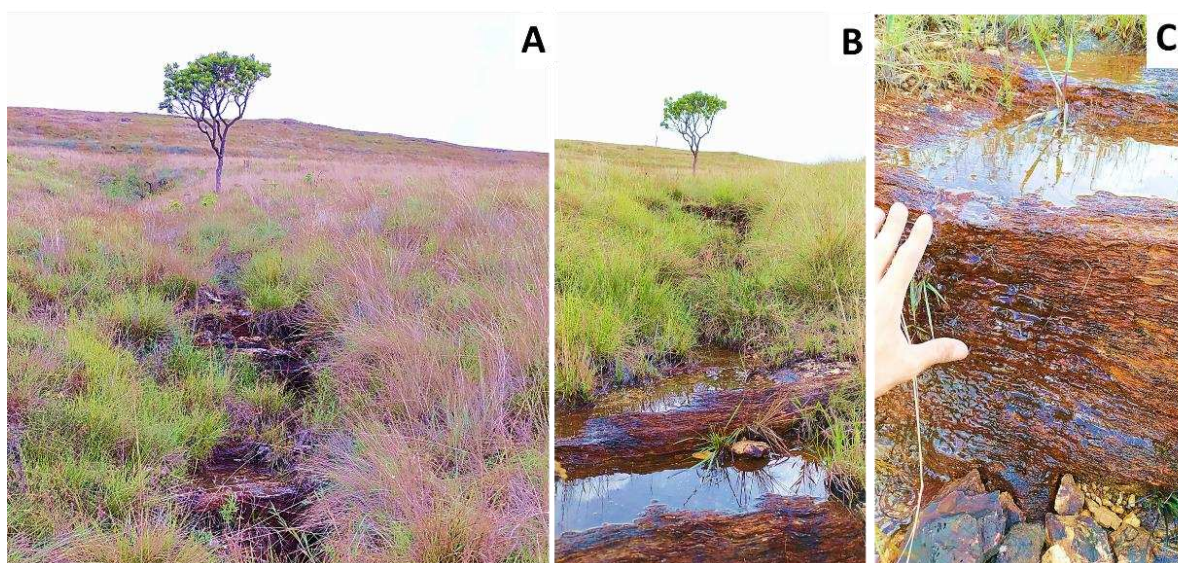
**Figura 67** - Croqui geocobertura cascalho arenosa com matéria orgânica. Cobertura vegetal rasteira heterogênea (A); Camada de solo arenoso (B); Camada de cascalhos lateríticos (C); Rocha Quartzítica (D); Forma do movimento do fluxo de água no perfil do solo.



**Fonte:** Autor.

Nesta área, em locais onde processos erosivos exumaram a rocha quartzítica foram visualizados fluxos de água subsuperficiais sendo drenados do pacote de cascalhos no seu contato com a rocha, indicando a facilidade do movimento da água neste horizonte do solo (FIGURA 68).

**Figura 68** - Movimento de exfiltração da água. Canal erosivo (A); Exfiltração da água (B e C).



**Fonte:** Autor.

A grande presença de cascalhos lateríticos arredondados indica que a área se comporta como local que abriga processos pedogenéticos de formação e/ou deposição de materiais. A alta permeabilidade do solo oferta ambientes para ocorrência de reações redox, onde os espaços porosos incorporam ar ao solo, oxigenando os fluxos subsuperficiais de maneira a oxidar o ferro dissolvido na solução de água.

A oxidação do ferro o precipita na matriz arenosa, aglutinando as partículas de forma a dar gênese a cascalhos lateríticos. Os cascalhos dispõem-se predominantemente em profundidade, próximo ao contato com a rocha, local onde a oscilação do nível de base ocorre com maior frequência, induzindo na formação da camada de cascalhos reportada no local.

Apesar disso, não foram constatados traços de plintitas macias no solo, indicando que o ambiente já não se comporta como formador de cascalhos lateríticos. A canga em superfície também indica que o ambiente tem passado por processos de erosão, onde o vale tem se expandido através da remoção dos materiais, sendo os cascalhos vestígios de processos ocorrentes em tempos passados, havendo o recuo da vertente, e por consequência, os processos que nela ocorrem.

As faixas de couraças lateríticas atuam no sistema como agentes barradores da erosão remontante, visto que apresentam difícil intemperismo químico e físico. Neste sentido, a erosão remontante é freada neste local, sendo possível observar mudanças de declividade em relação à outras áreas da vertente acima e abaixo, com relevo mais declivoso a jusante e mais suave a montante. O barramento da erosão neste ambiente

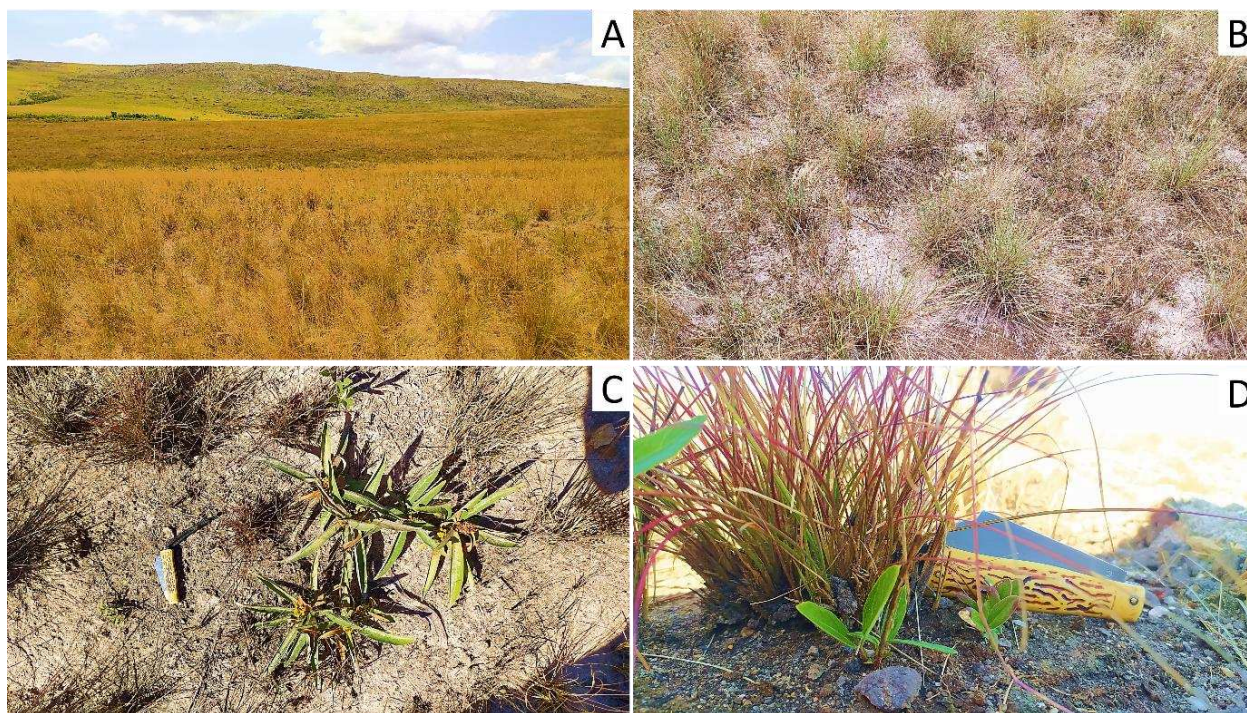


proporciona a proteção dos ambientes acima, de maneira a preservar os processos que neles se efetivam.

#### 5.4.4 MATERIAIS CASCALHO-ARENOSOS INDIFERENCIADOS

A geocobertura intitulada de Cascalho Arenoso (NAZAR, 2018) ocupa uma extensa área da vertente de estudos, abrangendo uma porção que se inicia próxima ao fundo de vale até o terço médio da vertente. Apresentou declividade média de 8%, com vegetação homogênea, composta em sua maioria por gramíneas do gênero *Echinolaena* ssp., conhecidas popularmente como capim flechinha e pequenas plantas herbáceas, não maiores que 15 cm, espalhadas de forma pontual e esparsa ao longo da vegetação predominante (FIGURA 69), sendo caracterizada por fitofisionomia de campo limpo.

**Figura 69** - Vegetação presente na Geocobertura materiais cascalho-arenosos indiferenciados. Vegetação rasteira de campo limpo (A); Crescimento vegetativo na forma de touceiras (B); Distribuição de herbáceas (C; D)..

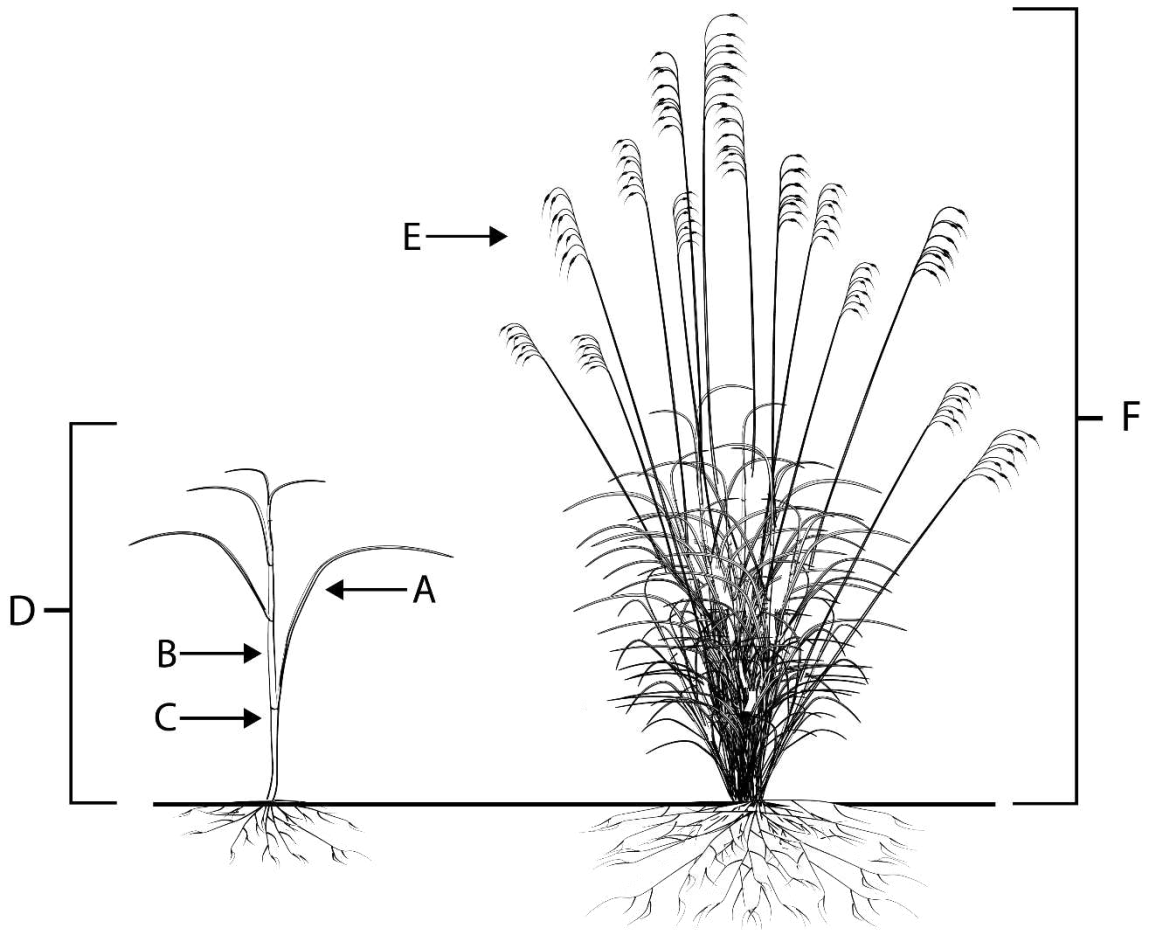


**Fonte:** Autor.

O capim flechinha caracteriza-se como uma gramínea que apresenta como unidade básica de crescimento o perfilho (FIGURA 70 D), o qual exibe folhas estreitas e alongadas (FIGURA 70 A), fixadas a um colmo cilíndrico e fino (FIGURA 70 B) por meio de uma bainha (FIGURA 70 C), e, quando em maturidade, alguns perfilhos exibem em suas extremidades estruturas reprodutivas (FIGURA 70 E).

Apresenta hábitos vegetativos de crescimento na forma de touceiras, sendo cada touceira definida individualmente pela exposição de diversos perfilhos, dispostos de maneira conjunta ao longo de um único ponto comum (FIGURA 70 F), gerando indivíduos com altura média do solo ao pendão de 1,1 metros.

**Figura 70** - Morfologia estrutural capim flechinha em diferentes estádios vegetativos.



**Fonte:** Autor.

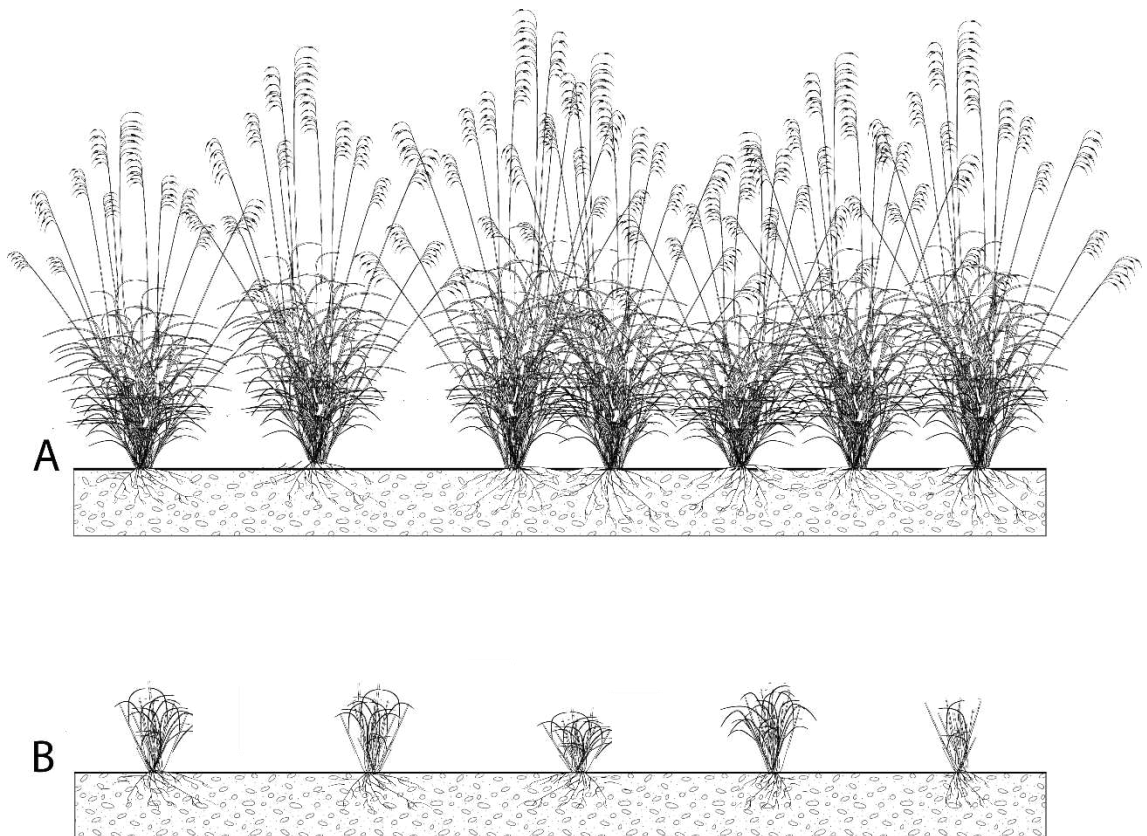
As touceiras dispõem-se sobre a superfície de maneira esparsa uma das outras, entretanto, quando totalmente desenvolvidas, estruturas vegetativas aéreas de diferentes indivíduos tendem a se sobrepor, gerando uma malha de folhas e colmos que oferecem cobertura ao solo (FIGURA 71 A).

Mudanças no ambiente de caráter restritivo (água/nutrientes) e ou de consumo (fogo/super pastejo) (FIGURA 71 B) promovem alterações nas partes estruturais das plantas, que, por consequência, geram mudanças na qualidade da cobertura vegetal, se tornando um fator variável tanto no tempo, como no espaço.

Neste sentido, a vegetação desta porção da vertente não apresentou seu clímax, visto que um incêndio ocorrente dois anos antes aos experimentos consumiu partes estruturais das plantas, removendo grande parte de sua biomassa. Não foram visualizados no local resquícios da queima (cinzas), porém, as plantas ainda se encontravam em estado de recomposição vegetal, as quais apresentaram altura média de 25 centímetros.

Aliado a isto, os estudos foram conduzidos no período de entre chuvas da região, onde a restrição hídrica prolongada promoveu mudanças morfológicas nas plantas, as quais apresentaram baixo vigor vegetativo, exibindo ao longo de seu perfil estruturas secas e retorcidas.

**Figura 71** - Influência do fogo na morfologia estrutural das plantas de capim flechinha. Plantas com partes estruturais intactas (A); Plantas com estruturas secas (B).

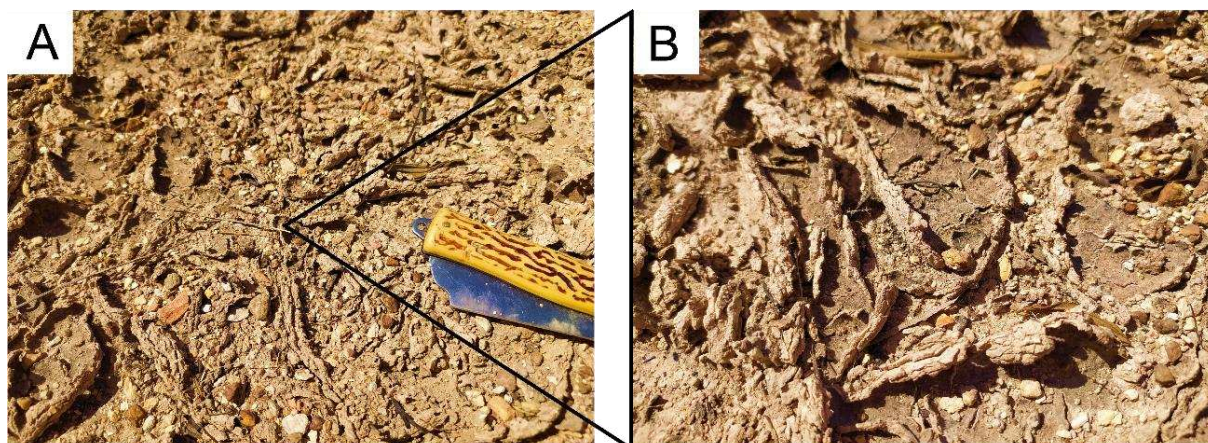


**Fonte:** Autor.

A falta de cobertura vegetal expôs o solo a ação intempérica do sol e das chuvas, sendo observados em diversos pontos da área a formação de uma fina camada de material selante sobre a superfície (FIGURA 70). Esta camada atua como barreira física que dificulta a emergência de novas plantas (LECOEUR E SINCLAIR, 1996), contribuindo para a manutenção da baixa cobertura do solo.



**Figura 72** - Selamento da camada superficial do solo.



**Fonte:** Autor.

O crescimento vegetativo predominante na forma de touceiras, o período de restrição hídrica, a queima recente aliada ao selamento do solo consolidou-se como fatores que contribuíram para a redução da biomassa do local, consumindo e/ou impedindo o crescimento vegetativo.

Estes aspectos somados refletiram em um ambiente com baixa proteção do solo, o qual exibiu valores médios de recobrimento de apenas 40,31 % (FIGURA 73), indicando que o ambiente possui baixa capacidade regenerativa, necessitando de períodos prolongados de tempo para total recomposição.

**Figura 73** - Índice de cobertura vegetal na Geocobertura Cascalho Arenoso. 66,74 % de solo exposto (A); 62,03 % de solo exposto (B); 50,3 % de solo exposto (C).



**Fonte:** Autor

A área apresentou solos de baixa espessura, com profundidades médias inferiores à 20 centímetros, sendo classificados como NEOSSOLOS REGOLÍTICOS Distróficos típicos (FIGURA 74). Apresentou horizonte único depositado diretamente sobre a rocha quartzítica, composto por cascalhos de dimensões variadas caracterizados pela rocha



fragmentada (35,1%), os quais expressaram-se envoltos em uma matriz de solo fina e arenosa (51,2%).

O horizonte não apresentou estrutura aparente, sendo constituído por clastos e cascalhos soltos, organizados ao longo do perfil de forma caótica. Neste sentido, a análise granulométrica revelou para o local, solos mal graduados (CC) e desuniformes (CNU) (FIGURA 74).

Não foram verificados no local a presença de pedofauna atuante, provavelmente as características ambientais de solos de baixa espessura, com predomínio de cascalhos e areias aliado a uma vegetação pouco variável constituiu-se como fator limitante de uso para distribuição dos animais, não sendo visualizados vestígios de suas presenças.

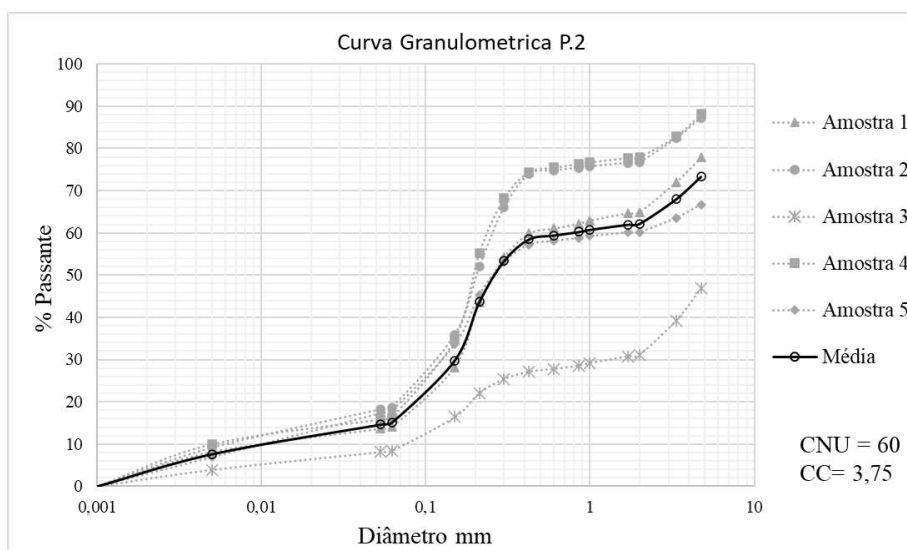
A matriz grosseira e a baixa profundidade dificultam o processo de escavação realizado por grandes animais (tatus) assim como restringem o estabelecimento de colônias de pequenos artrópodes, dificultando o transporte de materiais, gerando instabilidade de tuneis e ofertando espaços reduzidos para formação de estruturas internas de suas colônias, como ninhos e câmaras de cultivo, contribuindo para ausência de estrutura dos solos.

**Figura 74** - Perfil de solo da área de estudo.



**Fonte:** Autor.

**Gráfico 18 - Curva granulométrica.**



**Fonte:** Autor.

Mesmo não expondo estrutura, os valores de densidade total ( $D_t$ ) indicam que o solo da área não se encontra compactado (TABELA 7), apresentando valor abaixo do limite crítico de 1,81 ( $D_t$ ) exposto por Reichert et al., (2008), repercutindo na formação da porosidade acima de 50%, advinda principalmente do arranjo caótico das partículas de diferentes calibres ao longo do perfil do solo.

**Tabela 7 - Atributos físicos do solo:**

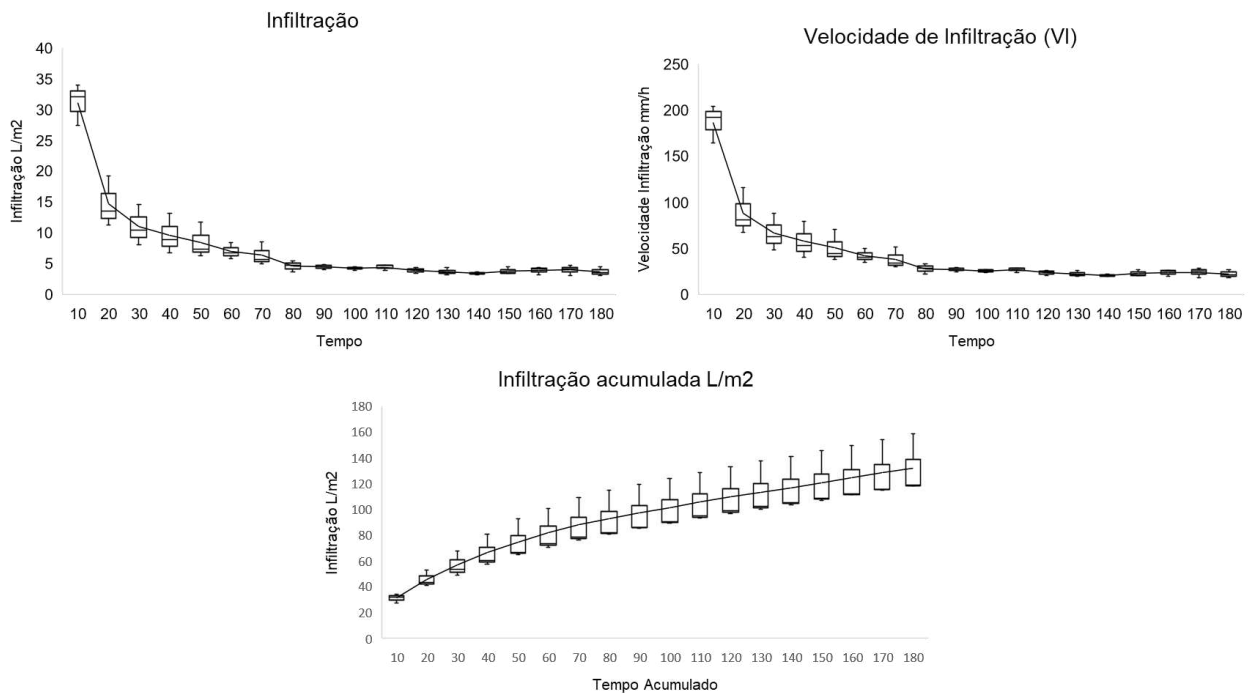
$D_p$ ( $g/cm^3$ )	$D_t$ ( $g/cm^3$ )	Pt (%)
2,27	1,09	0,52

$D_p$ - Densidade de partículas;  $D_t$  – Densidade total; Pt- Porosidade Total. **Fonte:** Autor.

Os dados produzidos pelo infiltrômetro de anéis constataram para o solo local um pico de velocidade de infiltração inicial de 186,56 mm/h (GRÁFICO 19), A partir de 90 min, os volumes infiltrados tenderam a se estabilizar, exibindo uma velocidade básica de infiltração (VBI) de 22,5 mm/h, classificando-se de acordo com Bernardo et al. (2006) como uma VBI alta.

A variação dos valores de velocidade de infiltração entre o início e o final dos experimentos foi de 87,9%, indicando que, quando seco, este ambiente possui alta capacidade de infiltração de água, entretanto, quando exposto a volumes de água por períodos prolongados de tempo tem sua capacidade de infiltração drasticamente reduzida.

**Gráfico 19 - Curvas de Infiltração Infiltrômetro de anéis.**



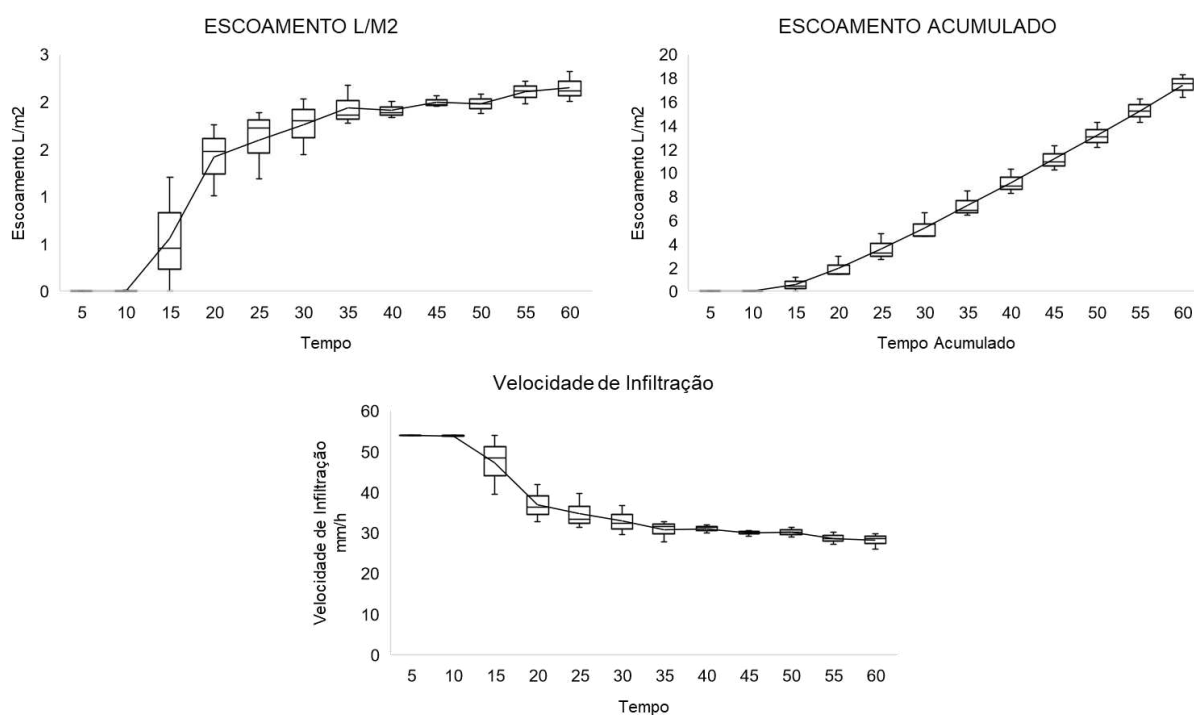
**Fonte:** Autor.

Os experimentos envolvendo o simulador de chuvas revelaram que, após o início da precipitação o fluxo superficial originou-se aos 10:15 minutos, havendo uma abstração inicial de 9,2 mm, sendo 17,06 % de todo o total precipitado. A tendência de aumento abrupto do fluxo reduziu-se aos 35 minutos, apresentando até este período uma VBI de 43,2 mm/h, e, a partir disso a curva de infiltração tendeu-se a estabilidade.

No geral, foram escoados 32,2 % dos totais precipitados (17,4 litros), sendo evidenciando para este ambiente uma velocidade básica de infiltração (VIB) de 28,22 mm/h (GRÁFICO 20).



**Gráfico 20** - Curvas de escoamento e infiltração simulador de chuvas.



**Fonte:** Autor.

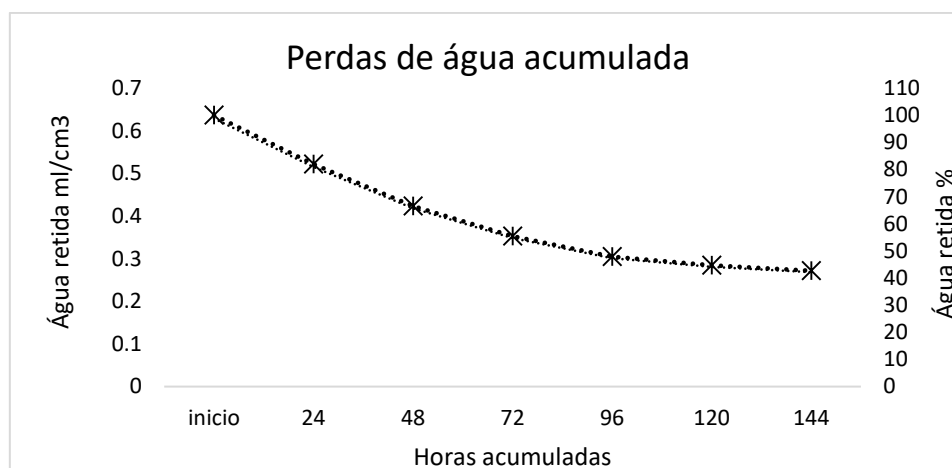
Os resultados demonstraram que para os mesmos tempos de coleta, o infiltrômetro de anéis acelerou os processos de infiltração, exibindo no início e final dos tempos de coleta (10 e 60 min) volumes 3,46 e 1,47 vezes maiores quando comparados ao infiltrômetro de aspersão (GRÁFICO 21). Porém, comparando as taxas de infiltração nos tempos finais de cada teste (60 min para infiltrômetro de aspersão e 180 min para infiltrômetro de anéis), o infiltrômetro de aspersão exibiu uma VBI 1,25 vezes maior (5,49mm/h) que o infiltrômetro de anéis.

Isto se deve ao fato de que o infiltrômetro de anéis desconsidera elementos do processo natural, como as características da cobertura vegetal e inclinação do terreno, estando os valores mais ligados às propriedades físicas do solo. Neste sentido, esta pode ser resultante de especificidades no terreno, como: retenções de fluxo por empoçamentos no micro relevo; existência bioporos; volumes absorvidos e/ou retidos pela estrutura da vegetação; que, quando somados, podem repercutir nas variações observadas.

Após saturado, o solo do local apresentou capacidade total de retenção de 0,62 ml/cm<sup>3</sup>, exibindo perdas de água por evaporação que decresceram de forma constante ao longo do tempo, sendo evaporados para o período de seis dias um volume total de 0,36 ml/cm<sup>3</sup>, correspondendo a 57,3 % de toda água retida (GRÁFICO 21).

As maiores perdas foram visualizadas nas primeiras 96 horas, sendo evaporados para este período 90,8 % dos volumes totais. Deste modo, o solo apresentou ao final dos testes uma capacidade de retenção de água (CRA) de 0,26 ml/cm<sup>3</sup>, ou seja, 42,68% de sua capacidade total de armazenamento, demonstrando que em eventuais precipitações consecutivas os espaços ainda preenchidos por água podem acelerar a formação de fluxos superficiais.

**Gráfico 21** - Perdas de água por infiltração acumulada.



**Fonte:** Autor.

## SISTEMATIZAÇÃO

No geral, a área exibiu alta capacidade de infiltração, onde a composição da matriz granulométrica grosseira e variável do solo refletiu em um ambiente com boa porosidade, exibindo espaços por entre os clastos que produziram caminhos preferenciais para o movimento descendente da água.

A falta de estrutura do solo além de oriunda das características dos materiais também se deve a falta de agentes bioturbadores na área. Apesar da alta permeabilidade do solo, o embasamento de rocha quartzítica no qual sobrepõe, gera uma descontinuidade hidráulica, de maneira a armazenar a água infiltrada na delgada camada de solo, saturando-a com mais facilidade, e, por consequência, encharcando o habitat de eventuais espécies que poderiam contribuir para reorganização de suas partículas.

A baixa profundidade, dominância da fração areia, falta de estrutura e a presença abundante de cascalhos com arestas retas ao longo de todo o perfil indicam a baixa pedogênese do solo local (FIGURA 75), e, por estar inserido no terço médio da vertente, em declividade média de 8%, estas características somadas indicam que a área se

comporta como uma zona de transição de materiais oriundos dos processos de erosão entre o topo e o fundo de vale.

Além de matérias grosseiras, a área também se consolida como fonte receptora de elementos químicos dissolvidos na solução de água presente no nível de base, o qual escoar em subsuperfície de áreas vertente acima até áreas do fundo de vale. A boa porosidade do local auxilia na gênese de reações redox, onde os movimentos de oscilação da água no perfil do solo geram trocas de ambientes, hora redutores e hora oxidantes.

A solução de água enriquecida com minerais de Fe dissolvidos vertente acima percola por entre os clastos do solo do local, onde as oscilações do nível de base geram sua deposição, através da oxidação. As consequências desta dinâmica podem ser vistas em uma delgada porção do solo, principalmente em porções próximas ao contato lítico, sendo ambiente com exposição mais prolongada a água.

A deposição de Fe na área gerou a cimentação das partículas minerais do solo, sendo encontrados fragmentos de quartzito fortemente ferruginizados e clastos de quartzo compondo a maior parte do horizonte, exibindo fragmentos variando de milimétricos até 10 cm (FIGURA 75).

Esta cimentação modifica as propriedades físicas estruturais do solo, de maneira a alterar sua porosidade, consolidando-se como descontinuidades hidráulicas que são capazes de reduzir as taxas infiltradas, de maneira a contribuir para o aumento dos fluxos superficiais de água encontrados no local.

**Figura 75** - Cimentação por Fe no perfil do solo.



**Fonte:** Autor.

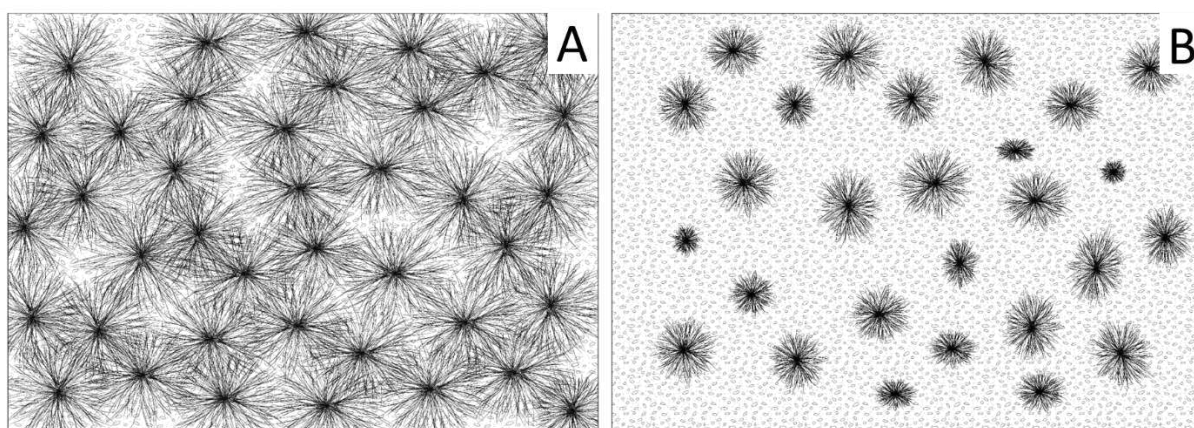
As condições vegetativas do local demonstram que incêndios na região comprometeram a qualidade da vegetação mesmo após dois anos de sua ocorrência,

havendo uma demora na recomposição vegetativa, gerando grandes espaços de solo exposto (FIGURA 76).

Por sua vez, alterações na qualidade vegetativa influenciaram em mudanças no solo, gerando alterações físicas em sua camada superficial, a qual consolida-se como frente para início do processo de infiltração. A redução de volumes infiltrados em horizontes superficiais afeta as demais camadas do solo, visto que mesmo que estas exibam maiores taxas de infiltração a regulação primeira perpassa por camadas superiores.

Desta forma, a degradação do ambiente gerada pela ação do fogo refletiu em alterações visualizadas não apenas na vegetação, mas também em características do solo, que por sua vez tiveram a capacidade de repercutir nas formas de movimento da água no solo.

**Figura 76** - Efeitos do fogo na cobertura vegetal do solo. Plantas exibindo sobreposição de estruturas foliares (A); Plantas com estruturas foliares queimadas, maior presença de solo exposto (B).



**Fonte:** Autor.

#### **5.4.5 MATERIAIS ORGÂNICOS (TURFEIRAS) ASSOCIADOS A FUNDOS DE VALE E ÁREAS ÚMIDAS**

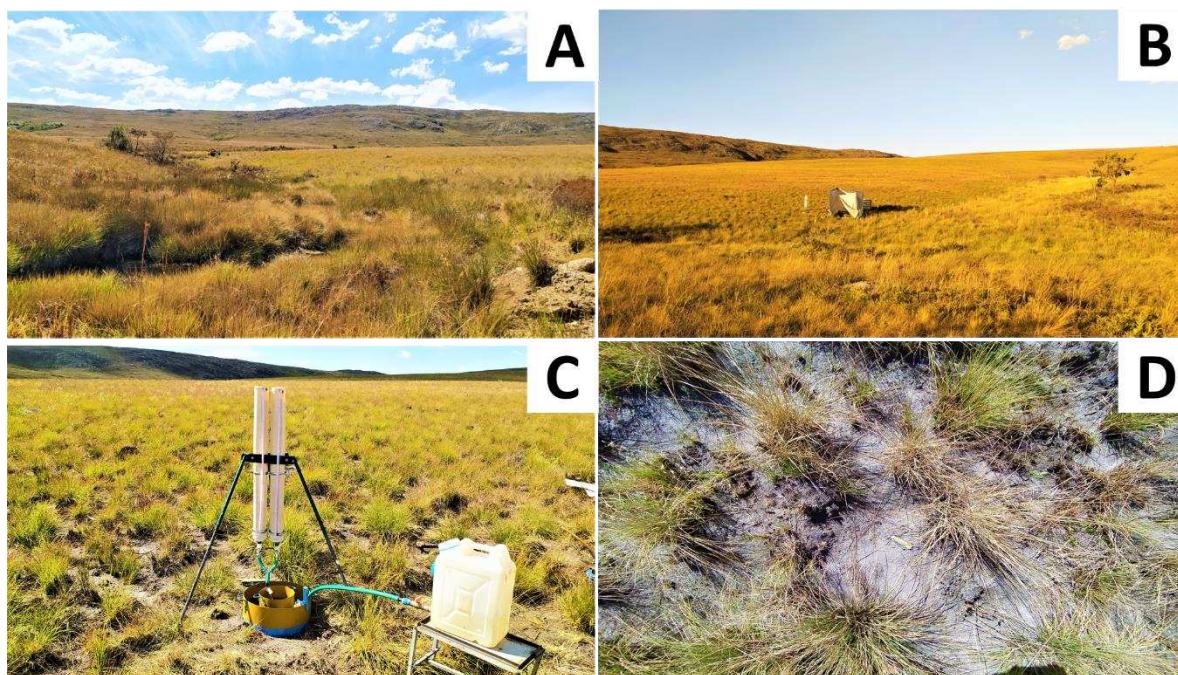
A geocobertura intitulada de Materiais orgânicos (turfeiras) associados a fundos de vale e áreas úmidas (NAZAR, 2018) ocupa uma pequena área da vertente de estudos. Insere-se no fundo do vale, abrangendo uma delgada porção que margeia o curso d'água, efetivando-se como a parte mais baixa da vertente, exibindo declividade média de 15,5 % ao longo de sua extensão.



A vegetação que recobre o local se constituiu em quase totalidade por gramíneas, apresentando plantas dispostas aleatoriamente sobre a superfície na forma de touceiras (FIGURA 76), as quais expressaram alturas que variaram entre 20 e 40 cm. Dispersos por entre as touceiras, pequenas plantas herbáceas espalham-se pontualmente sobre a área, exibindo indivíduos com alturas predominantemente inferiores a 40 centímetros.

Limitando-se a ocorrência nas proximidades do curso d'água, arbustos de maior porte desenvolvem-se às margens do córrego, expondo predomínio de altura inferior a 1,5 metros. Pela distribuição limitada, dispersando-se em uma porção mínima do terreno, não se tornaram representativos em relação ao restante da área.

**Figura 76** – Vegetação presente na Geocobertura Turfa: Córrego no fundo do vale (A); Local de experimentos em meio a vegetação rasteira (B); Infiltrômetro em meio a touceiras (C); Touceiras esparsas (D).

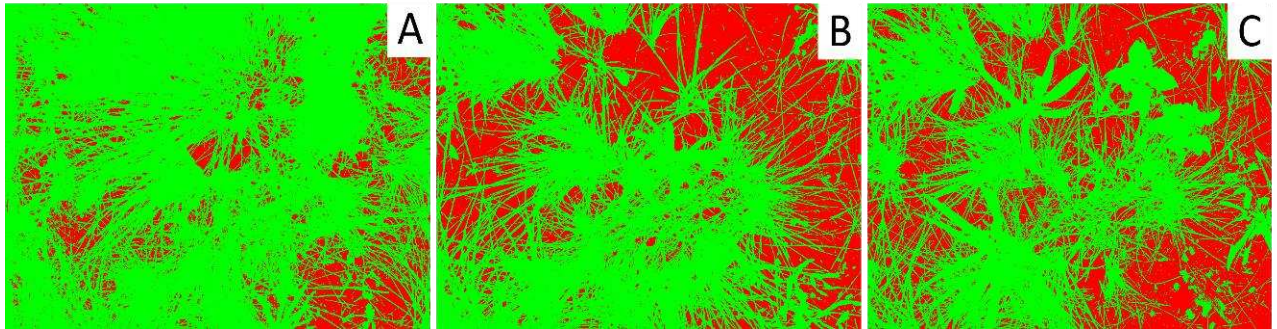


**Fonte:** Autor.

A vegetação aberta, herbácea, com subarbustos e abundância de gramíneas, caracterizou-a como fitofisionomia de campo limpo. Apesar de exibir espécies de outras geocoberturas, a da área apresentou predomínio de espécies ocorrentes apenas na própria geocobertura, as quais não se dispersaram em outras áreas da vertente acima.

A composição vegetativa com predominância de gramíneas, dispostas na forma de touceiras esparsas e com estruturas foleares abundantes, porém estreitas, produziram considerável cobertura vegetal do solo mesmo apresentando espaços vazios entre as plantas, sendo constatado valor médio de 31,93 % de solo exposto (FIGURA 77).

**Figura 77** – Relação cobertura vegetal e solo exposto na Geocobertura Turfa. A- 16,6 % de solo exposto; B- 38,48 % de solo exposto; C- 40,71% de solo exposto.



**Fonte:** Autor.

Além das características mencionadas, os baixos valores de cobertura vegetal remetem a um incêndio previamente ocorrente na vertente de estudos 2 anos antes da realização dos experimentos, o qual consumiu partes estruturais e foliares das plantas, assim como a serapilheira depositada em superfície, reduzindo duplamente a proteção do solo, indicando que este ambiente demanda de tempo para total recomposição.

Sobrepondo a rocha quartzítica, o solo local exibiu profundidades superiores a 1,60 metros. Classificado como GLEISSOLO MELÂNICO Ta Distrófico neofluvissólico, distribuiu-se ao longo de um ambiente hidromórfico, sendo possível observar características dos materiais derivadas da ação de processos pedogenéticos ocorrentes em locais saturados por água.

Caracteriza-se por um pacote de materiais de cores acinzentadas, onde seus horizontes apresentaram estrutura variando entre fraca a maciça, compostos de forma predominante por materiais de fração arenosa, com baixa presença de cascalhos ao longo de seus horizontes, sendo encontrados apenas ao longo de uma delgada faixa entre as profundidades de 45 e 60 centímetros (FIGURA 78), caracterizados por fragmentos de rocha quartzítica.

A granulometria revelou que ao longo do perfil, o solo expôs características físicas homogêneas, sendo os materiais das curvas granulométricas classificados de acordo com os coeficientes de não uniformidade e de curvatura como desuniformes e mal graduados (GRÁFICO 22).

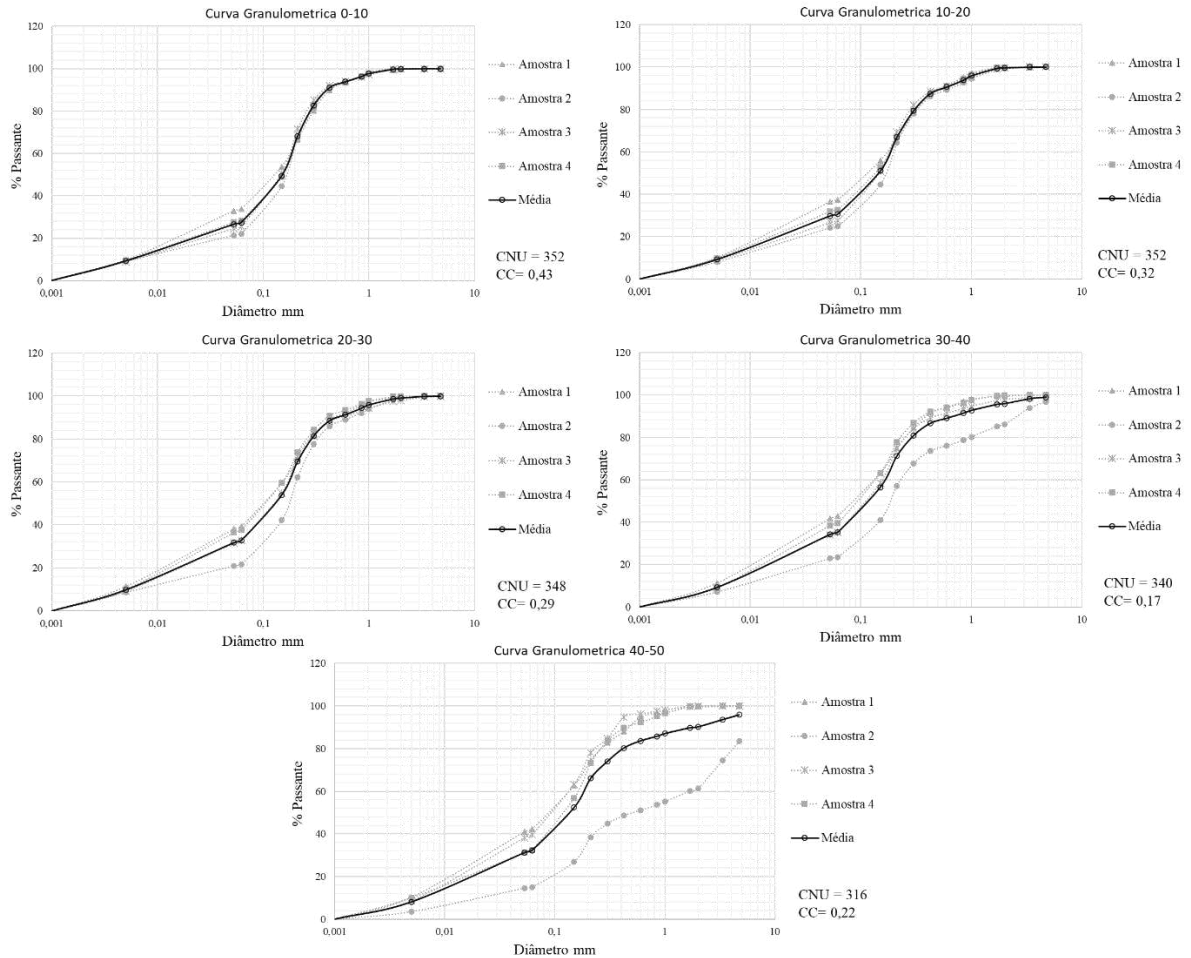


**Figura 78** - Perfil de solo da área de estudos.



**Fonte:** Autor.

**Gráfico 22 - Curvas Granulométricas.**



**Fonte:** Autor.

A coloração pálida do perfil indica a ocorrência de reações redox no ambiente, sendo estas derivadas da saturação da matriz arenosa do solo por água por um período prolongado de tempo, promovendo a redução e/ou remoção de elementos pigmentados oxidados, alterando o matiz do solo para cores acinzentadas.

O solo saturado por água por um período prolongado de tempo também auxilia na manutenção e fixação da matéria orgânica no solo, reduzindo sua oxidação de maneira a produzir maior armazenamento. A matéria orgânica presente entre os clastos de areia gera a pigmentação das partículas, de maneira a exibir ao longo do perfil colorações voltadas à diferentes gradientes de preto.

A falta de estrutura no solo também é influenciada pela saturação do perfil, enfraquecendo os agregados de uma matriz de solo arenosa pela presença constante da água, desestruturando-os de maneira a produzir um pacote de material sem estrutura

aparente, ocorrente principalmente em camadas mais profundas do solo, as quais situam-se mais próximas a ação do nível de base.

A saturação do solo por períodos prolongado de tempo também se tornou fator limitante para ocorrência de agentes biopedoturbadores no local, não sendo encontrados indícios de suas presenças, os quais contribuem para reorganização das partículas do solo de forma a colaborar para sua estruturação.

Mesmo expondo estrutura fraca, os valores de densidade total (Dt) (TABELA 8) indicam que o solo da área não se encontra compactado, revelando valores abaixo do limite crítico de 1,81 (Dt) exposto por Reichert et al., (2008), refletindo em valores de porosidade próximos aos considerados ótimos por Kiehl (1979) (0,50) (TABELA 8).

Os valores de Dt e altos valores de porosidade estão ligados à composição granulométrica do solo, advindos principalmente do arranjo das partículas de sua matriz arenosa, gerando espaços por entre os clastos de maneira a se produzir um ambiente aerado, contribuindo para a formação dos poros.

**Tabela 8** - Análise Física do solo; Dp- Densidade de partículas; Dt – Densidade total; Pt- Porosidade Total.

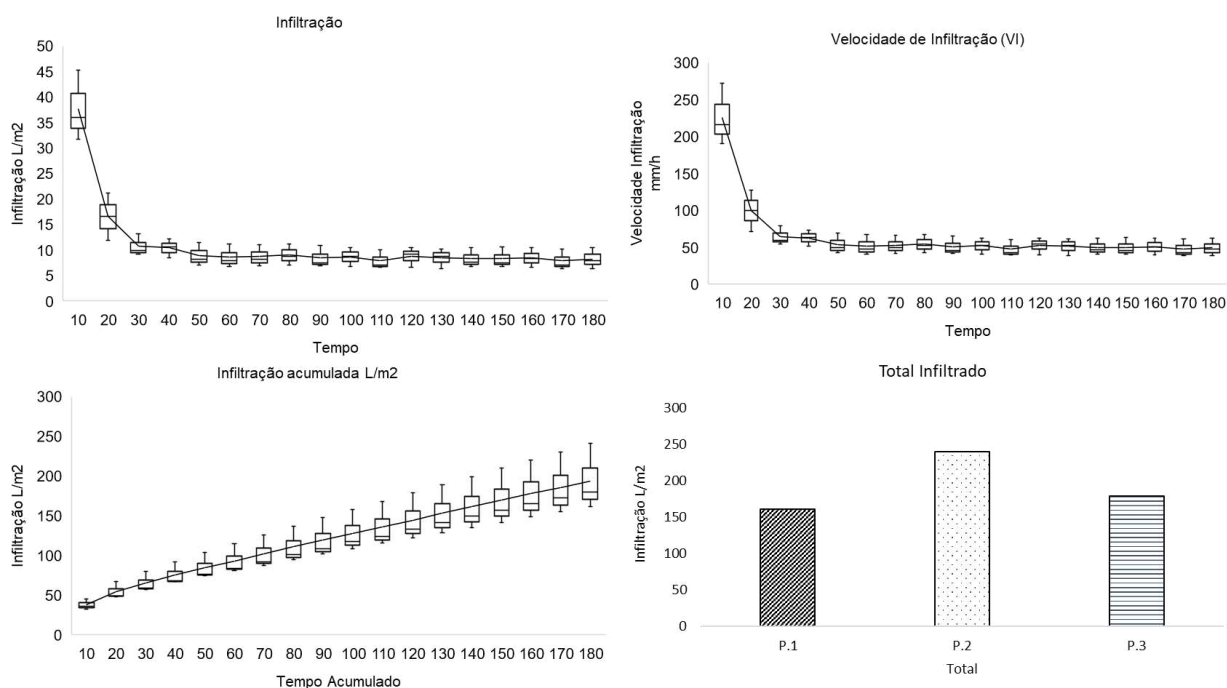
Dp (g/cm <sup>3</sup> )	Dt (g/cm <sup>3</sup> )	Pt (%)
2,3	1,22	0,47

**Fonte:** Autor.

Os dados produzidos pelo infiltrômetro de anéis revelaram para o solo local um pico inicial de velocidade de infiltração de 225,99 mm/h (GRÁFICO 23), estabilizando-se a partir de 50 min de testes, passando a exibir até o final dos experimentos médias de velocidade básica de infiltração (VIB) de 50,74 mm/h. Neste sentido, os dados revelaram que o ambiente exibiu taxas de infiltração classificadas muito altas por Bernardo et al. (2006).

A variação dos valores de velocidade de infiltração entre o início e o final dos experimentos foi de 78,18% exibindo para curva de infiltração correlação de  $R^2=0,60$  entre os valores coletados, indicando que este ambiente apesar de possuir alta capacidade de infiltração e percolação de água no perfil do solo, quando exposto a presença de água por longos períodos de tempo tem os volumes de infiltração reduzidos de forma considerável.

**Gráfico 23 - Curvas de Infiltração Infiltrômetro de anéis.**



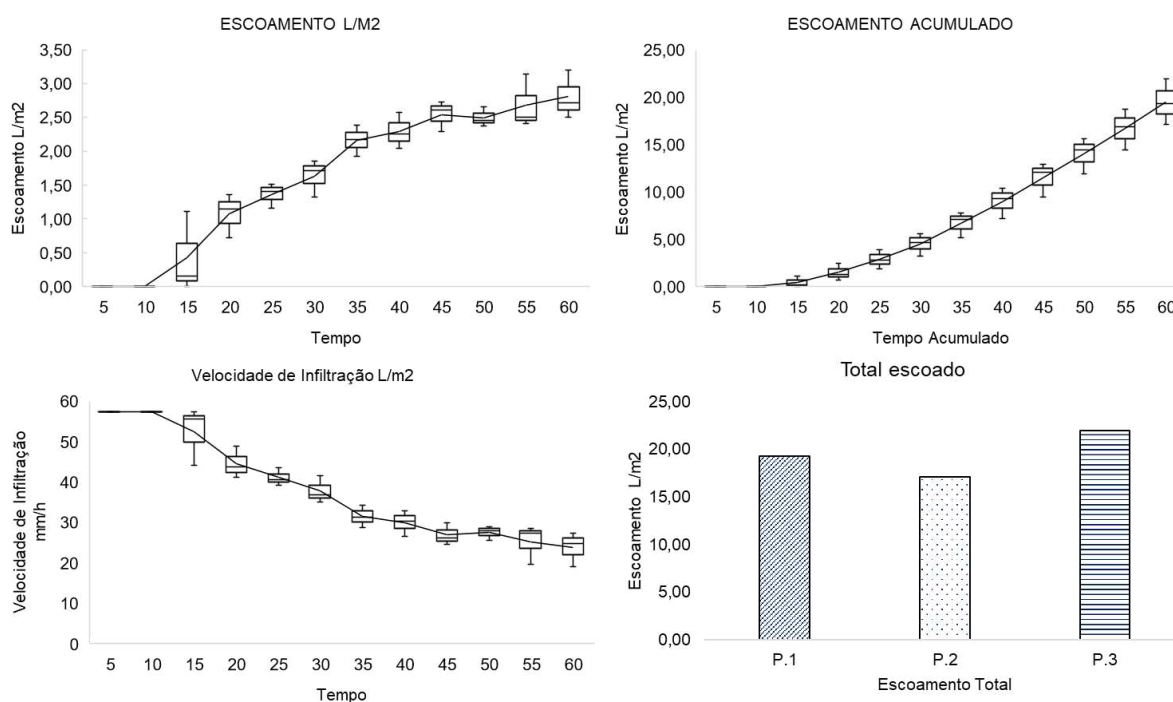
**Fonte:** Autor.

Os experimentos envolvendo o simulador de chuvas revelaram que após o início da precipitação, o fluxo superficial originou-se aos 11:22 minutos, havendo uma abstração inicial de 10,87 mm, sendo 18,94 % do total precipitado ao longo de todo período de experimentos. A demora no início do escoamento superficial remete além da alta capacidade de infiltração do solo local, o acúmulo da água em superfície por eventuais barreiras produzidas pela disposição da vegetação.

Touceiras de gramíneas que se distribuem sobre a área barraram a propagação do fluxo de água em superfície, acumulando volumes de forma a gerar diversas poças ao longo da área. Após a saturação dos espaços de acúmulo superficial a água iniciou escoamento constante sobre a parcela, mantendo tendência de aumento até o final dos testes, conferindo para os valores da curva de escoamento alta correlação  $R^2 = 0,94$ .

No geral, foram escoados apenas 23,74 % (13,62 litros) dos totais precipitados, apresentando velocidade de infiltração média de 43,77 mm/h, exibindo valores de 57,4 mm/h para início e 33,84 mm/h no final dos testes, evidenciando uma redução de 41,04 % nas taxas infiltradas (GRÁFICO 24). Neste sentido, constatou-se para este ambiente grande capacidade de retenção de água, mesmo sob precipitações de alta intensidade por longos períodos de tempo.

**Gráfico 24 -** Curvas de escoamento e infiltração simulador de chuvas.

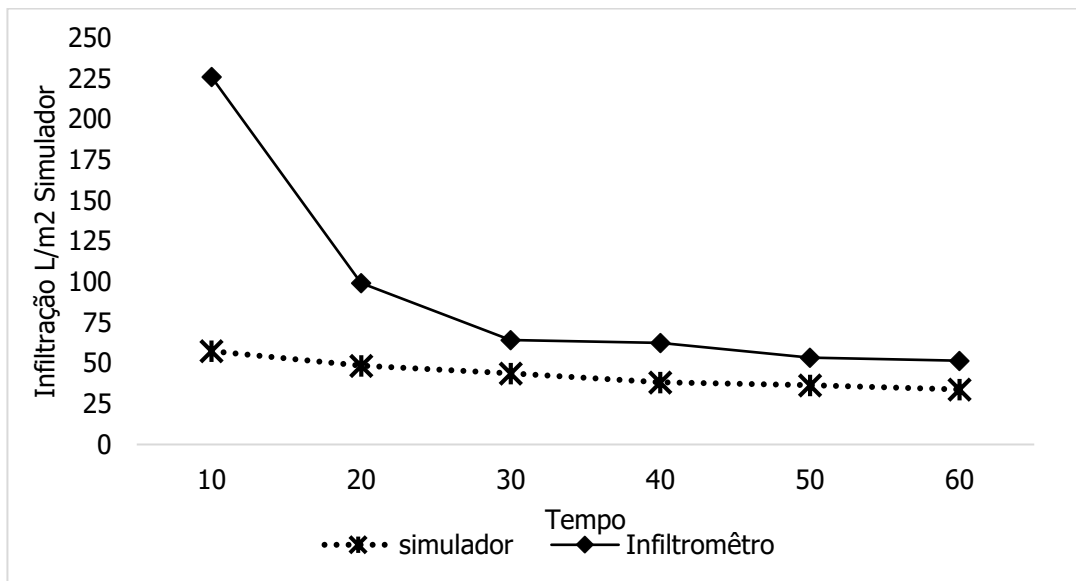


**Fonte:** Autor.

Os resultados demonstraram que, para os mesmos tempos de coleta, o infiltrômetro de anéis acelerou os processos de infiltração, revelando para o início e final dos tempos de coleta (10 e 60 min) volumes 3,93 e 1,52 vezes maiores quando comparados ao infiltrômetro de aspersão (GRÁFICO 25). Comparando as taxas de infiltração nos tempos finais de cada teste (60 min para infiltrômetro de aspersão e 180 min para infiltrômetro de anéis), o infiltrômetro de anéis exibiu VBI 31,33% maior que o infiltrômetro aspersão.

Isto se deve ao fato de que o infiltrômetro de anéis disponibiliza maiores volumes de água ao solo assim como desconsidera elementos existentes no processo natural do movimento da água, como as características das rugosidades do terreno, inclinação e cobertura vegetal, exibindo valores mais ligados às propriedades físicas do solo.

**Gráfico 25** - Comparação infiltração simulador de chuva e infiltrômetro de inundação.

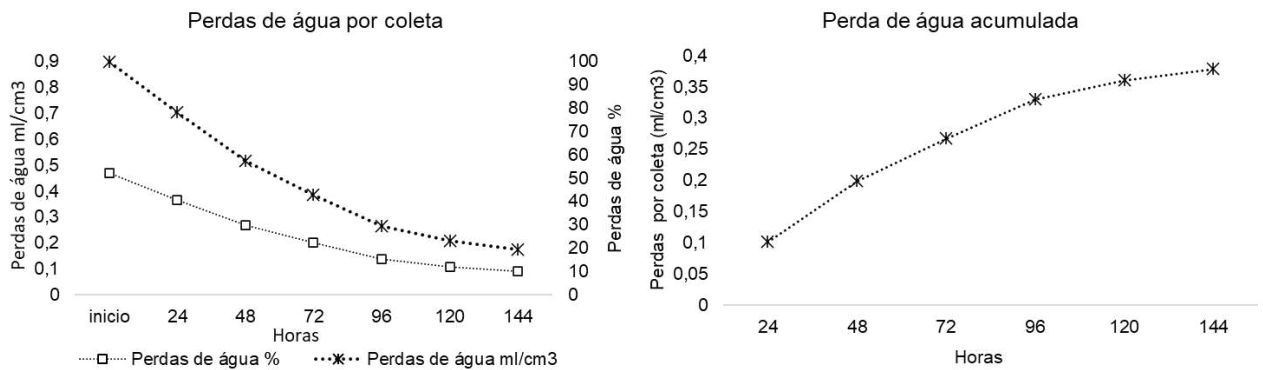


Fonte: Autor.

Após saturado, o solo do local apresentou volume de retenção de água de 0,46 ml/cm<sup>3</sup>. As perdas por evaporação decresceram de forma constante ao longo do tempo ( $R^2 0,94$ ), sendo os maiores volumes visualizadas nas primeiras 96 horas, período no qual foram evaporados 87,15 % dos volumes totais evaporados.

Ao final de seis dias de testes, evaporou-se um volume total de 0,36 ml/cm<sup>3</sup>, correspondendo a 80,79% de toda água armazenada (GRÁFICO 26). Deste modo, o solo apresentou uma capacidade de retenção de água (CRA) de 0,08 ml/cm<sup>3</sup>, ou seja, apenas 19,20% de sua capacidade total de armazenamento.

**Gráfico 26** - Perdas de água por evaporação



Fonte: Autor.



## SISTEMATIZAÇÃO

No geral, a área exibiu ampla capacidade de infiltração, onde a composição arenosa da matriz granulométrica do solo refletiu na formação de ambientes com boa porosidade, contribuindo para as altas taxas infiltradas. Entretanto, após saturado por longos períodos de tempo, a condutividade hidráulica da água no solo reduziu de forma considerável, refletindo na diminuição dos volumes infiltrados.

Constatou-se que quando seco, o solo local apresentou hidrorrepelência (FIGURA 79), a qual dificultou a infiltração, formando uma película de água sobre a superfície nos momentos iniciais de precipitação, acumulando a água na forma de poças em pequenas rugosidades do terreno. Após humedecimento da superfície do solo, a repelência foi gradualmente interrompida, permitindo o aumento dos volumes infiltrados.

**Figura 79** - Hidrorrepelência do solo.



**Fonte:** Autor.

A repelência a água está associada ao recobrimento das partículas minerais do solo por substâncias orgânicas hidrofóbicas (JARAMILLO, 2004), sendo maior em horizontes superficiais, decrescendo o grau de repelência à água com ou aumento da profundidade, visto que os teores de matéria orgânica também tendem a diminuir em camadas mais profundas (SHAKESBY et al., 2000).

Além da matéria orgânica incorporada de forma natural, queimadas como as ocorrentes de forma frequente na área de estudo também geram mudanças físicas e químicas no solo, alterando materiais e produzindo substâncias que afetam o movimento da água. Com o processo de queima, tem-se o aumento da densidade do solo, resultante do efeito do colapso dos agregados, gerando o entupimento de poros do solo pela alteração dos minerais e pelas cinzas (KETTERINGS et al., 2000).

Subprodutos gerados no processo de combustão também geram a redução da condutividade hidráulica no solo, havendo o preenchimento de seus poros pela matéria queimada. Além disso, as partículas queimadas produzem uma camada que reveste a parte exterior dos agregados, impedindo a infiltração de água nestes (DEBANO, 2000; SHAKESBY e DOERR, 2005).

Ensaio de laboratório verificaram que a condutividade hidráulica em solos submetidos ao fogo apresentou redução de 37% para frações de 0,4-2,0 mm e 23% para frações de 2,0-5,0 mm quando comparada às mesmas frações não submetida ao fogo (FOX et al., 2007).

Solos de matriz arenosa apresentam maior facilidade de recobrimento por substâncias hidrofóbicas, visto areias exibem baixa superfície específica (WALLIS e HORNE, 1992). Concomitante a isso, por estar inserido em um ambiente hidromórfico, o maior acúmulo de matéria orgânica no solo oferta maior quantidade de material repelente, e as oscilações frequentes do nível de base geram movimentos das partículas húmicas ao longo do perfil do solo, auxiliando o revestimento da matriz mineral arenosa pela orgânica.

Apesar da hidrorepelência, foi constatado um atraso na formação do escoamento superficial. A cobertura vegetal disposta predominantemente na forma de touceiras produziu obstáculos para a água que se escoava superficialmente, gerando rugosidades no terreno de forma a barrar os fluxos, armazenando-o sobre o terreno e ofertando maior tempo para a ocorrência da infiltração, a qual umedeceu o solo de maneira a remover sua hidrorepelência superficial.

A posição na vertente aliada a maior profundidade do solo em relação a áreas circunvizinhas indica que o local se comporta como uma área de deposição de sedimentos. A matriz arenosa sem a presença de cascalhos demonstra um efeito de seleção dos materiais depositados, constituídos por partículas de menor calibre, gerando um pacote de solo de matriz fina, porém com baixas concentrações de argilas, uma vez que estão distantes de sua área fonte no topo da vertente.

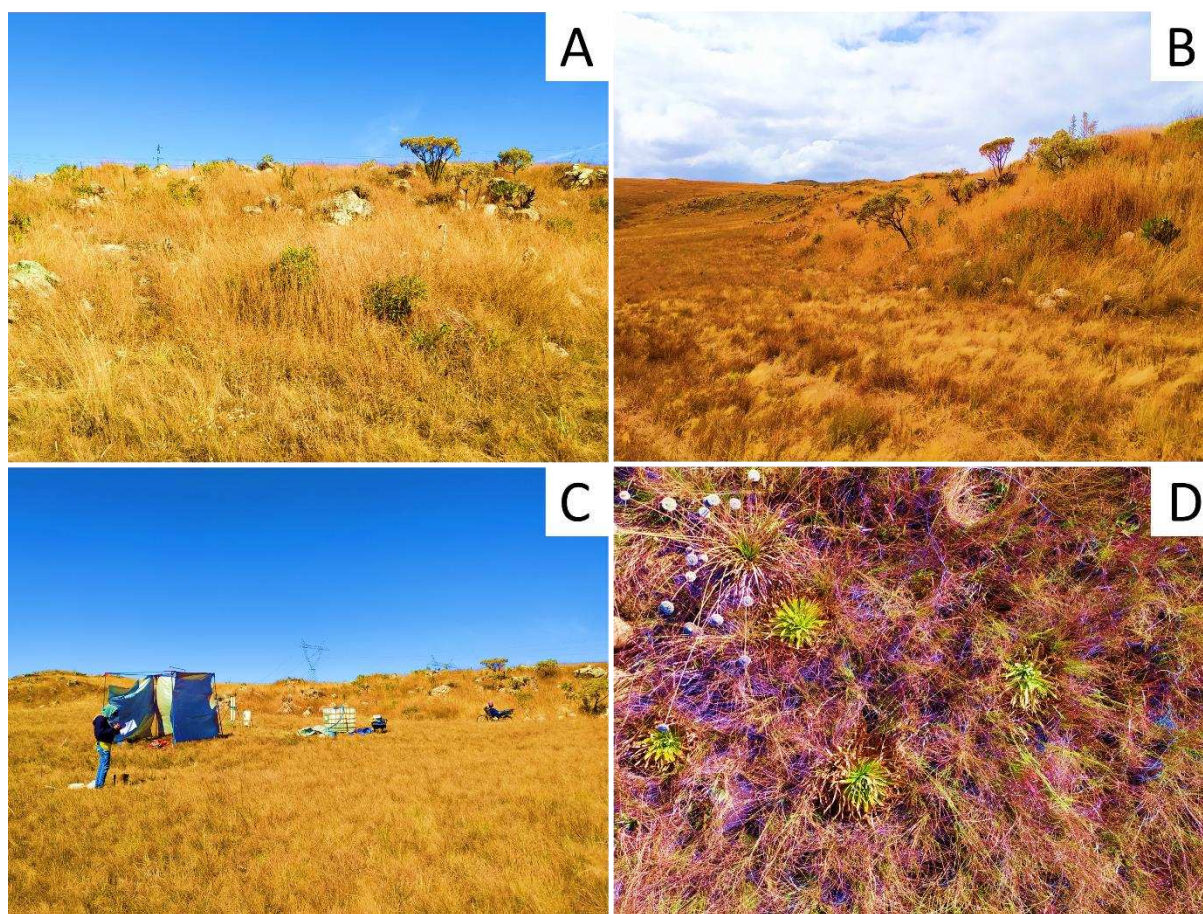
Neste sentido, mesmo apresentando repelência, falta de estrutura, forte inclinação e cobertura vegetal intermediária, a área apresentou altas taxas de velocidade básica de infiltração, indicando o potencial de absorver volumes de chuvas de alta intensidade. A elevada perda de água por evaporação também contribui para a restauração das taxas de infiltração, liberando espaços no solo para retenção da água de posteriores precipitações, evidenciando um ambiente hidricamente dinâmico.

#### **5.4.6 MATERIAIS CASCALHO-ARENOSOS COM CAOS DE BLOCOS**

A geocobertura intitulada de Materiais cascalho-arenosos com caos de blocos (NAZAR, 2018) ocupa uma pequena área da vertente de estudos, abrange uma porção do terreno presente no terço superior da encosta, caracterizada por um relevo declivoso com grande presença de afloramentos rochosos. A existência de rocha aflorante impossibilitou a fixação dos equipamentos de medição, havendo a necessidade de a condução dos testes ser realizada em locais de transição, sendo os aparelhos fixados em áreas abaixo aos afloramentos.

A vegetação do local caracteriza-se por campo rupestre, a qual entremeia os afloramentos de quartzito, já em seu sopé, local onde os experimentos foram conduzidos, a vegetação rasteira se faz presente, composta predominantemente por gramíneas de folhas alongadas e cilíndricas, sendo intercaladas pontualmente por vegetação herbácea, onde o conjunto de plantas expressou média de altura de 30 centímetros, consolidando-se como uma fitofisionomia de campo limpo (FIGURA 80).

**Figura 80** - Vegetação presente na Geocobertura materiais cascalho arenoso com caos de blocos: Campo rupestre em meio a afloramentos (A); Área de transição entre afloramentos e a vertente (B); Local de realização dos experimentos (C); Vegetação característica no sopé dos afloramentos rochosos (D).



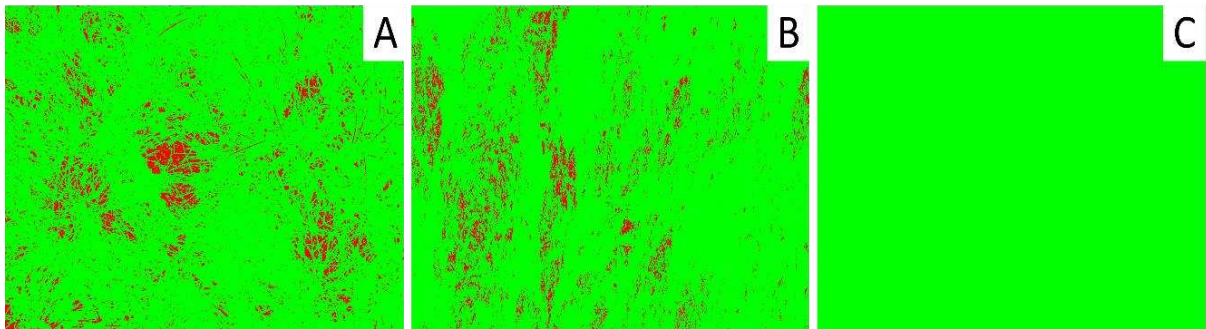
**Fonte:** Autor.

Por estar no período de entre chuvas da região, a vegetação exibiu de forma predominante plantas com partes estruturais secas e retorcidas, e, apesar disso, expuseram ampla cobertura do solo (94,55%) (FIGURA 81). Os baixos valores de solo exposto se devem ao crescimento adensado da vegetação aliado à sua biomassa abundante, culminando na produção de um arranjo vegetativo adensado, produzindo a sobreposição de partes estruturais foliares, reprodutivas e/ou de sustentação, ocorrente nas próprias plantas assim como entre as plantas.

A não ocorrência de incêndios recentes no local permitiu tempo suficiente para o crescimento e propagação da vegetação, de maneira a exibir na área plantas com partes estruturais preservadas, que, mesmo exibindo estruturas secas, corroboraram para a cobertura do solo.



**Figura 81** – Relação cobertura vegetal e solo exposto na geocobertura cascalho arenoso com caos de blocos. A- 9,19 % de solo exposto; B- 7,16 % de solo exposto; C- 0 % de solo exposto.

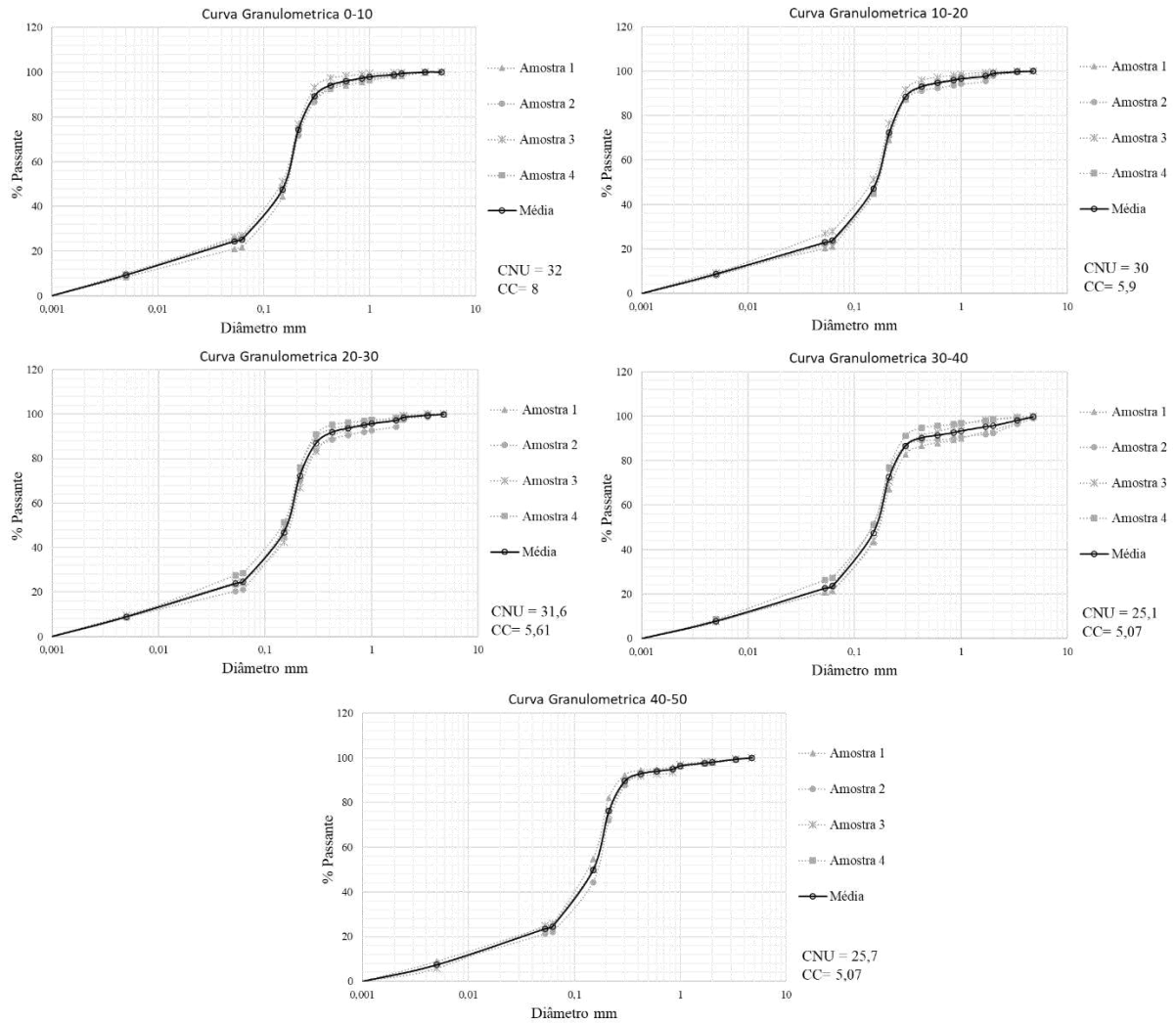


**Fonte:** Autor.

O solo do local de experimentos apresentou-se mais espeço comparado aos solos dos arredores, com profundidades médias de 1,4 metros. Constitui-se de material fino, com predominância de areias e baixa presença de argilas em todos horizontes (GRÁFICO 27), exibindo uma camada de cascalhos apenas sobre o contato lítico, sendo estes provenientes da degradação da rocha quartzítica, a qual se apresenta como embasamento do local.

Para todas as profundidades analisadas as curvas granulométricas demonstraram materiais mal graduados, com baixa variação do diâmetro das partículas ao longo do perfil vertical (GRÁFICO 27), sendo constatado maior abundancia e homogeneidade de partículas com diâmetros da fração de areias.

**Gráfico 27 - Curvas Granulométricas.**

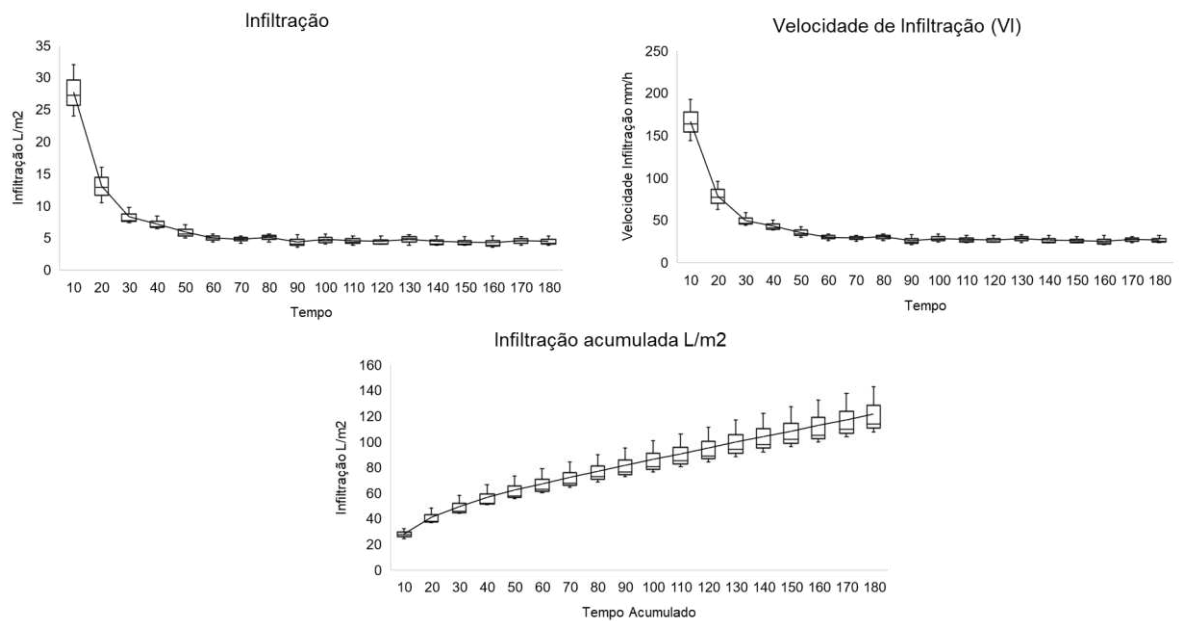


Os dados produzidos pelo infiltrômetro de anéis revelaram para o solo local um pico inicial na velocidade de infiltração de 166,4 mm/h (GRÁFICO 28), estabilizando-se a partir de 60 min de testes, passando a apresentar VIB média de 29,86 mm/h, sendo considerada como uma VIB alta (BERNARDO et al., 2006).

A variação dos valores de velocidade de infiltração entre o início e o fim dos experimentos foi de 80,03%, indicando que, apesar deste ambiente possuir altos valores de velocidade de infiltração e percolação de água no perfil do solo, sua capacidade é reduzida de forma drástica quando saturado por água por longos períodos de tempo, exibindo curva de correlação entre os valores de  $R^2$  0,69.



**Gráfico 28 - Curvas de Infiltração Infiltrômetro de anéis.**

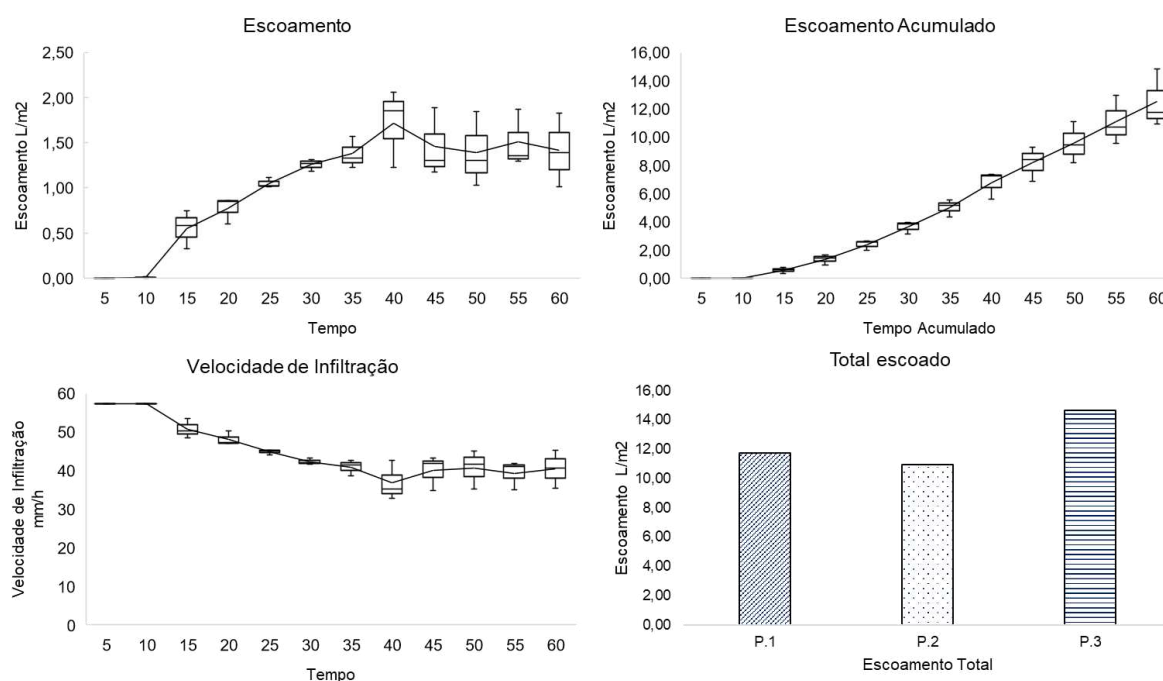


**Fonte:** Autor.

Os experimentos envolvendo o simulador de chuvas revelaram que, após o início da precipitação o fluxo superficial originou-se aos 7 minutos, havendo uma abstração inicial de 6,69 mm, sendo 11,66 % do total precipitado ao longo de todo período de experimentos. A curva de escoamento exibiu padrão de crescimento até próximo aos 40 minutos de experimentos, tendendo a partir disto a estabilidade dos valores, sendo encontrado ao final dos testes uma VIB de 45,54 mm (GRÁFICO 29).

Entre o início e final dos experimentos houve uma redução de 20,66% nos valores de infiltração, indicando constância nos valores encontrados ( $R^2 = 0,77$ ). No geral, foram escoados apenas 15,18 % (8,71 litros) dos totais precipitados, revelando que, mesmo sob precipitações da alta intensidade, a alta capacidade de infiltração e percolação da água no perfil do solo não foi amplamente afetada.

**Gráfico 29** - Curvas de escoamento e infiltração simulador de chuvas.



**Fonte:** Autor.

Comparando ambos equipamentos, os resultados demonstraram que o infiltrômetro de anéis expressou maior variação entre as velocidades de infiltração ao longo do tempo de análise, sendo valores mais constantes exibidos pelo infiltrômetro de aspersão. Apesar de ambos equipamentos exibirem ao final dos testes VIB estável, os valores apreciados se mostram distintos.

Em uma análise comparativa para mesmos tempos de coleta (10 e 60 min), o infiltrômetro de anéis acelerou os processos de infiltração nos instantes iniciais, exibindo valor de VIB 2,91 vezes maior que o infiltrômetro de aspersão. Entretanto, a partir de 40 minutos uma inversão foi visualizada, passando o infiltrômetro de aspersão apresentar para 60 minutos valor de VIB 1,53 vezes maior (GRÁFICO 30).

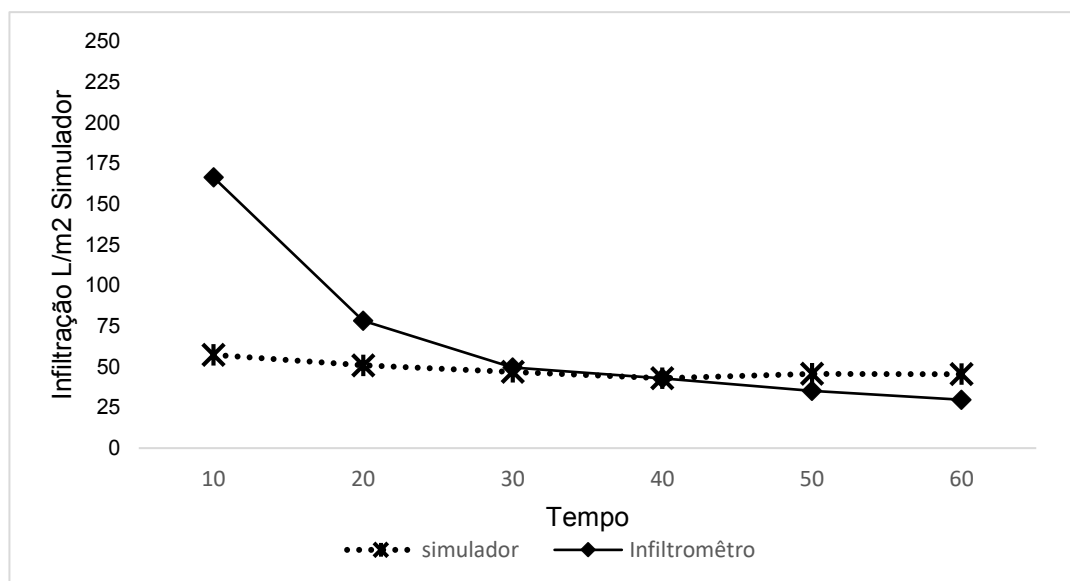
Comparando as taxas de infiltração nos tempos finais de testes de cada equipamento (60 minutos para infiltrômetro de aspersão e 180 minutos para infiltrômetro de anéis) a tendência se manteve, onde o infiltrômetro de aspersão exibiu VIB 1,71 vezes maior que o infiltrômetro de anéis.

Mesmo promovendo saturação forçada do solo através da adição de uma lâmina d'água constante, o infiltrômetro de anéis nesta situação exibiu valores de VIB inferiores aos produzidos pelo simulador de chuvas. Ao desconsiderar elementos existentes no processo natural do movimento da água, como características de inclinação do terreno e cobertura vegetal, os valores de infiltração do infiltrômetro de anéis estão mais ligados às

propriedades físicas do solo, neste sentido, a menor VIB pode remeter-se a uma saturação muito rápida e homogeneia de toda camada superficial do solo, dificultando a expulsão do ar presente entre os poros.

Diferente disso, ao adicionar água sobre a superfície de maneira fracionada na forma de gotas, o infiltrômetro de aspersão permitiu a ocorrência de trocas entre o ambiente superficial e subsuperficial, gerando caminhos para infiltração da água concomitantemente à expulsão do ar presente nos poros.

**Gráfico 30** - Comparação infiltração simulador de chuvas e Infiltrômetro de inundação.



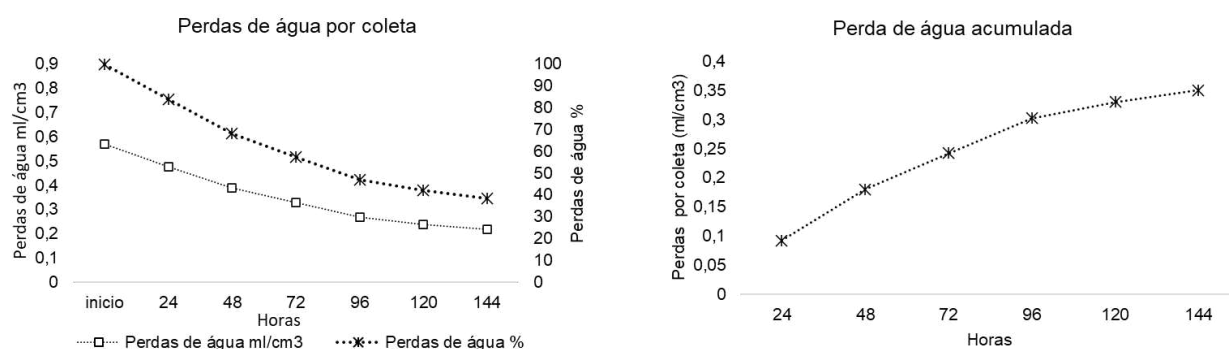
**Fonte:** Autor.

Após saturado, o solo do local apresentou um volume de  $0,54 \text{ ml/cm}^3$  retido, exibindo perdas de água por evaporação que decresceram de forma constante ao longo do tempo, sendo evaporados para o período de seis dias o volume de  $0,35 \text{ ml/cm}^3$ , correspondendo a 61,48 % de toda água retida no solo (GRÁFICO 31).

As maiores perdas foram visualizadas nas primeiras 96 horas, sendo evaporados para este período 86,33 % dos volumes totais evaporados. Deste modo, o solo apresentou uma capacidade de retenção de água (CRA) de  $0,21 \text{ ml/cm}^3$  ao final de seis dias, ou seja, 38,52% de sua capacidade total de armazenamento.

Os valores encontrados indicam que após saturado, o solo do local apresenta alta capacidade de retenção de água, mesmo após longos períodos de tempo sem precipitação, podendo ser fator preponderante que pode afetar os processos de infiltração e produção de escoamento superficial na ocorrência de precipitações consecutivas.

**Gráfico 31 -** Curvas de perda de água por evaporação.



**Fonte:** Autor.

## SISTEMATIZAÇÃO

No geral, a área exibiu alta capacidade de infiltração, onde a vegetação rasteira adensada gerou proteção do solo frente a ação dos impactos das gotas de chuva, consolidando-se como uma barreira física frente a formação de fluxos superficiais, produzindo sobre a superfície rugosidades capazes de reduzir a cinética do escoamento superficial, diminuindo sua energia e aumentando as possibilidades do movimento descendente da água no perfil.

O solo espesso, aliado a homogênea composição arenosa da matriz granulométrica de suas diferentes camadas também auxiliou na formação de ambientes favoráveis ao movimento descendente da água. De forma concomitante, os valores de densidade do solo encontrados revelaram-se abaixo do limite crítico de  $1,81 \text{ g/cm}^3$  (Dt) exposto por Reichert et al., (2008), remetendo a um solo não compactado, repercutindo em valores de porosidade acima de 40% (TABELA 9).

**Tabela 9 -** Análise Física do solo; Dp- Densidade de partículas; Dt – Densidade total; Pt- Porosidade Total.

Dp ( $\text{g/cm}^3$ )	Dt ( $\text{g/cm}^3$ )	Pt (%)
2,34	1,35	0,42

**Fonte:** Autor.

Segundo Kiehl (1979), um solo pode ser classificado como ideal quando apresenta uma proporção de 50% de porosidade total, entretanto, solos arenosos possuem menor porosidade, visto que suas partículas são predominantemente grandes, havendo a

tendência de formar uma disposição piramidal, com menos espaços vazios (SILVA et al., 2012).

Neste sentido, solos arenosos possuem menor espaço poroso por entre os clastos, entretanto, com maior presença de macroporos, os quais permitem que parte da água que entra no solo seja drenada com maior facilidade (KIEHL, 1979; TROEH e THOMPSON, 2007), favorecendo o movimento da água dentro do perfil, como revelado pelos testes de infiltração.

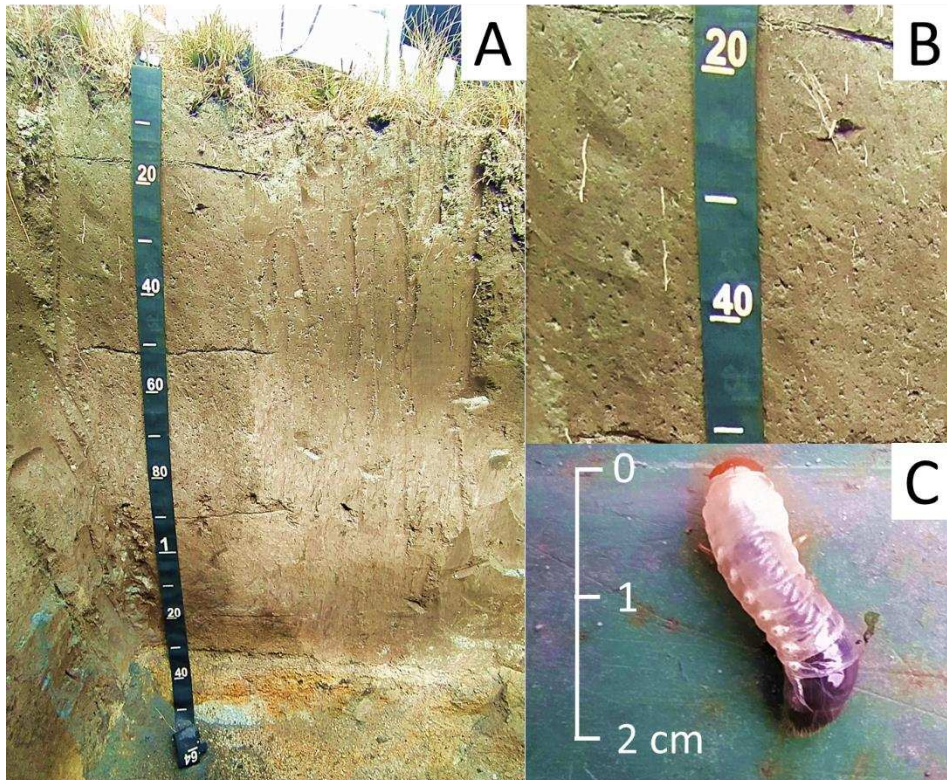
Além da matriz arenosa, partindo da superfície até aproximadamente 80 centímetros de profundidade nota-se a abundância de bioporos ao longo do perfil do solo, caracterizados por dutos não superiores a 4 mm de diâmetro, sendo provenientes da senescência e mineralização de raízes, assim como resultantes da escavação de pequenos animais presentes no solo (FIGURA 82).

As características minerais do solo aliado a presença ativa da vegetação e de pequenos animais produziram de forma conjunta um ambiente com grande disponibilidade de poros, os quais correspondem a espaços onde ocorrem os processos dinâmicos do ar e da solução de água no solo (RIBEIRO et al., 2007), necessários para movimentação das partículas minerais e orgânicas ao longo de seu perfil.

Os dutos se comportam como espaços porosos no interior do perfil, tornando-se canais preferenciais para o movimento da água, visto que se apresentam como estruturas pouco segmentadas, por vezes saindo da superfície até camadas mais profundas, ligando poros e bioporos entre si, produzindo uma densa rede de canais que beneficiam os processos de movimento da água.

A presença de cores pálidas nos horizontes do solo remete a pigmentação de sua matriz arenosa por matéria orgânica. A variação das cores ao longo do perfil torna-se reflexo do processo de eluviação da matéria orgânica, ocorrente por meio da movimentação da água no solo, deslocando materiais ao longo das camadas, removendo partículas orgânicas de horizontes superiores (50-90 cm) e acumulando-as em camadas adjacentes (100-130).

**Figura 82** - Perfil de solo local. Segmentação dos horizontes (A); Ampla distribuição de Bioporos (B); Larva encontrada a 60 centímetros de profundidade (C).



**Fonte:** Autor.

Para viabilizar a ocorrência deste processo, necessita-se de grande disponibilidade de água movimentando-se no sistema durante longos períodos de tempo, indicando que, mesmo situando-se próximo ao divisor topográfico da vertente o local ofertou tais condições básicas necessárias, refletindo em um ambiente com movimentação ativa e constante de água.

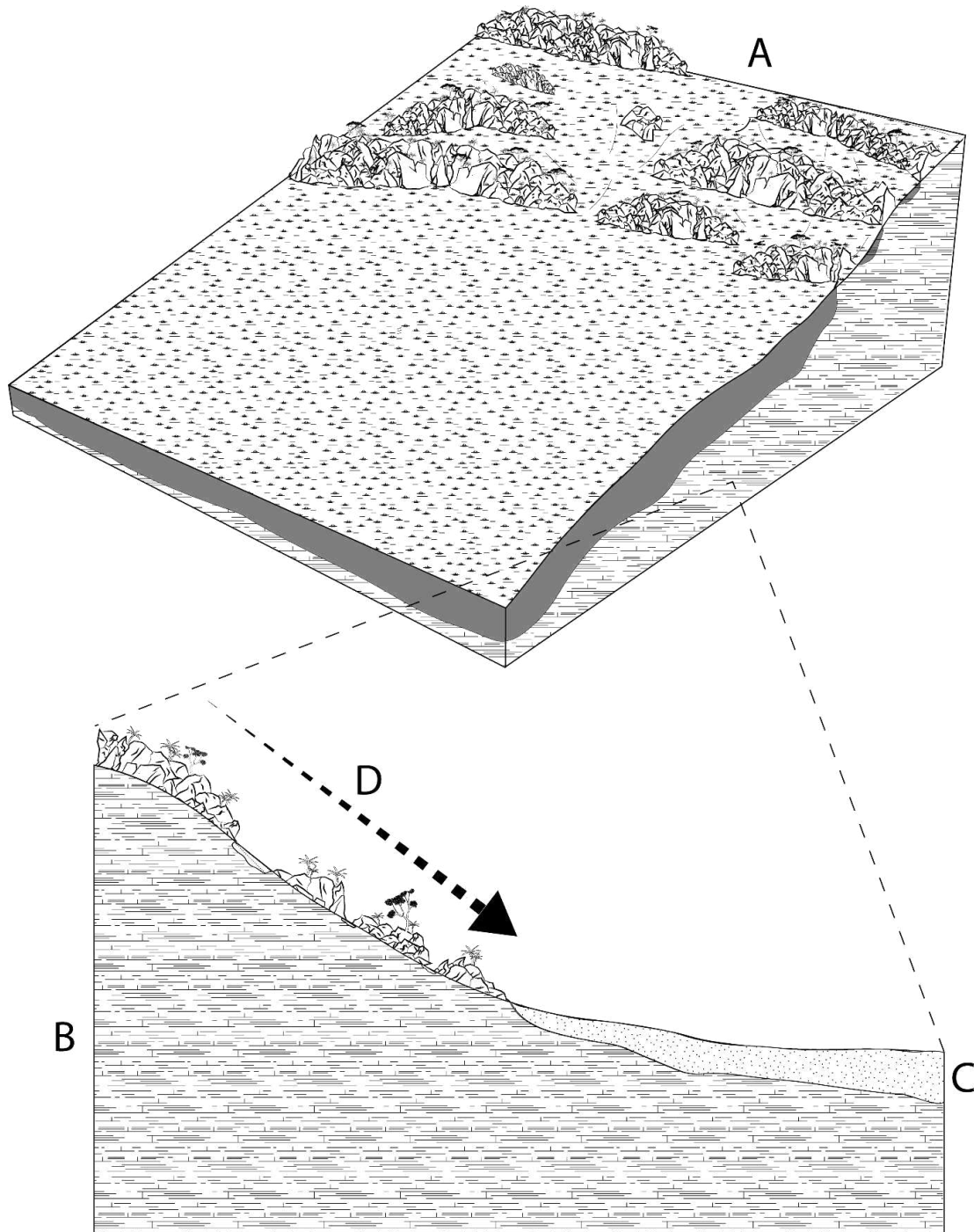
As características fisiográficas da vertente auxiliaram na maior disponibilidade de água para ocorrência destes processos. O local onde os experimentos foram realizados inserem-se logo abaixo de afloramentos rochosos quartzíticos, os quais são abundantes vertente acima, caracterizados por grandes blocos dispostos caoticamente sobre a superfície, apresentando entre os blocos lajes de rocha quartzítica e/ou solos arenosos rasos, com profundidades inferiores a 15 centímetros (FIGURA 83 A).

Por apresentar grande quantidade de rochas aflorantes e solos pouco espessos, a área de afloramentos comporta-se como uma grande área de captação de água das chuvas. (FIGURA 83 D). A baixa profundidade dos solos reduz a capacidade de armazenagem dos volumes precipitados no perfil, de maneira a induzir a um movimento horizontal da água na vertente, sendo exponenciado pela declividade.



A água provida da vertente acima desloca-se até o ponto de experimentos, o qual apresenta menor declividade, solos mais espessos, maior cobertura vegetal e VIB alta (FIGURA 83 C). A quebra de declividade associada as características fisiográficas da área auxiliam na incorporação da água advinda da vertente acima no perfil do solo (FIGURA 83).

**Figura 83** - Croqui geocobertura Caos de Blocos. Vertente de estudos (A); Embasamento Quartzítico (B); Depósito de solo arenoso (C); Acumulo de água de precipitações de áreas da vertente acima.



Fonte: Autor.

Neste sentido, o somatório dos volumes advindos vertente acima associados a água captada no próprio segmento da vertente torna-se fator preponderante para ocorrência dos processos de formação pedogenética de eluviação de matéria orgânica, disponibilizando a água necessária para gerar movimento entre as partículas orgânicas do solo.

A matriz arenosa, a quebra de declividade e a presença de solo mais espesso posicionado logo abaixo de afloramentos quartzíticos indicam que a área de experimentos além de receber água da vertente acima também é acrescida de sedimentos, consolidando-se como uma área deposicional, sendo o perfil datado com idade inferior a 500 anos (SANTOS, 2021).

A granulometria homogênea das partículas indica uma seleção dos materiais, sendo depositados no local sedimentos finos de fração arenosa, resultantes do desgaste dos blocos quartzíticos vertente acima. No contato lítico do perfil, a presença de uma camada de cascalhos posicionada acima do saprolito remete a ação do intemperismo da rocha, degradando-a química e fisicamente.

Deste modo, o solo do local é resultante de processos pedogeomorfológicos influenciados pelo movimento da água na vertente, não apenas no presente como em tempos passados, a qual tem a capacidade de deslocar, remover e acrescentar materiais, não somente em superfície, mas também em profundidades.

## 5.5 SISTEMATIZAÇÃO DOS RESULTADOS

Através da utilização de equipamentos de pesquisa de cunho experimental, pode-se realizar a prospecção de dados primários em campo oriundos da dinâmica hidrogeomorfológica de vertentes da área de estudos, de maneira a revelar informações dos atributos dos geoambientes e como estes condicionam o movimento da água.

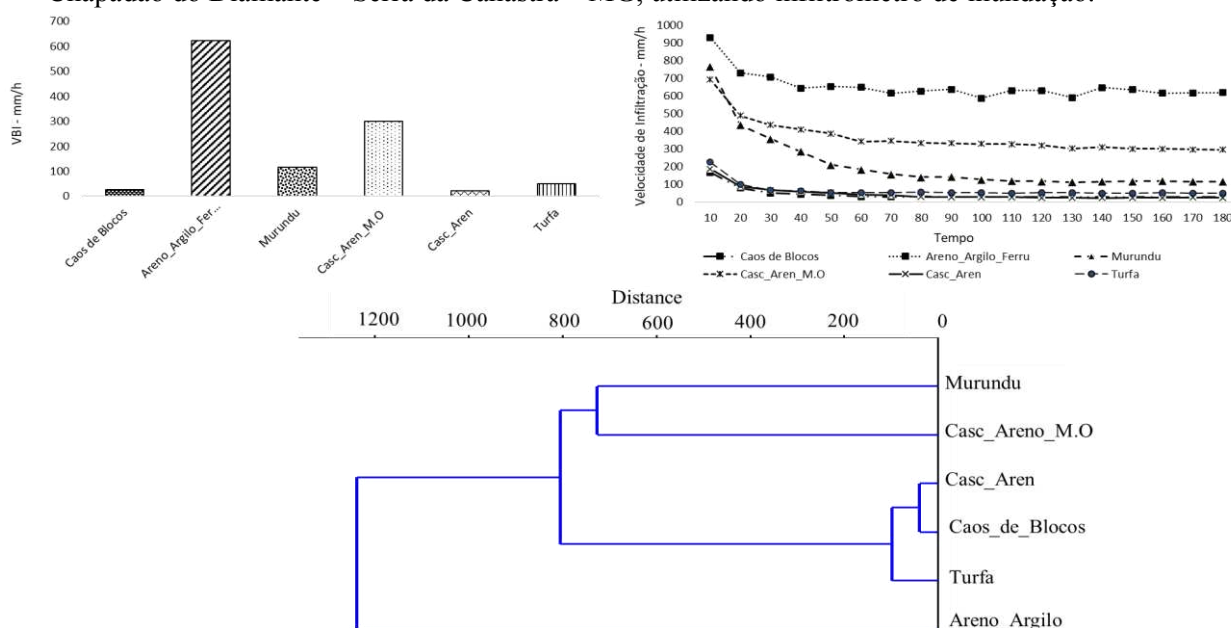
Os métodos investigativos de produção de dados apresentaram variações nos resultados encontrados, onde as distintas formas de funcionamento de cada aparelho implicaram no fornecimento de dados relativos a cada operação.

Partindo do infiltrômetro de anéis, os resultados obtidos revelaram que todos os pontos analisados apresentaram altas taxas de infiltração, entretanto, ampla disparidade nos valores de velocidade básica de infiltração (VIB) foram constatados, com variação de 2.346% entre o menor e maior valor de VIB (GRÁFICO 32).

Após análise das curvas de infiltração expressas pelos seis ambientes, três grupos foram subdivididos de acordo com a classificação de clusters. A análise compreendeu variações nas curvas de infiltração de maneira a agrupar geoambientes com características de dinâmicas hidrogeomorfológicas semelhantes.

Dentre os pontos analisados, três apresentaram taxas de VIB muito acima dos valores de referência apresentados pela literatura, superando em até 20,77 vezes os 30 mm/h considerados como muito altos por Bernardo et al. (2006). Com isto, revelou-se os diferentes níveis de aptidão das áreas para incorporação da água ao solo (GRÁFICO 32).

**Gráfico 32** - Dinâmica de infiltração da água de geoambientes presentes em vertentes do Chapadão do Diamante – Serra da Canastra – MG, utilizando infiltrômetro de inundação.



Fonte: Autor.

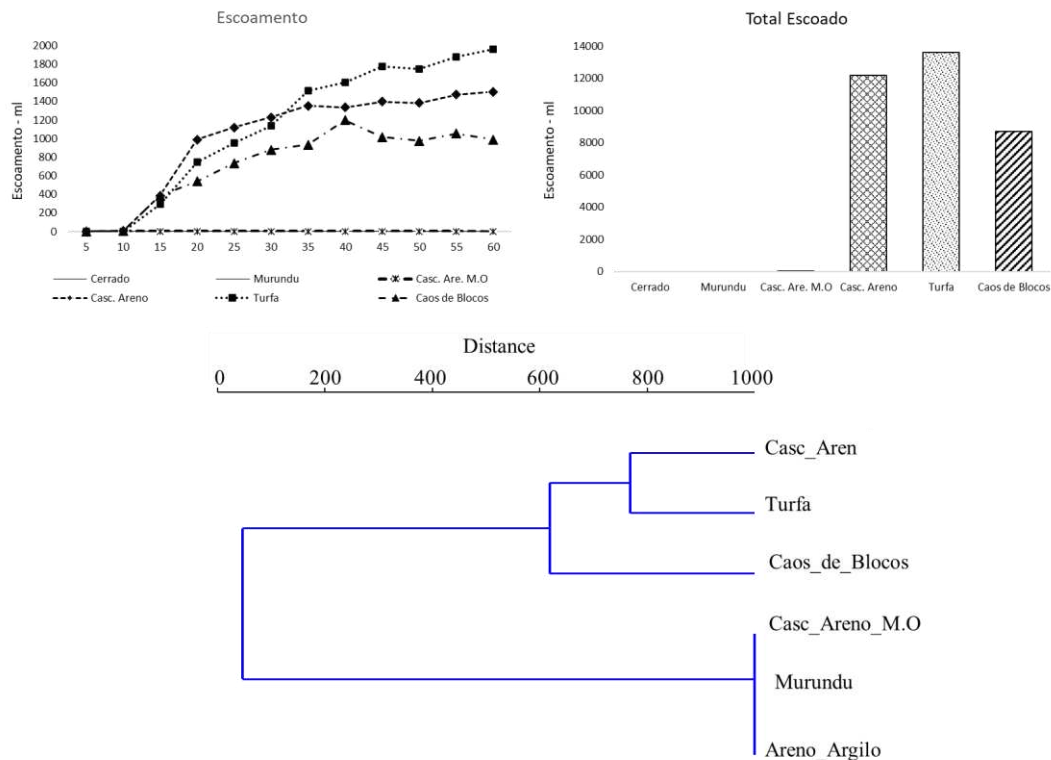
Em proporções distintas, o infiltrômetro de aspersão apresentou dados semelhantes. Apesar da menor disparidade dos valores de infiltração, variando 131,11% entre os maiores e menores volumes infiltrados (GRÁFICO 33), houve correspondência dos valores expressos por ambos equipamentos nas formas de condução da água pelos geoambientes.

As perdas de água por escoamento variaram de 0 a 23,72%, com curvas de escoamento superficial revelando a alta capacidade de infiltração dos solos da área mesmo quando submetidos a precipitações de alta intensidade (GRÁFICO 33). Claras semelhanças entre as dinâmicas de comportamento da água foram observadas entre os pontos, sendo subdivididos em 2 grupos através da análise de clusters (GRÁFICO 33).

As velocidades de infiltração básica obtidas através do uso do simulador de chuvas apresentaram-se mais modestas quando comparadas ao infiltrômetro de anéis, porém, ainda sim foram reveladas taxas consideradas como muito altas pela literatura (BERNARDO et al., 2006), as quais variaram entre 43,8 a 54,7 mm/h.

Estes valores demonstraram a capacidade das áreas em reter volumes precipitados, indicando a competência das geocoberturas na absorção da água. O processo de incorporação da água de chuvas ao solo resulta em sua disponibilidade para o ambiente *in situ*, de maneira a contribuir para as relações existentes nas próprias áreas de absorção, atuando na redução da ocorrência de processos morfogenéticos de cunho erosivo, visto que baixos volumes são escoados em superfície..

**Gráfico 33** - Dinâmica de escoamento superficial de água de geoambientes presentes em vertentes do Chapadão do Diamante – Serra da Canastra – MG, utilizando infiltrômetro de aspersão (simulador de chuvas).



**Fonte:** Autor.

Os locais analisados expressaram heterogeneidade em suas características ambientais, as quais refletiram nas diferentes formas de condução da água (TABELA 10). As maiores taxas de infiltração e menores volumes escoados foram encontrados em ambientes situados em porções mais elevadas da vertente (Cerrado, Murundus e Cascalho Arenoso com M.O). Não foi atribuída correlação direta dos valores de VIB com apenas um atribuído ambiental, entretanto, maiores valores de correlação estão ligados a porosidade do solo e a declividade do terreno (TABELA 11).

**Tabela 10** - Atributos das Geocoberturas.

	Profund. Solo (metros)	Porosidade (%)	Escoamento (litros)	VIB Anéis (mm/h)	VIB Simulador (mm/h)	Declividade (%)
Cerrado	1,6	0,65	0	626,56	57,4	4,5
Murundus	1,4	0,61	0	115,44	57,4	8
Casc. Are. M.O	0,25	0,52	0,39	317,58	56,83	7,8
Casc. Arenoso	0,2	0,52	17,4	22,5	28,22	8
Turfa	1,8	0,47	13,62	50,74	33,84	15,5
Caos de blocos	1,6	0,42	8,71	29,86	45,68	7,5

**Fonte:** Autor.

**Tabela 11** - Correlação entre os atributos das geocoberturas.

	Profundidade	Porosidade	Escoamento	VIB_Anéis	VIB_Simulador	Declividade
Profundidade	0,00	0,01	-0,14	0,07	0,15	0,25
Porosidade	0,01	0,00	-0,61	0,71	0,56	-0,52
Escoamento	-0,14	-0,61	0,00	-0,69	-1,00	0,54
VIB_Anéis	0,07	0,71	-0,69	0,00	0,66	-0,58
VIB_Simulador	0,15	0,56	-1,00	0,66	0,00	-0,57
Declividade	0,25	-0,52	0,54	-0,58	-0,57	0,00

**Fonte:** Autor.

A declividade apresenta-se como um fator geomorfológico ligado às características de evolução das vertentes, as quais forneceram gradientes altimétricos necessários para o movimento da água. Neste sentido, a maior inclinação do terreno gerou maior potencial de movimentação da água sobre a superfície, reduzindo as taxas infiltradas, revelando uma relação de oposição entre estas variáveis.

Já a porosidade remete-se as características mineralógicas dos materiais de origem dos solos assim como dos processos pedogenéticos atuantes em sua gênese, culminando em alterações físicas e químicas com a capacidade de gerar espaços propícios para o movimento da água.

Constatou-se para os ambientes que exibiram maiores valores de porosidade a presença mais atuante da pedofauna, revelando a importância da ação dos organismos do



solo para melhoria de suas condições de infiltração. Através dos hábitos de vida ligados a escavação do solo, os animais criam bioporos em diferentes horizontes, os quais se comportam como canais preferenciais para água, facilitando seu movimento no interior do solo.

De forma contrária a isto, ambientes que apresentaram oscilações frequentes do nível de base exibiram redução nos valores de VIB. Além da influência da água na desestruturação dos solos, ambientes saturados com maior frequência e por períodos de tempo prolongados se consolidaram como áreas não favoráveis a exploração animal, de maneira a impedir sua distribuição no perfil e inviabilizar o trabalho de reorganização das partículas do solo pela pedofauna.

Neste sentido, devido as conexões existentes entre os atributos de cada geoambiente aliado às conexões processuais entre geoambientes, não se torna possível elencar um número reduzido de fatores responsáveis pelas formas singulares de movimentação da água nas diferentes áreas das vertentes, visto que este movimento é produto de um conjunto de variáveis ambientais que se mostraram complementares.

### **5.5.1 DINÂMICAS PROCESSUAIS E DE FLUXOS DAS VERTENTES**

A topossequência iniciou-se em uma área inserida no divisor de águas da vertente (FIGURA 84), com declividade média de 4 %, dotada de solos profundos, estruturados, de granulometria fina, com predominância da fração argila, classificados como Latossolos Vermelho Amarelo distrófico típico A moderado.

De toda área de estudos, apenas sobre estes solos desenvolveu de fitofisionomia de Cerrado Ralo (RIBEIRO e WALTER, 1983), a qual apresentou heterogeneidade de plantas, com árvores de pequeno a médio porte, retorcidas e esparsadas, com presença abundante de arbustos e plantas herbáceas, sendo entremeadas por gramíneas.

Este arranjo vegetativo expressou razoável cobertura do solo (47,23%), muito ligada a composição variada de espécies assim como de sua distribuição espacial adensada, produzindo sobre a superfície um mix de estruturas foliares e de sustentação de diferentes plantas, contribuindo para formação de uma cobertura vegetal em distintos níveis.

Abaixo da superfície, foram encontrados em todos os horizontes do solo ampla distribuição de raízes e da pedofauna, com presença de raízes de diferentes calibres (1mm

a 7 cm) e de animais de variados tamanhos, englobando invertebrados (cupins), aves (coruja), répteis (lagartos) e mamíferos (tatus).

A ação dos organismos sob superfície produziu uma densa rede de dutos, sendo visualizados na forma de bioporos ao longo de todo o perfil, perpassando de horizontes superficiais até mais profundos, contribuindo para estruturação do solo de maneira a incrementar em seus valores de porosidade (FIGURA 84).

Este conjunto de características ambientais culminaram na formação de ambientes propícios para incorporação da água ao solo, de maneira a acelerar o movimento de infiltração. Dentre todos os pontos analisados na vertente, os maiores valores de velocidade básica de infiltração (VIB) foram expostos neste local (FIGURA 84), com volumes bem acima dos considerados como muito altos (BERNARDO et al., 2006), consolidando este ambiente como uma grande área de captação da água de precipitações, o qual não apresentou formação de fluxos superficiais mesmo sob chuvas de alta intensidade.

Vertente abaixo, com o aumento dos valores de declividade ocorreu a transição do ambiente, sucedendo-se de forma gradual ao longo de uma faixa de transição de aproximadamente 50 metros, sendo possível observar alterações na coloração dos solos, passando de matizes avermelhados para amarelados, assim como mudanças na vegetação, reduzindo o número de espécies lenhosas, as quais deram espaço à vegetação mais aberta com predomínio de gramíneas. Após transição, mudanças bruscas foram visualizadas, seja de solos, microrelevo, e de agentes biológicos.

A área com declividade média de 8 % apresentou microrelevo próprio, definido como campo de murundus (FIGURA 84). Os murundus caracterizaram-se por elevações no terreno na forma de morrotes de solo, os quais apresentaram dimensões médias de 1,5 metros de altura e 3 metros de extensão.

Distribuíram-se de forma radial ao ambiente presente no divisor de águas, perpassando do terço médio da vertente até o fundo do vale, dispersando-se principalmente ao longo de áreas de topografia caracterizada por uma drenagem ligeiramente pronunciada, na forma de pequenas depressões no terreno, apresentando a formação de um canal efêmero apenas em áreas mais próximas ao fundo do vale.

Apesar de exibir altos valores de infiltração, quando comparado ao ambiente vertente acima foi averiguado uma redução de 81,48 % nos valores de VIB. A diminuição dos valores remete a características ambientais próprias do local, sendo possível inferir

através de seus atributos que a área apresenta uma dualidade de elementos, onde parte destes contribuem para elevação da VIB e outra parte para sua redução.

Partindo dos elementos que contribuem para o incremento, nota-se a forte presença da atividade biológica no local. Gramíneas dispersam-se ao longo de toda área, havendo a ocorrência de vegetação lenhosa apenas sobre os morrotes de murundus, caracterizadas por pequenas arvores e arbustos que se dispersam de forma pontual em locais mais elevados do micro relevo.

Sobre a superfície, a vegetação apresentou baixa proteção do solo (34,37 %), e em subsuperfície expôs sistemas radiculares que contribuíram para estruturação do solo, sendo constatado a presença abundante de raízes até camadas mais profundas (140 cm), indicando sua ação ao longo de todo o perfil.

Além das plantas, também foi verificado que a pedofauna exerceu papel relevante na estruturação do solo local, com destaque para ação das térmitas. Foram encontrados ao longo de todo perfil uma densa rede de poros produzidos pela ação destes animais, os quais produziram alterações que variaram de forma espacial no terreno.

Nos morrotes de murundus foram encontradas grandes câmaras, sendo estes os locais de estabelecimento das colônias. Entre murundus, uma rede abundante de tuneis foi verificada, presente desde camadas próximas à superfície até horizontes mais profundos do solo.

A notável quantidade de poros produzida pela ação de escavação das térmitas gerou ambientes facilitadores para a incorporação da água no solo, contribuindo para o incremento dos valores de VIB.

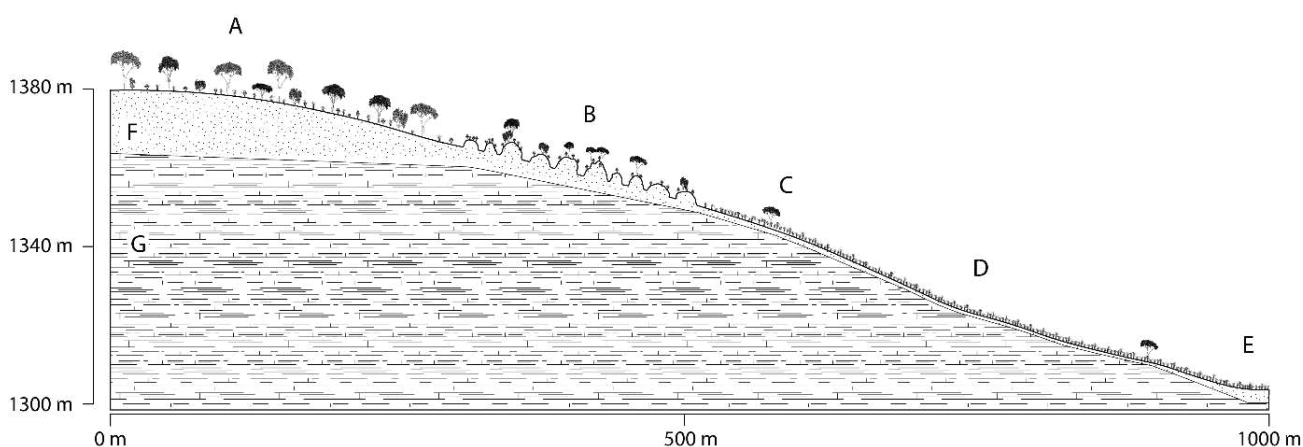
O solo do local classificado como Argissolo Vermelho Distrófico abruptico petroplintico, apresentou-se espesso, exibindo próximo a superfície uma camada de cascalhos lateríticos arredondados, com seixos homogêneos, de diâmetros variando entre 5 e 10 milímetros, culminando na formação de uma camada de solo aerada.

A ação dos organismos aliado a camada de cascalhos refletiu na produção de altos valores de porosidade (FIGURA 84), contribuindo para facilitar o movimento descendente da água no perfil.

Não se exclui a possibilidade desta camada de cascalhos ter se fundamentado através da ação das térmitas, as quais ao escavarem o terreno selecionaram materiais do solo, removendo de forma majoritária partículas menores, visto que o tamanho dos animais dificultaria a remoção de materiais de maior calibre, aumentando a proporção de materiais grosseiros no horizonte em questão.

Divergindo dos fatores que contribuíram para o incremento da infiltração, tem-se a própria presença da água como elemento redutor da VIB. O ambiente de murundus localiza-se em uma área de transição entre solos profundos presentes no topo da vertente (>1,5 metros) e solos rasos inseridos em seu terço médio (< 0,25 metros) (FIGURA 84 ABC).

**Figura 84** - Croqui do perfil longitudinal da vertente de estudos inserida no Chapadão do Diamante – Serra da Canastra: Variação das características ambientais de áreas de análise ao longo da vertente.



**Fonte:** Autor.

Ambientes presentes em que áreas da vertente acima exibem alta capacidade de infiltração, de maneira a se comportar como uma extensa área de captação de água das precipitações. A mudança abrupta de profundidade entre os solos do topo e terço médio da vertente interfere no movimento da água presente no interior do solo.

A água advinda da vertente acima aliada a água incorporada no próprio ambiente de murundus realiza dois tipos de movimentos no interior do solo, o vertical e o horizontal. Após saturação de camadas mais profundas, o fluxo de base movimentar-se lateralmente, com movimento descendente na vertente, acumulando-se na área de murundus, visto que se insere em uma área de transição entre solos profundos e solos rasos.

O acúmulo de água no interior do solo neste ambiente transitório permite que o nível de base atinja áreas próximas a superfície, fato ocorrente ao longo do período de chuvas da região (FIGURA 132). Por ser sazonal, a elevação e rebaixamento da água gera movimento entre as partículas do solo, de maneira a propiciar o desabamento de tuneis

confeccionados por agentes biológicos assim como promover o entupimento dos poros do solo, gerando por consequência a redução de sua porosidade.

A saturação do solo por água em determinados períodos limita o crescimento vegetativo, selecionando espécies mais aptas a presença frequente da água (CASTRO JÚNIOR, 2002). A vegetação lenhosa e arbustiva menos adaptada a estas condições foi condicionada a dispersar-se apenas em locais mais elevados do terreno, inserindo-se apenas sobre os murundus, como também visto por Marimon et al., (2012), De Souza e Delabie, 2016, Ferreira Junior (2019) e Guimarães et al., (2020).

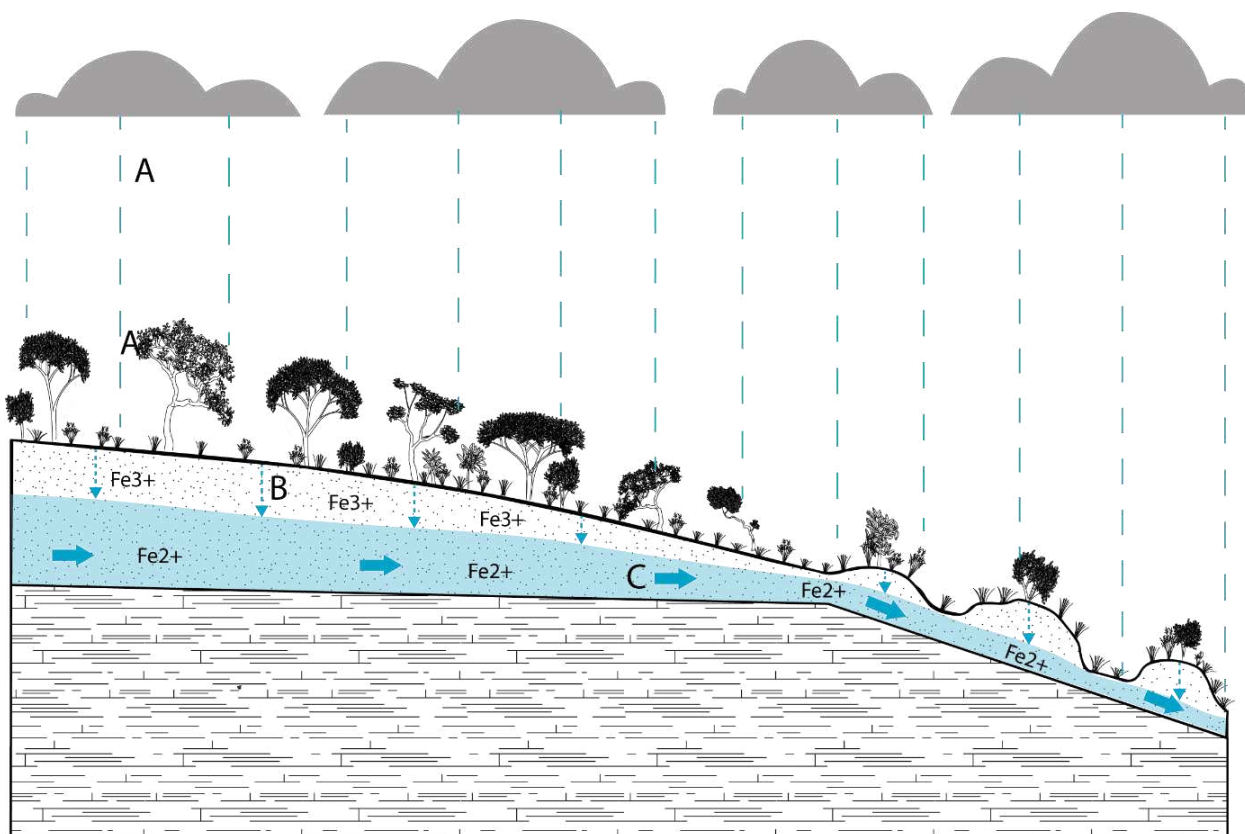
Assim como a vegetação, a pedofauna também é expulsa de áreas do solo saturadas por água, construindo suas colônias nos morrotes de murundus (MATHEWS, 1977; CASTRO JÚNIOR, 2002; PAULINO et al., 2015), Esta limitação de uso contribui para o aumento dos morrotes, uma vez que, ao os utilizarem com maior frequência as térmitas em suas atividades diárias extraem materiais em subsuperfície ao construírem dutos no interior do solo, o material removido é disposto em superfície, em áreas sobre os morrotes, de maneira a contribuir para o incremento de seu volume ao longo do tempo, corroborando com estudos de Resende et al.(2007).

Entre murundus, densa rede de bioporos foi verificada em todo o perfil, sendo parte destes preenchidos por material mineral discordante do apresentado na camada que o envolve. Estes paleotuneis indicam a ocorrência do movimento das partículas do solo através da ação da água no perfil, podendo ocorrer através da infiltração direta de precipitações, assim como por meio da oscilação do nível de base, contribuindo para redução dos valores de VIB.

Mudanças químicas também são promovidas pelo movimento da água (SANTOS e CONFESSOR, 2020). A saturação do solo gerou ambientes que favoreceram a ocorrência de reações químicas de redução, as quais permitiram a incorporação ferro presente no solo junto a água, reduzindo o Fe de sua forma estável no ambiente ( $Fe^{3+}$ ) para sua forma mais solúvel ( $Fe^{2+}$ ), fato também observado por Batista et al. (2013).

O Fe solubilizado na água é remobilizado, seguindo o fluxo de base e enriquecendo áreas vertente abaixo (FIGURA 85). A oscilação sazonal frequente do nível de base na área de murundus gerou alterações no balanço das reações redox, favorecendo as de redução quando saturado e as de oxidação quando seco.

**Figura 85** - Dinâmica hidrogeomorfológica de vertente inserida no Parque Nacional da Serra da Canastra. Incorporação da água advinda de precipitações (A); Infiltração (B); Fluxo de base (C).



**Fonte:** Autor.

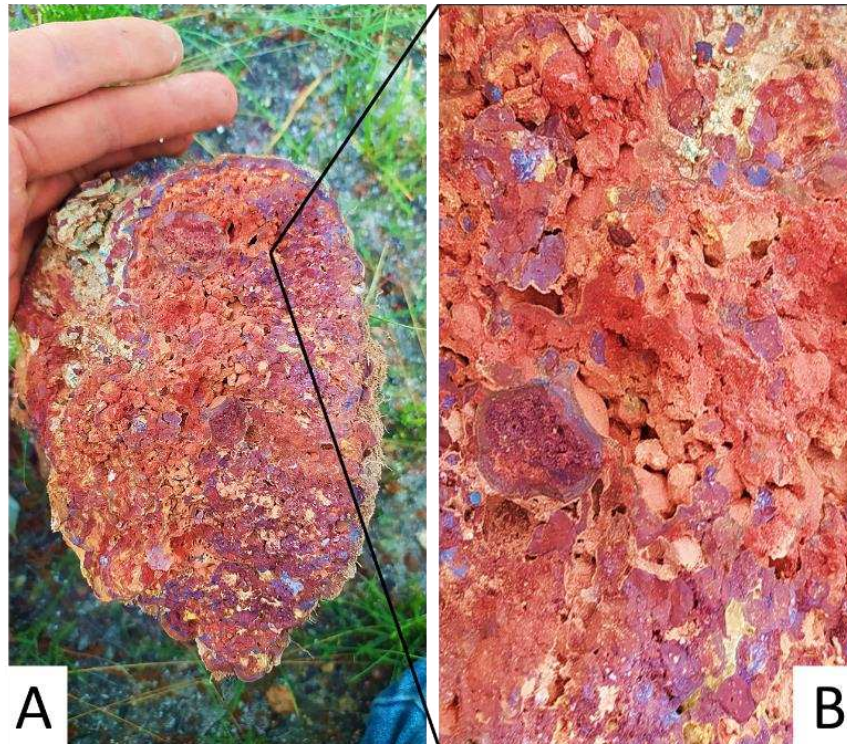
Esta dinâmica reverberou em processos pedogenéticos no solo entre os murundus, remobilizando o Fe de maneira a agrupá-lo, produzindo mosqueados visualizados na forma de concreções ferruginosas, exibindo plintitas e petroplintitas, sendo possível observar em locais entre a transição da área de murundus e o ambiente vertente abaixo a formação de crostas lateríticas (FIGURA 86 BC).

As crostas formam-se pela aglutinação de materiais de diferentes calibres do solo através da cimentação por Fe (COSTA, 2007; HERRERA, 2019). Com o passar do tempo, no processo de cimentação das partículas formam-se agregados cada vez maiores, onde os clastos tornam-se cascalhos, e os cascalhos transformam-se em grandes lages cimentadas (FIGURA 86)

Em certos pontos há o afloramento das crostas, indicando que foram exumadas por processos de erosão, com a remoção do material que as recobria. Estas crostas formam lages extensas, cuja constituição mineral dificulta sua ação intempérica (BÜDEL, 1982), seja química ou física, consolidando-as como cinturões de proteção de áreas vertente acima contra a ação erosiva remontante (PENTEADO, 1978).



**Figura 86** - Processo de formação de grandes blocos de concreções ferruginosas. Grande bloco ferruginizado (A); Materiais de diferentes calibres cimentados em um grande bloco (B).



**Fonte:** Autor.

Fazendo fronteira abrupta com o campo de murundus, vertente abaixo outro geoambiente estrutura-se, o qual exhibe características de solo, vegetação e da pedofauna que se diferem do restante das áreas presentes vertente acima, expondo um contraste entre o ambiente de murundus e áreas vertente abaixo.

Partindo do relevo, a área exibiu inclinação média de 7,8%, a qual apresentou transição clara entre o microrelevo de murundus, não exibindo morrotes sobre a superfície. Neste ambiente, não foram encontrados vestígios da ação da pedofauna, incluindo as térmitas, as quais eram abundantes vertente acima.

A vegetação mostrou-se heterogênea, apresentando espécies de gramíneas e herbáceas, com alturas não superiores a 30 centímetros. As plantas se dispuseram sobre a superfície de maneira não aglomerada, refletindo em baixos valores de cobertura vegetal (40,61%), conferindo características de fitofisionomia de Campo limpo.

Classificado como Neossolo Regolítico Distrófico típico, o solo local apresentou-se pouco espesso, com profundidades médias inferiores a 30 centímetros, com material apresentando constituição predominantemente discordante da rocha do embasamento (Quartzítica).

Constitui-se de forma majoritária por cascalhos lateríticos, abundantes nos diâmetros entre 5 e 15 milímetros, sendo possível encontrar com frequência ferricretes de diâmetros médios de 20 centímetros espalhados pela área, envoltos em uma matriz fina de material arenoso.

A grosseira composição granulométrica do solo aliada à sua pequena profundidade provavelmente contribuiu para a baixa dispersão de espécies de animais da pedofauna no local, não apresentando substrato necessário às atividades básicas de uso das espécies, dificultando e/ou inviabilizando sua ocorrência.

Mesmo não apresentando notória quantidade de organismos da pedofauna, o ambiente em questão exibiu VIB muito alta, com valores médios 260,29% maiores que os apresentados no campo de murundus. A composição granulométrica grosseira do solo, com predomínio de seixos arredondados envoltos em material arenoso contribuiu para o incremento dos valores de infiltração.

Ao estruturarem-se ao longo do perfil, os seixos produziram espaços porosos, facilitando o movimento da água em subsuperfície. Durante a estação chuvosa da região (verão) em locais pontuais da vertente, onde processos de erosão removeram a camada de solo e revelaram a rocha quartzítica, tornou-se possível visualizar fluxos de base exfiltrando do solo sobre a rocha (FIGURA 87), fato ocorrente mesmo em dias não chuvosos, apontando alta mobilidade da água no solo.

**Figura 87** - Exfiltração de água no contato do solo e a rocha quartzítica.



**Fonte:** Autor.

A presença abrupta de solos rasos, exfiltração de água, dispersão de cascalhos sobre a superfície aliado a presença de áreas de rocha aflorante, indicam que o local se



comporta como ambiente segmentante da vertente. Possivelmente a erosão remontante atua sobre o local, sendo barrada pelo cinturão ferruginoso presente na própria área assim como no contato com o campo de murundus.

Não foram observados pontos de formação de plintitas na área, indicando que as concreções ferruginosas do local possivelmente foram produzidas em períodos pretéritos, sob ambientes geomorfológicamente diferentes, e/ou possivelmente são oriundas de processos erosivos. A presença predominante de material laterítico cascalhento pode indicar a remoção erosiva seletiva de materiais mais finos do local, restando materiais de maior diâmetro e de difícil arraste.

Vertente abaixo, de forma gradual ocorre nova transição do ambiente, havendo mudanças vegetativas assim como de composição do solo. Com declividade média de 8 %, desenvolve-se sobre a área uma vegetação de composição predominante de gramíneas, as quais dispersam-se sobre a superfície na forma de touceiras, com plantas herbáceas espalhadas de maneira pontual, as quais conferiram a este ambiente baixa cobertura vegetal (40,31%).

Apesar de receber a mesma classificação do solo do ambiente acima (Neossolo Regolítico Distrófico típico), suas características estruturais e de composição alteraram-se. Dotado de profundidades não superiores a 30 centímetros, constitui-se de forma abundante por cascalhos quartzíticos envoltos em uma matriz arenosa de grãos soltos, não sendo constatado estrutura aparente.

Este material sobrepõe a rocha quartzítica inalterada, porém, no contato entre o solo e a rocha clastos de quartzo associados a fragmentos de quartzito fortemente ferruginizados são encontrados, variando entre milimétricos a até 10 cm, havendo a aglutinação e cimentação dos materiais (FIGURA 88).

**Figura 88** - Cimentação de cascalhos de quartzito por Fe.



**Fonte:** Autor.

De forma semelhante ao ambiente vertente acima não foram encontrados vestígios claros da ação da pedofauna no local, de maneira a contribuir para a falta de estrutura do solo. Por apresentar entre os ambientes características similares de profundidade e de granulometria dos materiais, nota-se que se que estes atributos se tornam fatores de limitação para distribuição da vida no solo, principalmente de animais maiores (visíveis ao olho).

Mesmo sem estrutura, o solo local exibiu alta VIB (BERNARDO et al., 2006), entretanto, este ambiente revelou os menores valores de infiltração dentre todos pontos analisados, expondo a segunda maior perda de volumes de água escoada superficialmente (FIGURA 89). Entre o ambiente vertente acima e o em questão, houve um decréscimo de 92,49 % na VIB e um aumento nos volumes de água escoada superficialmente.

A baixa profundidade do solo associada aos menores valores de VIB e a posição na vertente, conduziram o solo local a ocorrência de processos pedogenéticos que se diferiram dos demais ambientes. A baixa espessura aliada a falta de estrutura gerou menor mobilidade da água do solo, saturando-o de forma mais rápida.

A posição no terço médio/inferior da vertente permite que o solo do local receba influência dos ambientes vertente acima, sendo acrescido pela água captada no próprio local assim como por volumes que escoam superficialmente e subsuperficialmente de áreas a montante.

Os fluxos oriundos dos ambientes acima são enriquecidos por minerais, tornando-se solução de água, a qual ao perpassar pelo solo do local alterou suas características. A baixa profundidade conferiu a este solo baixa capacidade de armazenamento de água, refletindo em oscilações frequentes em sua disponibilidade ao longo do tempo.

A oscilação gerou ambientes ocasionalmente saturados e insaturados por água, os quais influenciaram na ocorrência de reações redox. A cimentação das partículas do solo à cascalhos no contato entre o solo e a rocha remete a esta dinâmica, onde a água enriquecida por Fe vertente acima percolou a matriz do solo através do fluxo de base, incorporando Fe de maneira a aglutinar suas partículas de diferentes calibres ao longo dos ciclos de umedecimento e secagem dos materiais (FIGURA 89). Áreas próximas a rocha exibem estas formações visto que esta camada recebe maior influência do fluxo de base.

A cimentação pode contribuir para o fechamento de poros, uma vez que material é adicionado por entre as partículas do solo, de maneira a reduzir sua porosidade e por consequência reduzir as taxas infiltradas assim como a capacidade de armazenamento da água no perfil.

**Figura 89** - Processo pedogenético de formação de aglomerado ferruginoso concrecionário (Petroplintita). Aglomerado de partículas cimentado por Fe (A); Ciclos de cimentação (B).



**Fonte:** Autor.

Na porção inferior do relevo há um canal perene de água, o qual encaixa-se entre incisões erosivas presentes no solo e na rocha quartzítica. Esta área exibe uma delgada faixa ao longo do canal que reúne condições ambientais que se diferem das expressas vertente acima, respaldando em formas próprias de regulação do movimento de circulação da água.

Apresenta declividade média de 15,5%, com vegetação predominante de gramíneas, as quais exibiram formas de crescimento do tipo entouceiradas, havendo a distribuição pontual de plantas herbáceas de pequeno porte distribuídas ao longo das touceiras, formando um mix vegetativo que expôs ampla cobertura do solo. As touceiras apresentaram estruturas radiculares aflorantes, indicando que o ambiente possa estar sob regime de perda de materiais, sendo estes removidos através de processos erosivos atuantes.

O solo do local apresentou-se mais profundo quando comparado aos de áreas inseridas no terço médio da vertente, revelando em uma análise de seus horizontes que sua gênese provavelmente é oriunda da deposição de materiais, onde ciclos de agradação culminaram na formação de camadas que se diferiram entre si, com alterações granulométricas dos materiais, sendo classificado como Gleissolos Melânicos Ta Distróficos neofluvissólicos.

De maneira geral, seus horizontes constituem-se de materiais selecionados, havendo transição entre as camadas de forma abrupta. Granulometricamente há predominância da fração areia, sendo encontrados ao longo de seus horizontes delgadas linhas de cascalhos finos, abundantes nos diâmetros de 4 milímetros.

Encontrou-se a presença de raízes até horizontes mais profundos (140 cm), com maior distribuição em horizontes superficiais (0-20 cm). Não foram constatados vestígios da pedofauna no local, visto que não foram visualizados ao longo do perfil rede de dutos ou canais que poderiam contribuir com a estruturação do solo.

Os ensaios de infiltração relevaram para este ambiente altos valores de VIB, porém, muito abaixo dos valores exibidos em ambientes inseridos em porções mais altas da vertente. Com relação as perdas de água por escoamento superficial, foram constatados para os maiores volumes dentre todos pontos da vertente, com valores ligados a baixa cobertura vegetal, declividade, falta de estrutura do solo e a presença de uma fina camada hidrorrepelente sobre a superfície.

Por inserir-se na porção mais baixa da vertente, a local recebe influência dos fluxos de água oriundos da vertente acima, acumulando-a no fundo do vale. A proximidade com o canal também auxilia na manutenção da umidade do solo, contribuindo para sua saturação por períodos prolongados de tempo.

Por apresentar o nível de base atuante na maior parte do perfil por extensos períodos de tempo, a presença constante da água auxilia na redução da estrutura do solo, sendo constatado ao longo de suas camadas o predomínio da estruturação das partículas na forma maciça, não apresentando grandes poros.

A presença da água também contribui para a inibição da dispersão da pedofauna, não ofertando ambientes básicos para a ocorrência e desenvolvimento dos animais, de maneira a colaborar para não formação de bioporos no solo. Neste sentido, a própria presença da água evita a existência de agentes contribuintes para o melhoramento das condições de sua circulação no solo.

Além disso, a coloração voltada a matizes pretos/cinza-escuro remete a pigmentação das partículas de areia por matéria orgânica. A presença pouco variável do nível de base no perfil do solo favorece a ocorrência de reações de redução, as quais auxiliam na manutenção da matéria orgânica depositada pela vegetação, incorporando-a no solo ao longo do tempo.

A constituição granulométrica do solo também revela oscilações nos ciclos de erosão da vertente, havendo diferenciação granulométrica dos materiais depositados. Através da análise da matriz arenosa do solo local, infere-se que o mesmo é oriundo de materiais presentes até o terço médio da vertente, visto que áreas próximas ao divisor de águas exibem o predomínio da fração argila.



Dentre todos ambientes, a maior declividade foi expressa neste local. Por se tratar de uma área de fundo de vale com acúmulo de materiais, esperava-se valores de declividade menores, visto que a sedimentação acarretaria na formação de patamares menos íngremes.

Pressupõe-se que o clima mais recente possa estar contribuindo para remoção dos sedimentos depositados, podendo chuvas mais frequentes favorecer ao desenvolvimento de uma rede de drenagem mais pronunciada, com canal hídrico mais ativo, o qual tem maior potencial de incisão no terreno, contribuindo para extração dos materiais em sua proximidade, de maneira a rebaixar o nível de base local e gerar um maior gradiente erosivo remontante vertente acima.

Localizado em outra vertente, inserido em uma área abaixo de afloramentos rochosos, caracterizados pela presença de blocos de rocha quartzítica dispostos de forma caótica sobre a superfície, outro geoambiente desenvolve-se, o qual expressou características próprias que o diferiram de outras áreas.

Situado no terço superior da vertente, apresentando declividade média de 7,5% a área exibiu a presença de vegetação predominante de gramíneas, as quais dispersaram-se sobre a superfície de maneira entouceirada, próximas umas às outras, sendo compostas por perfilhos que exibiram folhas finas e cilíndricas, com diâmetros inferiores a 2 milímetros. Plantas herbáceas dispersaram-se por entre as touceiras, formando uma composição vegetativa de altura média de 20 centímetros, caracterizando uma fitofisionomia de campo limpo, a qual exibiu ampla cobertura do solo (94,55%).

O solo do local apresentou-se espesso, classificado como Espodossolo Humilúvico Órtico típico exibiu profundidades médias superiores a 1,51 metros, sendo constituído por uma matriz granulométrica arenosa. Há o predomínio da presença de areia fina, sendo possível encontrar em camadas mais profundas fragmentos de rocha fortemente intemperizados, enriquecidos por ferro similares a nódulos, com diâmetro variando de 3 a 10 mm.

A ação da pedofauna pôde ser observada através de bioporos, muito abundantes em camadas superficiais do solo até 80 centímetros de profundidade. A maior frequência de raízes também foi observada até profundidades semelhantes, indicando algum fator de restrição de dispersão em camadas abaixo.

Apesar de exibir o segundo menor valor de VIB dentre todos os pontos analisados, ainda sim expressou volumes de infiltração básica considerados como altos. Sob chuvas

intensas, apresentou volumes moderados de perdas de água escoada superficialmente quando comparado ao demais ambientes.

Os altos valores de infiltração respaldaram em alterações pedogenéticas no solo, as quais estão ligadas a presença da água no perfil, assim como em suas formas de movimento. A coloração do solo variou entre matizes predominantes acinzentados, os quais indicaram a pigmentação das partículas de areia por matéria orgânica.

Ao longo de seus horizontes constatou-se a eluviação da matéria orgânica, sendo removida de uma camada e depositada em outra abaixo. Na camada onde ocorreu a remoção da matéria orgânica alterações na coloração foram vistas, sendo as partículas de areia lavadas de maneira a apresentar matizes voltados ao branco.

A incorporação de material orgânico ao longo do perfil indica que o ambiente é de caráter redutor, o qual deve exibir-se saturado por água por períodos prolongados de tempo, visto que o contrário favoreceria a oxidação das partículas orgânicas. A mobilização da M.O entre as camadas do solo também indica a presença da água no perfil, a qual ao movimentar-se promove o deslocamento das partículas.

A ação da água também contribui para ocorrência de alterações na estrutura do solo, o qual exibiu ao longo de seus horizontes dois de tipos de estrutura, variando entre maciça e fraca, muito ligada a alta presença da fração areia e a ação da água no perfil, a qual movimenta as partículas do solo, de maneira a contribuir para remoção dos espaços entre os clastos.

Por situar-se no terço médio/alto da vertente, em uma área com declividade mais pronunciada, não se esperava observar este tipo de ambiente no local. Pressupõe-se que a presença necessária de grandes volumes de água para realizar as modificações pedogenéticas mencionadas é produto de volumes advindos de precipitações incorporadas no próprio local assim como do somatório do fluxo de base proveniente da vertente acima.

A presença de solos rasos entre afloramentos rochosos inseridos no ambiente acima comportou-se como uma grande área de captação de água da chuva, onde a pequena profundidade do solo não permite a armazenagem de grandes volumes de água, a qual é escoada superficialmente e subsuperficialmente na vertente até a área de análise, de maneira a ofertar os volumes necessários para ocorrência dos processos mencionados.

# CAPÍTULO VI



CONSIDERAÇÕES  
FINAIS

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através da análise conjunta dos pontos de investigação, verificou-se que as vertentes de estudos se comportaram como ambientes integrados, apresentando relações sistêmicas, dotadas de rotas de fluxos de matéria e energia, sendo condicionadas por elementos endógenos e exógenos do sistema.

Dentre os elementos geológicos, geomorfológicos, climáticos, pedológicos e biológicos, foi verificado a relevância da presença da água na vertente, em que, sua variação de disponibilidade conduziu a ocorrência de diferentes processos, estratificando a paisagem a partir de seu movimento, apresentando caráter conectivo, gerando e/ou ampliando a mobilidade dos demais componentes.

Foram averiguados em curtas distâncias variações abruptas nas características dos atributos das vertentes, definidas por diferentes classes de solo, fitofisionomias vegetativas, distribuição da pedofauna e declividades encontradas. Neste sentido, as vertentes expressaram ao longo de suas extensões áreas dotadas de atributos próprios, caracterizadas por ambientes singulares que regularam de distintas maneiras o movimento do componente hídrico.

Por sua vez, a presença da água também conduziu a gênese de transformações nos elementos da vertente, gerando processos de alteração de ordem física e química dos solos, influenciando na ocorrência e distribuição dos agentes biológicos e regulando ciclos derivados de sua sazonalidade.

Os diferentes ambientes alteraram o movimento da água, que por sua vez também conduziu a formação de processos de modificação dos elementos da vertente, constituindo-se como um ambiente dinâmico, com relações processuais ocorrentes de forma concomitante, com vias duplas de alteração.

No geral, apesar da ampla variação, todos ambientes analisados apresentaram baixos volumes escoados superficialmente e altas taxas de velocidade básica de infiltração, indicando aptidão na retenção da água, mesmo quando estes são submetidos por tempos prolongados a altos volumes de água.

Não foram identificados elementos isolados responsáveis pelas altas taxas infiltradas, sendo esta dinâmica contemplada pelo somatório dos atributos apresentados por cada ambiente. Entretanto, dentre todos elementos, a presença da pedofauna no solo consolidou-se como fator importante para o incremento da velocidade de infiltração.

Através dos diferentes hábitos de vida dos animais, modificações no solo foram visualizadas, constadas através de alterações em sua estrutura por meio da criação de bioporos, os quais se comportaram como canais preferenciais pouco segmentados para o movimento da água, auxiliando no incremento dos volumes infiltrados.

De forma contrária, alterações oriundas de queimadas reverberaram de forma negativa nos processos de retenção da água, onde a ação do fogo no consumo de partes estruturais, foliares e reprodutivas das plantas descaracterizou a vegetação, removendo a qualidade da proteção do solo assim como alterando suas relações edáficas.

Mesmo após dois anos, áreas de análise acometidas por incêndio ainda não se apresentaram completamente reestruturadas, indicando que os ambientes da serra demandam de tempo para completa recomposição, podendo queimadas consecutivas culminarem na gênese de alterações vegetativas definitivas, de maneira a selecionar espécies mais adaptadas.

Com relação a produção de dados, os dois métodos investigativos viabilizaram o levantamento de informações relevantes sobre a dinâmica hidrogeomorfológica das vertentes do chapadão, cada qual possibilitando a compreensão maneiras distintas as formas de movimento da água.

O uso do infiltrômetro de anéis permitiu analisar em todos os ambientes a demanda total de água necessária para o alcance da velocidade básica de infiltração, produzindo dados ligados aos atributos dos solos. Apesar de não revelar a VIB total de todos os ambientes, o infiltrômetro de aspersão viabilizou o levantamento de dados oriundos de uma dinâmica mais próxima à natural, de maneira a englobar mais agentes capazes de reverberar no movimento da água.

Comparando o uso dos equipamentos em campo, o infiltrômetro de aspersão apresentou utilização mais complexa que o infiltrômetro de anéis, demandando de mais equipamentos, processos, tempo e volumes de água para completo funcionamento, consolidando-se como ótima ferramenta para produção de dados primários, entretanto, de uso mais laborioso. Neste sentido, os dois métodos se mostraram complementares, cada qual expondo suas vantagens e desvantagens de uso.

Por fim, não se torna sensato afirmar que o comportamento hidrogeomorfológico encontrado nas geocoberturas de análise possa ser extrapolado além das vertentes de seu estudo, ou seja, para toda área do chapadão do diamante. Entretanto, a produção do conhecimento aqui gerado poderá contribuir para o embasamento de discussões e pesquisas, podendo auxiliar no implemento de futuras medidas de manejo.



# REFERÊNCIAS





## 7 REFERÊNCIAS

- AB'SÁBER, A. N. **Um Conceito de Geomorfologia a Serviço das Pesquisas sobre o Quaternário**. São Paulo, Geomorfologia, n. 18. 1969.
- AB'SÁBER, A. N. **A Organização natural das paisagens inter e subtropicais brasileiras**. In: SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO, 3., 1971, São Paulo. Anais... São Paulo: Edgard Blücher/Edusp, 1971. p. 1-14. Revista do Instituto Geológico, v. 21, n. 1-2, p. 57-70, 2000.
- AB'SÁBER, A. N. A. **Organização natural das paisagens inter e subtropicais brasileiras**. **Universidade de São Paulo, Instituto de Geografia**, v. 41, p. 39, 1973.
- AB'SÁBER, A. N. **Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas**. [s.l.] Ateliê Editorial, 2003.
- AB'SABER, A. N. **Províncias geológicas e domínios morfoclimáticos no Brasil**. **Geomorfologia**, v. 20, p. 1–26, 1970.
- ABUDI, I.; CARMÍ, G.; BERLINER, P. **Rainfall simulator for field runoff studies**. **Journal of Hydrology**, v. 454–455, p. 76–81, 6 ago. 2012.
- ADAMS, J. E. **A rainfall simulator and the erodibility of some Iowa soils**. Ames: [s.n.], 1956.
- AGUIAR, M. **Soil physical quality in agroforestry systems**. 2008. 89 f. Dissertação (Mestrado em Fertilidade do solo e nutrição de plantas; Gênese, Morfologia e Classificação, Mineralogia, Química.) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2008.
- ALHO, C. J. R.; PÁDUA, L. F. M. **Sincronia entre o regime de vazante do rio e o comportamento de nidificação da tartaruga da Amazônia Podocnemis expansa (Testudinata: Pelomedusidae)**. **Acta Amazonica**, v. 12, n. 2, p. 323–326, jun. 1982.
- ALLISON, F. E. **SOIL AGGREGATION—SOME FACTS AND FALLACIES AS SEEN BY A MICROBIOLOGIST**. **Soil Science**, v. 106, n. 2, p. 136–143, ago. 1968.
- ALMEIDA, C.; AMORIM, R.; COUTO, E.; ELTZ, F.; BORGES, L. **Potencial erosivo da chuva de Cuiabá, MT: distribuição e correlação com a precipitação pluviométrica**. **Gestão e Controle Ambiental. Rev. bras. eng. agríc. ambient.** 15 (2), Fev 2011. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662011000200011>
- ALMEIDA, J.; ALVES, S.; WALDER, J. **Tamanho da área de forrageamento do cupim subterrâneo Heterotermes tenuis (ISOPTERA; RHINOTERMITIDAE) EM CANA-DE-AÇÚCAR**. **Scientia Agricola, [S. l.]**, v. 56, n. 2, p. 313–316, 1999. DOI: 10.1590/S0103-90161999000200009.
- 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 SOBRINHO, T.; GÓMEZ-MACPHERSON, H.; GÓMEZ, J. A. **A portable integrated rainfall and overland flow simulator**. **Soil Use and Management**, v. 24, n. 2, p. 163–170, jun. 2008.
- ALVES, F. I. V.; LIMA, A. R. V.; FIALHO, J. S. **FAUNA EDÁFICA EM AGROECOSSISTEMA SEMIÁRIDO COM 17 ANOS DE POUSSO**. **Enciclopédia Biosfera**, v. 13, n. 24, p. 1226–1239, 6 dez. 2016.

ALVES, M. C.; SUZUKI, L. G. A. S.; SUZUKI, L. E. A. S. 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**, v. 31, n. 4, p. 617–625, ago. 2007.

AMORIM, M.A.F.; AUGUSTIN, C.H.R.R.; MESSIAS, R.M. Dinâmica De Vertente: Evidências A Partir Da Caracterização Das Coberturas Superficiais - Gouveia - Serra Do Espinhaço Meridional - MG. **Revista Geonorte**, Edição Especial 4, v.10, n.1, p.65-71, 2014.

AMORIM, R. S. S.; SILVA, D. D. DA; PRUSKI, F. F.; MATOS, A. T. DE. Influência da declividade do solo e da energia cinética de chuvas simuladas no processo de erosão entre sulcos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 5, n. 1, p. 124–130, abr. 2001.

ANACLETO, T. C. S.; MARINHO-FILHO, J. Hábito alimentar do tatu-canastra (*Xenarthra*, Dasypodidae) em uma área de cerrado do Brasil Central. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 18, n. 3, p. 681–688, set. 2001.

ANDRADE, R. DA S.; STONE, L. F. Índice S como indicador da qualidade física de solos do cerrado brasileiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 13, n. 4, p. 382–388, ago. 2009.

ANTONELI, V.; CAROLINE DE PAULA, E.; ANÉSIO BEDNARZ, J.; RODRIGO-COMINO, J.; CERDÀ, A.; PULIDO, M. Soil and water losses along the cultivation cycle of onion in Irati, Brazil. **CATENA**, v. 204, p. 105439, set. 2021.

ANTUNES, P; FIGUEIREDO; SILVA ; KONDO,; NETO; FIGUEIREDO,. CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DE MICRO-RELEVO DE MONTÍCULOS “MURUNDUS” NA REGIÃO DE JANAÚBA NO NORTE DE MINAS GERAIS. **Geonomos**, [S. l.], 2012. DOI: 10.18285/geonomos.v20i1.30.

AQUINO, A. M. DE; CORREIA, M. E. F. Invertebrados edáficos e o seu papel nos processos do solo. **Embrapa Agrobiologia. Embrapa Agrobiologia. Documentos**, 201, p. 2005, 2005.

AQUINO, A. Manual para macrofauna do solo. **Embrapa Documentos 130, Seropédica: Embrapa Agrobiologia**, 2001.

ARAÚJO RICARDO SILVA; HUNGRIA MARIANGELA CUNHA DA. **Microrganismos de importância agrícola**. Brasília: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão: Centro Nacional de Pesquisa de Soja., 1994.

ARTUR, G; OLIVEIRA, P; COSTA, G; ROMERO, E; SILVA, C; FERREIRA, O. Variabilidade espacial dos atributos químicos do solo, associada ao microrrelevo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 18(2), 141–149, 2014. doi:10.1590/s1415-43662014000200003

ASSOULINE, S. Drop size distributions and kinetic energy rates in variable intensity rainfall. **Water Resources Research**, v. 45, n. 11, nov. 2009.

ATLAS, D.; ULBRICH, C. W.; MARKS, F. D.; AMITAI, E.; WILLIAMS, C. R. Systematic variation of drop size and radar-rainfall relations. **Journal of Geophysical Research: Atmospheres**, v. 104, n. D6, p. 6155–6169, 27 mar. 1999.

AUBERT, M. *et al.* Earliest hunting scene in prehistoric art. **Nature**, v. 576, n. 7787, p. 442–445, 19 dez. 2019.

AZEVEDO COUTINHO, M.; PEREIRA TOMÁS, P. Characterization of raindrop size distributions at the Vale Formoso Experimental Erosion Center. **CATENA**, v. 25, n. 1–4, p. 187–197, jun. 1995.

BACHELIER G. LA VIE ANIMALE DANS LES SOLS. **Maître de recherches à l'orstom. PARIS.**, 1963.

BARBOSA JOÃO MARCELO COSTA; PINTO MARCUS RODRIGUES; CASTRO MARCO AURÉLIO HOLANDA DE. **Erosão e Assoreamento em Reservatórios**XII Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste. **Anais...**Natal, RN: 2014.

BARENBLATT, G. I.; ZHELTOV, I. P.; KOCHINA, I. N. Basic concepts in the theory of seepage of homogeneous liquids in fissured rocks. **PMM**, v. 24, n. 5, p. 852–864, 1960.

BARRETTO, A. G. DE O. P.; LINO, J. S.; SPAROVEK, G. Bibliometria da pesquisa brasileira em erosão acelerada do solo: instituições, temas, espaço e cronologia. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, n. 6, p. 1845–1854, dez. 2009.

BARROS, L. DA S.; VALE JR., J. F. DO; SCHAEFER, C. E. G. R.; MOURÃO JÚNIOR, M. Perdas de solo e água em plantio de *Acacia mangium wild* e savana em Roraima, norte da Amazônia. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, n. 2, p. 447–454, abr. 2009.

BASTET, G.; BRUAND A.; QUETIN, P.; COUSIN, SABELLE. Estimation des propriétés de rétention en eau des sols à l'aide de fonctions de pédotransfert (FPT): Une analyse bibliographique. **Étude et Gestion des Sols**, v. 5, n. 1, p. 1–25, 1998.

BATISTA, G, M, M; CORRÊA, R, S; SANTOS, P, F. Campos de Murundus da fazenda água limpa da UNB: hipótese de origem. **Revista do Ceam**. V.2, N.1, p. 47-60. 2013.

BATTANY, M. C.; GRISMER, M. E. Development of a portable field rainfall simulator for use in hillside vineyard runoff and erosion studies. **Hydrological Processes**, v. 14, n. 6, p. 1119–1129, 30 abr. 2000.

BAYER, T.; CABEZAS-GUERRERO, M. F.; GADANHA JUNIOR, C. D.; LOECK, A. E. Systems and rates of aerial application of fungicides in irrigated rice. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 22, n. 2, p. 143–147, fev. 2018.

BAZZANO, M. G. P.; ELTZ, F. L. F.; CASSOL, E. A. Erosividade e características hidrológicas das chuvas de Rio Grande (RS). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, n. 1, p. 235–244, fev. 2010.

BEARD, K. V. Terminal Velocity and Shape of Cloud and Precipitation Drops Aloft. **Journal of the Atmospheric Sciences**, v. 33, n. 5, p. 851–864, maio 1976.

BEARE, M. H.; COLEMAN, D. C.; CROSSLEY, D. A.; HENDRIX, P. F.; ODUM, E. P. A hierarchical approach to evaluating the significance of soil biodiversity to biogeochemical cycling. **Plant and Soil**, v. 170, n. 1, p. 5–22, mar. 1995.

BERRYMAN, J. G.; WANG, H. F. Elastic wave propagation and attenuation in a double-porosity dual-permeability medium. **International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences**, v. 37, n. 1–2, p. 63–78, jan. 2000.

BERTOL, I.; BERTOL, C.; BARBOSA, F. T. Simulador de chuva tipo empuxo com braços movidos hidráulicamente: fabricação e calibração. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, n. 6, p. 1905–1910, dez. 2012.

BERTONI JOSÉ; LOMBARDI NETO FRANCISCO. **Conservação do solo**. 6. ed. São Paulo: Ícone, 2008.

- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. São Paulo: Ícone, 1990.
- BERTRAND, G. Paisagem e geografia física global. Esboço metodológico. **Editora UFPR. Curitiba**, v. 8, p. 141–152, 2004.
- BERTRAND, G. Paysage et géographie physique globale: esquisse méthodologique. **Revue géographique des Pyrénées et sud-ouest**, v. 39, n. 3, p. 249–272, 1968.
- BESKOW, S.; MELLO, C. R. DE; COELHO, G.; SILVA, A. M. DA; VIOLA, M. R. Estimativa do escoamento superficial em uma bacia hidrográfica com base em modelagem dinâmica e distribuída. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, n. 1, p. 169–178, fev. 2009.
- 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.
- BHARDWAJ, A.; SINGH, R. Development of a portable rainfall simulator infiltrometer for infiltration, runoff and erosion studies. **Agricultural Water Management**, v. 22, n. 3, p. 235–248, nov. 1992.
- BLANQUIES, J.; SCHARFF, M.; HALLOCK, B. **The design and construction of a rainfall simulator** 34th Annual conference and Expo. **Anais...Las Vegas, Nevada: 2003**.
- BONFIM-SILVA, E. M. et al. Establishment of Xaraés and Marandu grasses under levels of soil compaction. *Revista Engenharia Agrícola, Jaboticabal*, v. 32, n. 4, p. 727-735, 2012.
- BOWYER-BOWER, T. A. S.; BURT, T. P. Rainfall simulators for investigating soil response to rainfall. **Soil Technology**, v. 2, n. 1, p. 1–16, mar. 1989.
- BRADY NYLE C. **Natureza e propriedades dos solos**. 5. ed. São Paulo: F. Bastos, 1979.
- BRAGA, A. C. R. **Uso do hábitat da corujinha-do-mato *Megascops choliba* e da coruja-buraqueira *Athene cunicularia* (Strigiformes: Strigidae) em remanescentes de cerrado da região central do Estado de São Paulo**. São Paulo, 2006. 10.11606/D.41.2006.tde-28032008-112111
- 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, n. 17, 2010.
- BRAKENSIEK, D. L.; RAWLS, W. J. Soil containing rock fragments: effects on infiltration. **CATENA**, v. 23, n. 1–2, p. 99–110, set. 1994.
- BRANDÃO, E. D.; SILVA, I. DE F. DA. Formação e estabilização de agregados pelo sistema radicular de braquiária em um Nitossolo Vermelho. **Ciência Rural**, v. 42, n. 7, p. 1193–1199, jul. 2012.
- BRANDÃO, V. S.; PRUSKI, F. P.; SILVA, D. D. Infiltração da água no solo. 3.ed. Viçosa: UFV, 2009. 120p.
- BRITO, L. T. L.; LOUREIRO, B. T.; DENICULI, W.; RAMOS, M. M.; SOARES, J. M. Influência do método na determinação da velocidade de infiltração. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 20, p. 503–507, 1966.

- BRITTO, M.; BAPTISTA, G. M. DE M.; LIMA, E. A. DE. O estudo dos componentes do ciclo hidrológico desde métodos tradicionais até o uso de sensoriamento remoto: uma revisão. **Paranoá: cadernos de arquitetura e urbanismo**, n. 23, p. 127–146, 9 jul. 2019.
- BRUAND, A.; HARTMANN, C.; LESTURGEZ, G. **Physical properties of tropical sandy soils: A large range of behaviours** SYMPOSIUM INTERNATIONAL ON THE MANAGEMENT OF TROPICAL SANDY SOILS FOR SUSTAINABLE AGRICULTURE: A holistic approach for sustainable development of problem soils in the tropics. **Anais...Khon Kaen: Proceedings. Khon Kaen, FAO, 2005.**
- BRUAND, A.; TESSIER, D. Water retention properties of the clay in soils developed on clayey sediments: significance of parent material and soil history. **European Journal of Soil Science**, v. 51, n. 4, p. 679–688, dez. 2000.
- BRUNI, J. C. A água e a vida. **Tempo Social**, v. 5, n. 1–2, p. 53–65, dez. 1993.
- BRUYN, L. DE; CONACHER, A. The role of termites and ants in soil modification - a review. **Soil Research**, v. 28, n. 1, p. 55, 1990.
- BÜDEL, J. Climatic geomorphology. Princeton: Princeton University Press, 1982.
- CALUX, J.; THOMAZ, E. L. INTERCEPTAÇÃO E PRECIPITAÇÃO INTERNA: COMPARAÇÃO ENTRE FLORESTA OMBRÓFILA MISTA E *Pinus elliottii* var. *elliotti*? **Geoambiente On-line**, n. 19, p. 01, 3 jan. 2013.
- CAMPBELL, G.S. Soil Physics with BASIC. Elsevier, 1985.
- CANCELLO, E.M. **Revisão de Cornitermes Wasmann (Isoptera, Termitidae, Nasutitermitinae)**. 1989. 151f. Tese (Doutorado em Zoologia) - Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, SP, 1989.
- CARDOSO, E. J. B. N.; VASCONCELLOS, R. L. F.; BINI, D.; MIYAUCHI, M. Y. H.; SANTOS, C. A. DOS; ALVES, P. R. L.; PAULA, A. M. DE; NAKATANI, A. S.; PEREIRA, J. DE M.; NOGUEIRA, M. A. Soil health: looking for suitable indicators. What should be considered to assess the effects of use and management on soil health? **Scientia Agricola**, v. 70, n. 4, p. 274–289, ago. 2013.
- CARPENTER, C. C. The Bullsnake as an Excavator. **Journal of Herpetology**, v. 16, n. 4, p. 394, dez. 1982.
- CARVALHO, F.; CONFESSOR, J. G.; RODRIGUES, S. C. Utilização de simulador de chuvas para determinação do valor CN e abstração inicial na cultura do café em ambiente de cerrado brasileiro. *Physis Terrae - Revista Ibero-Afro-Americana de Geografia Física e Ambiente*, v. 2, n. 2, p. 101–126, 2021. DOI: <https://doi.org/10.21814/physisterrae.3083>
- CASSETI, V. **Estudo dos efeitos morfodinâmicos pluviais no planalto de Goiânia (uma análise quantitativa de resultados experimentais)**. São Paulo: [s.n.].
- CASSOL, E. A.; FOLETTO ELTZ, F. L.; MARTINS, D.; MINOSSI DE LEMOSS, A.; SILVA DE LIMA, V.; CAMARA BUENO, A. Erosividade, padrões hidrológicos, período de retorno e probabilidade de ocorrência das chuvas em São Borja, RS. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 3, p. 1239–1251, 2008.
- CASTRO JÚNIOR, Prudencio Rodrigues de. **Dinâmica da água em campos de murundus do Planalto dos Parecis**. 2002. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

CENTENO, L.; GUEVARA, M.; CECCONELLO, S.; SOUSA, R.; TIMM, L. Textura do Solo: Conceitos e Aplicações em Solos Arenosos. *Revista Brasileira de Engenharia e Sustentabilidade*, v.4, n.1, p. 31-37, jul. 2017.

CERDÀ ARTEMI. Simuladores de lluvia y su aplicación a la Geomorfología. **Cuadernos de investigación geográfica / Geographical Research Letters**, v. 25, p. 45–84, 1999.

CERDÁ, A. Rainfall drop size distribution in the Western Mediterranean basin, València, Spain. **CATENA**, v. 30, n. 2–3, p. 169–182, ago. 1997.

CHAPLIN, M. Water: its importance to life. **Biochemistry and Molecular Biology Education**, v. 29, n. 2, p. 54–59, mar. 2001.

CHENG, J. D. Streamflow changes after clear-cut logging of a pine beetle-infested watershed in southern British Columbia, Canada. **Water Resources Research**, v. 25, n. 3, p. 449–456, mar. 1989.

CHOW, T.; MAIDMENT, D. R.; MAYS, L. W. **Applied Hydrology**, . New York: McGraw-Hill, 1988.

CHRISTIANSEN, J.P. **Irrigation by sprinkling**. Berkeley: University of California, Agricultural Experiment Station, Bulletin n. 670, 124p., 1942.

CLARKE, M. A.; WALSH, R. P. D. A portable rainfall simulator for field assessment of splash and slopewash in remote locations. **Earth Surface Processes and Landforms**, v. 32, n. 13, p. 2052–2069, nov. 2007.

CLIFF HUPP. The role of biota in geomorphology. *In: Ecogeomorphology*. San Diego: Academic Press, 2013. v. 12p. 94–106.

COELHO NETTO, A. L. Hidrologia de encosta na interface com a Geomorfologia. *In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. DA (Eds.). . Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1994. p. 93–122.

COELHO, R. D.; MIRANDA, J. H. DE; DUARTE, S. N. Infiltração da água no solo: parte I infiltrômetro de anéis versus infiltrômetro de aspersores. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 4, n. 2, p. 137–141, 2000. doi:10.1590/s1415-43662000000200001

COLÂNGELO, A. C. Modelo de Feições Mínimas ou das Unidades Elementares do Relevo: um suporte cartográfico para mapeamentos geocológicos. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 10, p. 29–40, 1996.

CONFESSOR, J. E. G.; RODRIGUES, S. C. Método para calibração, validação e utilização de simuladores de chuvas aplicados a estudos hidrogeomorfológicos em parcelas de erosão. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 19, n. 1, p. 221–229, 1 jan. 2018. <https://doi.org/10.20502/rbg.v19i1.1294>

CONFESSOR, J. G. **Avaliação de processos erosivos hídricos em diferentes usos agrícolas, utilizando simulador de chuvas no ambiente de Cerrado**. Dissertação (Mestrado), Uberlândia, 2019. <http://lattes.cnpq.br/9574187510029790>

CONFESSOR, J. G.; CARVALHO, F.; RODRIGUES, S. C. Desenvolvimento, calibração e validação de um simulador de chuvas aplicado a estudos hidrogeomorfológicos. **GEOGRAFIA (Londrina)**, v. 31, n. 2, p. 233, 2022. DOI: <https://doi.org/10.5433/2447-1747.2022v31n2p233>



CONFESSOR, J. G.; SILVA, L. L.; ARAÚJO, P. M. S. Avaliação das Perdas de Água e Solo em Pastagem Inserida em Ambiente de Cerrado Brasileiro sob Chuva Simulada. **Sociedade & natureza**, v. 34, n. 1, 2022. DOI: <https://doi.org/10.14393/sn-v34-2022-65618>

CONFESSOR, J. G.; SILVA, L. L.; RODRIGUES, S. C. Construction of a mobile rain simulator as a tool for the dissemination of geomorphological education and preservation of environments. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 22, n. 4, p. 1001–1009, 2021. <https://doi.org/10.5902/2236499468972>

CONFESSOR, J.; SILVA, L.; BERARDES, M.. Utilização de um simulador de chuvas móvel como ferramenta para promoção da educação ambiental de solos em diferentes níveis de ensino escolar. v. 26, **Geografia Ensino & Pesquisa**, 2022. <https://doi.org/10.5902/2236499468972>

CORREIA, M. E. F.; OLIVEIRA, L. C. M. Importância da fauna para a ciclagem de nutrientes. In: AQUINO, A. M. DE; ASSIS, R. L. (Eds.). **Processos biológicos no sistema solo-planta: ferramentas para a agricultura sustentável**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2005. p. 77–99.

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.

COSTA, É. L. D.; SILVA, A. M. D.; COLOMBO, A.; ABREU, A. R. D. INFILTRAÇÃO DE ÁGUA EM SOLO, DETERMINADA POR SIMULADOR DE CHUVAS E PELO MÉTODO DOS ANÉIS. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 3, n. 2, p. 131–134, 1999.

COSTA, É.; SILVA, A.; COLOMBO, A.; ABREU, A.; INFILTRAÇÃO DE ÁGUA EM SOLO, Determinada por simulador de chuvas e pelo método dos anéis. **Relações água-solo-planta-atmosfera**, **Rev. bras. eng. agríc. ambient.** 3 (2), May-Aug 1999. DOI <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v3n2p131-134>

COSTA, M. C. **Caracterização hidráulica de dois modelos de microaspersores associados a**

COSTA, M.L. da. Introdução ao intemperismo laterítico e à laterização. In: LICHT, O. A. B.; MELLO, C. S. B. de; SILVA, C. R. da (EDS). **Prospecção geoquímica: depósitos minerais metálicos, não metálicos, óleo e gás**. Rio de Janeiro: SBGq; CPRM. p. 199-244, 2007.

COSTA, Y.; RODRIGUES, S.. Relação entre cobertura vegetal e erosão em parcelas representativas de cerrado. **Revista geográfica academica**, 2015.

CUNHA JORGE LUIZ XAVIER LINS; ALBUQUERQUE ABEL WASHINGTON; SILVA CÍCERO ALEXANDRE; ARAÚJO ELIENE DE; JUNIOR RONALDO BERNARDINO DOS SANTOS. Velocidade de infiltração da água em um latossolo amarelo submetido ao sistema de manejo plantio direto. **Revista Caatinga**, v. 22, n. 1, p. 199–205, 2009.

CUNHA, J. E.; NÓBREGA, M. T. DE; CASTRO, S. S. DE. Infiltração da água no solo no sistema pedológico Campus do Arenito, cidade gaúcha, noroeste do estado do Paraná. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 5, p. 1837–1848, out. 2008.

- CUNHA, J. P. A. R. DA; TEIXEIRA, M. M.; VIEIRA, R. F. Avaliação de pontas de pulverização hidráulicas na aplicação de fungicida em feijoeiro. **Ciência Rural**, v. 35, n. 5, p. 1069–1074, out. 2005.
- CUNHA, J. P. A. R. DA; TEIXEIRA, M. M.; VIEIRA, R. F.; FERNANDES, H. C.; COURY, J. R. Espectro de gotas de bicos de pulverização hidráulicos de jato plano e de jato cônico vazio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n. 10, p. 977–985, out. 2004.
- CUNHA, M. A. **Ocupação de Encostas**. São Paulo: IPT, 1991.
- DADKHAH, M.; GIFFORD, G. F. INFLUENCE OF VEGETATION, ROCK COVER, AND TRAMPLING ON INFILTRATION RATES AND SEDIMENT PRODUCTION. **Journal of the American Water Resources Association**, v. 16, n. 6, p. 979–986, dez. 1980.
- DANGERFIELD, J.M. et al. The mound-building termite *Macrotermes michaelseni* as an ecosystem engineer. *Journal of Tropical Ecology*, v.14, p.507-520, 1998.
- DARWIN, C. **The Formation of Vegetable Mould Through the Action of Worms with Some Observations on Their Habits**. London: John Murray, 1891.
- DE OLIVEIRA-FILHO, Ary Teixeira. Floodplain ‘murundus’ of Central Brazil: evidence for the termite-origin hypothesis. **Journal of Tropical Ecology**, [S. l.], v. 8, n. 01, p. 1–19, 1992. DOI: 10.1017/S0266467400006027.
- DE SOUZA, H. J.; DELABIE, J. H. C. ‘Murundus’ structures in the semi-arid region of Brazil: testing their geographical congruence with mound-building termites (Blattodea: Termitoidea: Termitidae). **Annales de la Societe entomologique de France. Societe entomologique de France**, v. 52, n. 6, p. 369–385, 2016.
- DEACON, R. M. J. Digging and marble burying in mice: simple methods for in vivo identification of biological impacts. **Nature Protocols**, v. 1, n. 1, p. 122–124, 27 jun. 2006.
- DEBANO, L. F. The role of fire and soil heating on water repellency in wildland environments: a review. **Journal of Hydrology**. v. 231–232, p. 195–206, 2000.
- DEBIASI, H. et al. **Produtividade de soja e milho após coberturas de inverno e descompactação mecânica do solo**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, DF, v. 45, n. 6, p. 603-612, 2010.
- DEXTER, A. R.; CZYŻ, E. A.; RICHARD, G.; RESZKOWSKA, A. A user-friendly water retention function that takes account of the textural and structural pore spaces in soil. **Geoderma**, v. 143, n. 3–4, p. 243–253, fev. 2008.
- DIAS JUNIOR, M. S. Compactação do solo. *In*: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V. H.; SCHAEFER, C. E. (Eds.). **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa, MG: [s.n.]. v. 1p. 55–94.
- DUNKERLY, D. Rain event properties in nature and in rainfall simulation experiments: a comparative review with recommendations for increasingly systematic study and reporting. **Hydrological Processes**, 2008.
- DYLIK, J. Notion du versant en geomorphologie. **Bull. Acad.Pol. Sci. Série des Sc.Geol.Geogr**, v. 16, n. 2, p. 125–132, 1968.
- EASTON, Z. M.; BOCK, E. **Soil and Soil Water Relationships**. Virginia, 2002.

- EDDY, J.; HUMPHREYS, G. S.; HART, D. M.; MITCHELL, P. B.; FANNING, P. C. Vegetation arcs and litter dams: similarities and differences. *CATENA*, v. 37, n. 1–2, p. 57–73, set. 1999.
- ELDRIDGE, D. J.; COSTANTINIDES, C.; VINE, A. Short-Term Vegetation and Soil Responses to Mechanical Destruction of Rabbit (*Oryctolagus cuniculus* L.) Warrens in an Australian Box Woodland. *Restoration Ecology*, v. 14, n. 1, p. 50–59, mar. 2006.
- ELTZ, F.; CASSOL, E.; PASCOTINI, P. Potencial erosivo e características das chuvas de Encruzilhada do Sul, RS. Engenharia de Irrigação e Drenagem. *Rev. Bras. Eng. Agríc. Ambient.* 15 (4), 2011. Doi - <https://doi.org/10.1590/S1415-43662011000400001>
- EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro, RJ: revista e atualizada, Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1997.
- ESTEVES MICHEL; PLANCHON OLIVIER; LAPETITE JEAN MARC; SILVERA NORBERT; CADET PATRICE. The 'emire' large rainfall simulator: design and field testing. *Earth Surface Processes and Landforms*, v. 25, p. 681–690, 2000.
- FAGUNDES ELIANE APARECIDA ANTUNES; KOETZ MARCIO; RUDEL NORMAN; SANTOS TANIA SILVEIRA DOS; PORTO REBECA. Determinação da infiltração e velocidade de infiltração de água pelo método de infiltrômetro de anel em solo de cerrado no município de Rondonópolis-MT. *ENCICLOPÉDIA BIOSFERA*, v. 8, n. 14, p. 369–378, 2012.
- FAGUNDES, E. A. A.; KOETZ, M.; RUDEL, N.; SANTOS, T. D.; PORTO, R. Determinação da infiltração e velocidade de infiltração de água pelo método de infiltrômetro de anel em solo de cerrado no município de Rondonópolis-MT. *Revista Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer-Goiânia*, v. 8, n. 14, p. 369, 2012.
- FARIAS, W. M. **Processos evolutivos de intemperismo químico e sua ação no comportamento hidromecânico de solos do Planalto Central**. Brasília, 2012.
- FERREIRA JUNIOR, A. Análise temporal de campos de murundus e dinâmica da comunidade lenhosa na bacia do ribeirão Ariranha, sudoeste goiano. 2019. 65 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal de Goiás, Jataí, 2019.
- FERREIRA, E; MARTINS, Vanessa; INDA JUNIOR, Alberto Vasconcellos; GIASSON, Elvio; NASCIMENTO, Paulo César Do. Ação dos térmitas no solo. *Ciência Rural*, [S. l.], v. 41, n. 5, p. 804–811, 2011. DOI: 10.1590/S0103-84782011005000044.
- FERREIRA, M. M. D. E. S. **Avaliação da qualidade da água subterrânea para consumo humano na bacia do Rio São Bartolomeu: o caso dos poços tubulares profundos do Setor Habitacional Jardim Botânico, Distrito Federal**, 2010.
- FILIZOLA, H. F.; ALMEIDA FILHO, G. DE; CANIL, K.; SOUZA, M. D. DE; GOMES MARCO ANTÔNIO. **Controle dos processos erosivos lineares, ravina e voçorocas, em área de solos arenosos**. Jaguariúna, 2011.
- FINK, W. I.; FINK, S. V. A Amazônia Central e seus peixes. *Acta Amazonica*, v. 8, n. 4 suppl 1, p. 19–42, dez. 1978.
- FLÁVIO ALVES DE SOUSA. **A contribuição dos solos originados sobre granitos e rochas alcalinas na condutividade hidráulica, na recarga do lençol freático e na suscetibilidade erosiva: um estudo de caso na alta bacia hidrográfica do Rio dos Bois em Iporá-GO**. 2013. Uberlândia: [s.n.].

- FRAGOSO, C.; LAVELLE, P. Earthworm communities of tropical rain forests. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 24, n. 12, p. 1397–1408, dez. 1992.
- G. B. PAIGE; J. J. STONE; J. R. SMITH; J. R. KENNEDY. THE WALNUT GULCH RAINFALL SIMULATOR: A COMPUTER-CONTROLLED VARIABLE INTENSITY RAINFALL SIMULATOR. **Applied Engineering in Agriculture**, v. 20, n. 1, p. 25–31, 2004.
- GARCÍA FELIPE FERNÁNDEZ. **Manual de climatología aplicada: clima, médio ambiente y planificación**. 1. ed. Madrid: síntesis S.A, 1995. v. 1
- GATIBONI, L. C.; SAGGIN, A.; BRUNETTO, G.; HORN, D.; FLORES, J. P. C.; RHEINHEIMER, D. DOS S.; KAMINSKI, J. Alterações nos atributos químicos de solo arenoso pela calagem superficial no sistema plantio direto consolidado. **Ciência Rural**, v. 33, n. 2, p. 283–290, abr. 2003.
- GHADIR, H.; PAYNE, D. The formation and characteristics of splash following raindrop impact on soil. **Journal of Soil Science**, v. 39, n. 4, p. 563–575, dez. 1988.
- GILLER, P. S. The diversity of soil communities, the poor man's tropical rainforest? **Biodiversity and Conservation**, v. 5, n. 2, p. 135–168, fev. 1996.
- GOLDONI, P.; BRESCOVIT, A. Aranhas de serapilheira da Serra do Itapeti. Capítulo: Aranhas de serapilheira da Serra do Itapeti. *In*: MORINI MARIA SANTINA DE CASTRO; MIRANDA VITOR FERNANDES OLIVEIRA DE (Eds.). **Serra do Itapeti - Aspectos Sociais, Históricos e Naturalísticos**. [s.l.] Canal 6 Editora, 2012.
- GOMES A; PALMIERI F; REITAS F; BARUQUI A; MOTA P; NAIME J; SANTANA D; MOTHCI E; BARUQUI M; SANTOS H; PÔTTER R. **Levantamento de reconhecimento de média intensidade dos solos e avaliação da aptidão agrícola das terras do Triângulo Mineiro**. Belo Horizonte, 1982.
- GOMES M. A. F.; PEREIRA, L. C. Avaliação da condutividade hidráulica em áreas de recargas do aquífero guarani-microbacia hidrográfica do córrego espriado. **Pesticidas: Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente. Embrapa Meio Ambiente**, v. 19, p. 65–72, 2009.
- GONÇALVES, F. L. T.; MASSAMBANI, O. Uma análise do coeficiente de remoção de poluentes em função do espectro de gotas de chuva em diferentes localidades no Brasil e Alemanha. **Química Nova**, v. 33, n. 5, p. 1027–1033, 2010.
- GOOD, S. P.; NOONE, D.; BOWEN, G. Hydrologic connectivity constrains partitioning of global terrestrial water fluxes. **Science**, v. 349, n. 6244, p. 175–177, 10 jul. 2015.
- GUERRA, A. J. T. Experimentos e monitoramentos em erosão dos solos. **Geography Department, University of Sao Paulo**, p. 32–37, 2005. <https://doi.org/10.7154/RDG.2005.0016.0003>
- 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, 1999.
- GUIMARÃES GUILHERME, F. A. et al. Man-made soil drainage alters the vegetation structure and woody species distribution in campo de murundus. **Acta scientiarum. Biological sciences**, v. 42, p. e49894, 2020.
- GUSTARD, A.; WESSELINK, A. J. Impact of land-use change on water resources: Balquhider catchments. **Journal of Hydrology**, v. 145, n. 3–4, p. 389–401, maio 1993.

- HAGY, D. **Porosidade e permeabilidade em amostras de rochas : estudo com alunos do ensino fundamental sobre reservatório subterrâneo**. Dissertação- Instituto de Geociências, Unicamp, 2009.
- HALL, M. J. A Critique of Methods of Simulating Rainfall. **Water Resources Research**, v. 6, n. 4, p. 1104–1114, ago. 1970.
- HARLEY, R.M. Introdução. In Flora of the Pico das Almas Chapada Diamantina - Bahia, Brazil (B.L. Stannard, ed.). **Royal Botanical Gardens**, Kew. p.43-78.1995.
- HARLEY, R. M. **Introdução** (S. B. L., Ed.) **Flora of the Pico Das Almas, Chapada Diamantina, Bahia, Brazil** Royal Botanic Gardens, , 1995.
- HARTEMINK, A. E.; ZHANG, Y.; BOCKHEIM, J. G.; CURI, N.; SILVA, S. H. G.; GRAUER-GRAY, J.; LOWE, D. J.; KRASILNIKOV, P. Soil horizon variation: A review. *In*: [s.l: s.n.]. p. 125–185.
- HE, Y.; et al. A modelling approach to evaluate the long-term effect of soil texture on spring wheat productivity under a rainfed condition. *Scientific reports*, v. 4, p. 1-12, 2014. <https://doi.org/10.1038/srep05736>
- HERRERA, I. L. I. E. **Geomorfologia, morfopedologia e mapeamento do regolito no norte do estado de Rondônia**. Tese (doutorado em geografia). Fundação Universidade Federal de Rondonia, Porto Velho, RO., 2019.
- HEYWOOD V. **Global biodiversity assesment**. 1. ed. England: Cambrid University press: United Nations Environment Programme, 1995.
- HIGNETT, C. T.; GUSLI, S.; CASS, A.; BESZ, W. An automated laboratory rainfall simulation system with controlled rainfall intensity, raindrop energy and soil drainage. **Soil Technology**, v. 8, n. 1, p. 31–42, jul. 1995.
- HILLEL, D. **Solo e água : fenômenos e princípios físicos**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1970.
- HILLEL, D.; *Introduction to soil physics*. Academic Press, 1982.
- HÖLLDOBLER, B.; WILSON, E. **The Superorganism: The Beauty, Elegance, and Strangeness of Insect Societies**. [s.l.] W. W. Norton & Company, 2009.
- HUDSON, N. Raindrop size distribution in hight intensity storms. **Rhodesian Journal of Agricultural Research**, v. 1, n. 1, p. 6–11, 1963.
- HUDSON, N.W. *Soil conservation*. 3. ed. New York, Cornell University Press, p.392, 1995.
- HUGGETT, R. J. Soil landscape systems: A model of soil genesis. **Geoderma**, v. 13, p. 1–22, 1975.
- IBDF – Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal. 1981. **Plano de Manejo. Parque Nacional da Serra da Canastra**. IBDF, Brasília. 96p.
- ISHIMATSU, A.; HISHIDA, Y.; TAKITA, T.; KANDA, T.; OIKAWA, S.; TAKEDA, T.; HUAT, K. K. Mudskippers store air in their burrows. **Nature**, v. 391, n. 6664, p. 237–238, jan. 1998.
- J. B. HUMPHRY; T. C. DANIEL; D. R. EDWARDS; A. N. SHARPLEY. A PORTABLE RAINFALL SIMULATOR FOR PLOT;SCALE RUNOFF STUDIES. **Applied Engineering in Agriculture**, v. 18, n. 2, 2002.

- J. B. HUMPHRY; T. C. DANIEL; D. R. EDWARDS; A. N. Sharpley. A portable rainfall simulator for plot scale runoff studies. **Applied Engineering in Agriculture**, v. 18, n. 2, 2002.
- JARAMILLO, J. D. F. Repelencia al agua en suelos: con énfasis en Andisoles de Antioquia. Medellín: Universidad Nacional de Colombia. 2004. 197 p.
- JOHNSON, D. L.; SCHAEZTL, R. J. Differing views of soil and pedogenesis by two masters: Darwin and Dokuchaev. **Geoderma**, v. 237–238, p. 176–189, jan. 2015.
- JÚLIO CESAR SALTON; MICHELY TOMAZI. **Sistema Radicular de Plantas e Qualidade do Solo**. Dourados: [s.n.].
- KARMANN, I. Ciclo da água, água subterrânea e sua ação geológica. *In: Decifrando a terra*. São Paulo: Oficina de textos;, 2000. p. 113–138.
- KAVKA, P.; NEUMANN, M. Swinging-Pulse Sprinkling Head for Rain Simulators. **Hydrology**, v. 8, n. 2, p. 74, 1 maio 2021.
- KETTERINGS Q. M.; VAN NOORDWIJK, M.; BIGHAM, J.M. Soil phosphorus availability after slash and burn fires of different intensities in rubber agroforests in Sumatra, Indonesia. *Agriculture Ecosystems & Environment*. vol.92(1), p.37-48, 2002.
- KIBET, L. C.; SAPORITO, L. S.; ALLEN, A. L.; MAY, E. B.; KLEINMAN, P. J. A.; HASHEM, F. M.; BRYANT, R. B. A Protocol for Conducting Rainfall Simulation to Study Soil Runoff. **Journal of Visualized Experiments**, n. 86, 3 abr. 2014.
- KIEHL, E. J. **Manual de edafologia: relações solo-planta**. São Paulo: Ceres, 1979.
- KINNELL, P. Sediment transport by shallow flows impacted by pulsed artificial rainfall. **Soil Research**, v. 31, n. 2, p. 199, 1993.
- KLEIJN, W. B.; OSTER, J. D.; COOK, N. A Rainfall Simulator with Nonrepetitious Movement of Drop Outlets. **Soil Science Society of America Journal**, v. 43, n. 6, p. 1248–1251, nov. 1979.
- KLEIN, C.; KLEIN, V. A. Influência do manejo do solo na infiltração de água. **Revista Monografias Ambientais**, v. 13, n. 5, 16 dez. 2014.
- KLEIN, V. A.; BASEGGIO, M.; MADALOSSO, T.; MARCOLIN, C. D. Textura do solo e a estimativa do teor de água no ponto de murcha permanente com psicrômetro. **Ciência Rural**, v. 40, n. 7, p. 1550–1556, 30 jul. 2010.
- KORASAKI, V.; MORAIS, J. W. DE; BRAGA, R. F. Macrofauna. *In: MOREIRA. F. M. S; CARES, J. E. ; Z. R.; STÜRMER, S. L. (Eds.) . O ecossistema solo: componentes, relações ecológicas e efeitos na produção vegetal*. Lavras: Editora da UFLA, 2013. p. 79–128.
- KORB, J. The Ecology of Social Evolution in Termites. *In: Ecology of Social Evolution*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2008. p. 151–174. DOI: 10.1007/978-3-540-75957-7\_7
- KORB, J. Thermoregulation and ventilation of termite mounds. **Naturwissenschaften**, v. 90, n. 5, p. 212–219, 11 maio 2003.
- L. D. MEYER; W. C. HARMON. Multiple-Intensity Rainfall Simulator for Erosion Research on Row Sideslopes. **Transactions of the ASAE**, v. 22, n. 1, p. 0100–0103, 1979.



- LACERDA FILHO JOFFRE VALMÓRIO DE; REZENDE ABELSON; SILVA AURELENE DA. **Hidrogeologia do Estado de Goiás e Distrito Federal. Série geologia e mineração N1. Goiânia-Go.** Goiania GO, 1999.
- LAGARIA, A.; YOULATOS, D. ANATOMICAL CORRELATES TO SCRATCH DIGGING IN THE FORELIMB OF EUROPEAN GROUND SQUIRRELS (SPERMOPHILUS CITELLUS). **Journal of Mammalogy**, v. 87, n. 3, p. 563–570, jun. 2006.
- LAI, J.; REN, L. Assessing the Size Dependency of Measured Hydraulic Conductivity Using Double-Ring Infiltrimeters and Numerical Simulation. **Soil Science Society of America Journal**, 71(6), 2007. doi:10.2136/sssaj2006.0227
- LAVELLE, P.; BLANCHART, E.; MARTIN, A.; SPAIN, A. V.; MARTIN, S. Impact of Soil Fauna on the Properties of Soils in the Humid Tropics. *In*: [s.l: s.n.]. p. 157–185, 1992. 10.2136/sssaspecpub29.c9
- LAWS, J. O. Measurements of the fall-velocity of water -drops and raindrops. **Transactions, American Geophysical Union**, v. 22, n. 3, p. 709, 1941.
- LAWS, J. O.; PARSONS, D. A. The relation of raindrop-size to intensity. **Transactions, American Geophysical Union**, v. 24, n. 2, p. 452, 1943.
- LECOEUR, J.; SINCLAIR, T. R. Field Pea Transpiration and Leaf Growth in Response to Soil Water Deficits. **Crop Science**, v. 36, n. 2, p. 331–335, mar. 1996.
- LEINZ, V.; AMARAL, S. E. **Geologia Geral**. 14. ed. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 2003.
- LÉONARD, J.; RAJOT, J.L. Influence of termites on runoff and infiltration: quantification and analysis. **Geoderma**, v.104, p.17-40, 2001.
- LEPSCH, I. F. **19 Lições de Pedologia**. São Paulo: Oficina de Textos, 2011.
- LETEY, J. Relationship between soil physical properties and crop production. **Advances in Soil Science**, v. 1, p. 277–294, 1985.
- LIBARDI, P.L. **Dinâmica da água no solo**. Piracicaba: Ed. do Autor, 497p. 1995.
- LIMA, A.; LEOPOLDO, L. Quantificação de componentes hidrológica de uma mata ciliar, através do modelo de balanço de massas. **Revista Árvore**, v. 24, n. 3, p. 241–252, 2000.
- LIMA, H. V. DE; LIMA, C. L. R. DE; LEÃO, T. P.; COOPER, M.; SILVA, A. P. DA; ROMERO, R. E. Tráfego de máquinas agrícolas e alterações de bioporos em área sob pomar de laranja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, n. 5, p. 677–684, out. 2005.
- LORA, M.; CAMPORESE, M.; SALANDIN, P. Design and performance of a nozzle-type rainfall simulator for landslide triggering experiments. **CATENA**, v. 140, p. 77–89, maio 2016.
- LOWDERMILK, W. C. Awareness and attitudes. *In*: **Soil erosion and its control**. New York : Van Nostrand Reinhold Company, Soil Science Series, 1986. .
- LOWDERMILK, W. C. **Conquest of the land through 7,000 years**. Washington, D. C., 2014.
- LUK, S.; ABRAHAMS, A. D.; PARSONS, A. J. METHODOLOGY: A SIMPLE RAINFALL SIMULATOR AND TRICKLE SYSTEM FOR HYDRO-

GEOMORPHOLOGICAL EXPERIMENTS. **Physical Geography**, v. 7, n. 4, p. 344–356, 15 out. 1986.

MACHADO, D. F. T.; CONFESSOR, J. G.; RODRIGUES, S. C. Processo inicial de recuperação de área degradada a partir de intervenções físicas e utilização de leguminosas / Initial proc. of degraded area recov. through physical interventions and utilizat. of Leguminous spec - **Caderno de Geografia**, v. 24, n. 1, 5 jun. 2014. <https://doi.org/10.5752/P.2318-2962.2014v24nespp42>

MAGALHÃES, S. F. C. DE. **Avaliação dos fatores que influenciam na dinâmica de nutrientes, material particulado e vazão em pequenas bacias hidrográficas**. Macaé, 2017.

MANDO, A. Impact de l' activite des termites sur la degradation de la biomasse vegetale et quelques proprietes physiques des sols degrades: Etude mente a Zanamogo (Burkina Faso). Zogona: Université de Ouagadougou, ISN/IDR, 1991. 76p. (Mémoire de fin d' études).

MANTOVANI, E. C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L. F. **Irrigação: princípios e métodos**. 3. ed. Viçosa: UFV, 2009.

MARIMON, B. S. et al. Florística dos campos de murundus do Pantanal do Araguaia, Mato Grosso, Brasil. **Acta botanica Brasilica**, v. 26, n. 1, p. 181–196, 2012.

MARIN, F. R. **Evapotranspiração e transpiração máxima em cafezal adensado**. Piracicaba, 2003.

MARQUES, J. **Horizontes pedogenéticos e sua relação com camadas hidráulicas do solo**. Piracicaba, 2019.

MATHEWS, A.G.A. Studies on termites from the Mato Grosso State, Brazil Rio de Janeiro, Academia Brasileira de Ciências. 1977.

MCDONALD, J. E. THE SHAPE AND AERODYNAMICS OF LARGE RAINDROPS. **Journal of Meteorology**, v. 11, n. 6, p. 478–494, dez. 1954.

MEDEIROS, M. B. DE; FIEDLER, N. C. Incêndios florestais no parque nacional da Serra da Canastra: desafios para a conservação da biodiversidade. **Ciência Florestal**, v. 14, n. 2, p. 157–168, jan. 2004.

MEDEIROS, M.; FIEDLER, N.. Incêndios florestais no parque nacional da serra da canastra: Desafios para a conservação da biodiversidade. Nota Técnica, **Ciênc. Florest.** 14 (2), Jul-Dec, 2004. <https://doi.org/10.5902/198050981815>

MELLO, C. R. DE; VIOLA, M. R. Mapeamento de chuvas intensas no estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 37, n. 1, p. 37–44, fev. 2013.

MENDONÇA, L. A. R.; VÁSQUEZ, M. A. N.; FEITOSA, J. V.; OLIVEIRA, J. F. DE; FRANCA, R. M. DA; VÁSQUEZ, E. M. F.; FRISCHKORN, H. Avaliação da capacidade de infiltração de solos submetidos a diferentes tipos de manejo. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 14, n. 1, p. 89–98, mar. 2009.

MESSIAS, C. G.; FERREIRA, M. C. ANÁLISE DA DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DAS QUEIMADAS NO PARQUE NACIONAL DA SERRA DA CANASTRA (MG), ENTRE 1984 E 2017. **Caminhos de Geografia**, v. 20, n. 71, p. 52–71, jan. 2019.

MEYER; HARMON. Multiple-Intensity Rainfall Simulator for Erosion Research on Row Sideslopes. **Transactions of the ASAE**, v. 22, n. 1, p. 0100–0103, 1979.

- MIKLÓS, A.A.W. Papel de cupins e formigas na organização e na dinâmica da cobertura pedológica. In: FONTES, L.R.; BERTI FILHO, E. (Eds.). *Cupins: o desafio do conhecimento*. Piracicaba: FEALQ, 1998. p.227-241.
- MILLER, W. P. A Solenoid-Operated, Variable Intensity Rainfall Simulator. **Soil Science Society of America Journal**, v. 51, n. 3, p. 832–834, maio 1987.
- MMA/IBAMA. 2005. **Plano de manejo – Parque Nacional da Serra da Canastra**. Ministério do Meio Ambiente – MMA/Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – Ibama, Brasília.
- MONTEBELLER, C. A.; CARVALHO, D. F. DE; ALVES SOBRINHO, T.; NUNES, A. C. DA S.; RUBIO, E. Avaliação hidráulica de um simulador de chuvas pendular. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 5, n. 1, p. 1–5, abr. 2001.
- MORAES, A. de, LUSTOSA, S.B.C. Efeito do animal sobre as características do solo e a produção da pastagem. In: SIMPÓSIO SOBRE AVALIAÇÃO DE PASTAGENS COM ANIMAIS, 1997, Maringá, PR. Anais... Maringá : Universidade Estadual de Maringá, 1997. 149 p. p.129-14.
- MORBIDELLI, R.; CORRADINI, C.; SALTALIPPI, C.; FLAMMINI, A.; ROSSI, E. Infiltration-soil moisture redistribution under natural conditions: Experimental evidence as a guideline for realizing simulation models. **Hydrol. Earth Syst. Sci.** 2011, 15, 2937–2945.
- MORETI, D.; CARVALHO, M. P.; MANNIGEL, A. R.; MEDEIROS, L. R. Importantes características de chuva para a conservação do solo e da água no município de São Manuel (SP). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, n. 4, p. 713–725, ago. 2003.
- MORIN, J.; GOLDBERG, S.; SEGNER, I. A rainfall simulator with a rotating disc. **Trans. Am. Soc. Agric. Eng.**, v. 10, p. 74–79, 1967.
- MUGGLER, C. C.; PINTO SOBRINHO, F. DE A.; MACHADO, V. A. Educação em solos: princípios, teoria e métodos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30, n. 4, p. 733–740, ago. 2006.
- NASCIMENTO, L. G.; SANTOS, M. E. DE S.; MELO, S. T.; BUZAR, R. DE J. C.; RESENDE, M. R.; SOUSA, M. M. DE A. L. A.; SOUSA, R. M. L.; ALVES, K. DA R. Análise da velocidade de infiltração de água no solo por meio de anéis concêntricos na zona leste da cidade de Teresina - PI. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 3, p. 15168–15178, 2020.
- NASCIMENTO, L.; SANTOS, M.; MELO, S.; BUZAR, R.; RESENDE, M.; SOUSA, M.; SOUSA, R.. Análise da velocidade de infiltração de água no solo por meio de anéis concêntricos na zona leste da cidade de Teresina - PI. **Braz. J. of Develop.**, Curitiba, v. 6, n. 3, p. 15168-15178. 2020. DOI:10.34117/bjdv6n3-406
- NAVAS, A.; ALBERTO, F.; MACHÍN, J.; GALÁN, A. Design and operation of a rainfall simulator for field studies of runoff and soil erosion. **Soil Technology**, v. 3, n. 4, p. 385–397, dez. 1990.
- NAZAR, T. I. S. M.; RODRIGUES, S. C. Mapping and analysis of surface geocover in the chapadão do diamante – MG - Brazil. **Mercator**, v. 18, n. 05, p. 1–17, 2019.
- NAZAR, T. I. S. M.; RODRIGUES, S. C. RELEVO DO CHAPADÃO DO DIAMANTE, SERRA DA CANASTRA/MG, BRASIL: COMPARTIMENTAÇÃO E ANÁLISE A PARTIR DOS ASPECTOS GEOMORFOMÉTRICOS. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 20, n. 1, jan. 2019.

- NAZAR, T. **O Chapadão do Diamante na Serra da Canastra/MG, Brasil: caracterização geomorfológica e análise integrada do meio físico a partir de dados multifontes**. 2018. 270 f. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2018. <http://dx.doi.org/10.14393/ufu.te.2018.608>
- NEVES, W.V.; MENEZES; E.P.; OLIVEIRA; F.S.; AUGUSTIN, C.H.R.R.; ARANHA, P.R.A. Estudo das coberturas superficiais na interface Cerrado-Vereda no Norte de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, São Paulo, v. 16, n. 3, p. 351-367, Jul-Set 2015.
- NIELSEN, U. Soil and Its Fauna. *In: Soil Fauna Assemblages*. [s.l.] Cambridge University Press, 2019. p. 1-41.
- NISSSEN, R.; LIST, R.; HUDAK, D.; MCFARQUHAR, G. M.; LAWSON, R. P.; TUNG, N. P.; SOO, S. K.; KANG, T. S. Constant Raindrop Fall Speed Profiles Derived from Doppler Radar Data Analyses for Steady Nonconvective Precipitation. **Journal of the Atmospheric Sciences**, v. 62, n. 1, p. 220-230, 1 jan. 2005.
- NOVAIS, G. T. **Caracterização climática da mesorregião do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba e do entorno da Serra da Canastra (MG)**. Uberlandia MG, 2011.
- NOVINSKAK, A.; FILION, M.; SURETTE, C.; ALLAIN, C. Application of molecular technologies to monitor the microbial content of biosolids and composted biosolids. **Water Science and Technology**, v. 57, n. 4, p. 471-477, 1 mar. 2008.
- NUNES J; SILVEIRA M; SILVA T; NUNES P; CARVALHO S. Velocidade de infiltração pelo método do infiltrômetro de anéis concêntricos em Latossolo Vermelho de Cerrado. **Enciclopédia Biosfera**, v. 8, n. 15, p. 1685-1692, 2012.
- NUNES, J. A. S.; SILVEIRA, M. H. D.; SILVA, T. D.; NUNES, P. C. M.; CARVALHO, K. D. S. Velocidade de infiltração pelo método do infiltrômetro de anéis concêntricos em Latossolo Vermelho de Cerrado. **Revista Enciclopédia Biosfera**, v. 8, n. 15, p.1685-1692, 2012.
- OADES, J. M. Soil organic matter and structural stability: mechanisms and implications for management. **Plant and Soil**, v. 76, n. 1-3, p. 319-337, fev. 1984.
- OKI, T. The global water cycle. *In: Global Energy and Water Cycles*. K. and R. Gurney eds ed. [s.l.] Cambridge University, 1999. p. 10-27.
- OLIVEIRA JÚNIOR, J. C. DE; DIAS, H. C. T. Precipitação efetiva em fragmento secundário da Mata Atlântica. **Revista Árvore**, v. 29, n. 1, p. 9-15, fev. 2005.
- OLIVEIRA, A.; VOGELMANN, E.; REICHERT, J.; PREVEDELLO, J.; BARROS, C.; VIEIRA, D. **Identificação e caracterização de repelência à água em Latossolos e Argissolos do Rio Grande do Sul**. XVIII Reunião brasileira de manejo e conservação do solo e da água Novos Caminhos para Agricultura Conservacionista no Brasil, 2010.
- OLIVEIRA, L. A. DE; CAMPOS, J. E. G. PARÂMETROS HIDROGEOLÓGICOS DO SISTEMA AQUÍFERO BAURU NA REGIÃO DE ARAGUARI/MG: FUNDAMENTOS PARA A GESTÃO DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 34, n. 2, p. 213-218, 2004.
- OLIVEIRA, L. L. DE; COSTA, R. F. DA; SOUSA, F. DE A. S. DE; COSTA, A. C. L. DA; BRAGA, A. P. Precipitação efetiva e interceptação em Caxiuanã, na Amazônia Oriental. **Acta Amazonica**, v. 38, n. 4, p. 723-732, dez. 2008.

- PANACHUKI, E. **Infiltração de água no solo e erosão hídrica, sob chuva simulada, em sistema de integração agriculturapeçuária**. 2003. 67 f. Tese (Doutorado) - Curso de Agronomia, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul Câmpus de Dourados, Dourados, 2003.
- PARR, J. F.; BERTRAND, A. R. Water Infiltration Into Soils. *In*: [s.l: s.n.]. p. 311–363.
- PAULINO, H.; ASSIS, P.; VILELA, L.; CURI, N.. Campos de murundus: gênese, paisagem, importância ambiental e impacto da agricultura nos atributos dos solos. n book: XI Tópicos em Ciência do Solo (pp.96-136)Edition: 1, Chapter: 6, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2015.
- PAULINO, H; ASSIS, P; FERREIRA, L. CAMPOS MURUNDUS: GÊNESE, PAISAGEM, IMPORTÂNCIA AMBIENTAL E IMPACTO DA AGRICULTURA NOS ATRIBUTOS DOS SOLOS. **Tópicos Ci. Solo**, 9:1-20, 2015.
- PENTEADO, M. M. **Fundamentos de geomorfologia** . 3. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 1980.
- PENTEADO, M. M<sup>a</sup>. Fundamentos de geomorfologia. 2<sup>o</sup> ed. Rio de Janeiro: IBGE, 1978.
- PESSOA, P. F. P. Revisão do Plano de Manejo do Parque Nacional da Serra da Canastra, estado de Minas Gerais: relatório de caracterização dos aquíferos superficial e subterrâneo Instituto. **Terra Brasilis**, 2002.
- PESSOTI, B. P. L.; SILVEIRA, A.; MOURA, R. B. DE; ISIDORO, J. M. G. P.; TIEZZI, R. DE O.; GONÇALVES, F. A. Transporte de material dissolvido em superfície impermeável sob chuva artificial analisado com a aplicação do delineamento experimental das faces centradas. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 25, n. 1, p. 97–106, jan. 2020.
- PINESE JÚNIOR, J. F.; CRUZ, L. M.; RODRIGUES, S. C. Monitoramento de erosão laminar em diferentes usos da terra, Uberlândia - MG. **Sociedade & Natureza**, v. 20, n. 2, p. 157–175, dez. 2008.
- PINESE JÚNIOR, JOSÉ FERNANDO; CRUZ, LÍLIA MOREIRA; RODRIGUES, SÍLVIO CARLOS. Monitoramento de erosão laminar em diferentes usos da terra, Uberlândia - MG. **Sociedade & Natureza** 20, 157-175, 2008.
- PINTO, N. L. S.; HOLTZ, A. C. T. ; MARTINS, J. A. ; GOMIDE, F. L. **Hidrologia básica**. 1. ed. São Paulo: Editora Blücher, 1976.
- PIRANI, J. R. CHECKLIST AND PATTERNS OF GEOGRAPHIC DISTRIBUTION OF THE VEGETATION OF SERRA DO AMBROSIO, MINAS GERAIS, BRASIL. **REVISTA BRASILEIRA DE BOTANICA**, v. 17, n. 2, p. 133–147, 1994.
- PIRANI, J.R. et.al. Checklist and patterns of geographic distribution of the vegetation of Serra do Ambrósio, Minas Gerais, Brazil. **Revista Brasileira de Botânica**. v.17, p.133-147.1994.
- PITTMAN, E. D. Porosity, diagenesis and productive capability of sandstone reservoirs. **Society Of Sedimentary Geology: Special Publication**, v. 26, p. 159–173, 1979.
- POTT, C. A.; MARIA, I. C. DE. Comparação de métodos de campo para determinação da velocidade de infiltração básica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, n. 1, p. 19–27, fev. 2003.

PRANDO, M. B.; OLIBONE, D.; OLIBONE, A. P. E.; ROSOLEM, C. A. Infiltração de água no solo sob escarificação e rotação de culturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, n. 3, p. 693–700, jun. 2010.

PRESS, F.; SIEVER, R.; GROTZINGER, J.; JORDAN, T. H. **Para entender a Terra**. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.

PRUPPACHER, H. R.; KLETT, J. D. **Microphysics of Clouds and Precipitation**. New York: Kluwer Academic Publishers, 1997.

PRUSKI, F. F. **Conservação de solo e água: Práticas mecânicas para o controle da erosão hídrica**. Viçosa: Ufv, 2006.

RACHWAL MARCOS FERNANDO GLUCK. **O solo**. Seminário sobre educação ambiental integrada para multiplicadores, Colombo. Os seis elementos: água, ar, solo, flora, fauna, ser humano: trabalhos apresentados. **Anais...**Colombo: Embrapa Florestas, 2003.

RAHMATI, M., WEIHERMÜLLER, L., VANDERBORGHT, J., PACHEPSKY, Y. A., MAO, L., SADEGHI, S. H., MOOSAVI, N., KHEIRFAM, H., MONTZKA, C., VAN LOOY, K., TOTH, B., HAZBAVI, Z., AL YAMANI, W., ALBALASMEH, A. A., ALGHZAWI, M. Z., ANGULO-JARAMILLO, R., ANTONINO, A. C. D., ARAMPATZIS, G., ARMINDO, R. A., ASADI, H., BAMUTAZE, Y., BATLLE-AGUILAR, J., BÉCHET, B., BECKER, F., BLÖSCHL, G., BOHNE, K., BRAUD, I., CASTELLANO, C., CERDÀ, A., CHALHOUB, M., CICHOTA, R., CÍSLEROVÁ, M., CLOTHIER, B., COQUET, Y., CORNELIS, W., CORRADINI, C., COUTINHO, A. P., DE OLIVEIRA, M. B., DE MACEDO, J. R., DURÃES, M. F., EMAMI, H., ESKANDARI, I., FARAJNIA, A., FLAMMINI, A., FODOR, N., GHARAIBEH, M., GHAVIMIPANAH, M. H., GHEZZEHEI, T. A., GIERTZ, S., HATZIGIANNAKIS, E. G., HORN, R., JIMÉNEZ, J. J., JACQUES, D., KEESSTRA, S. D., KELISHADI, H., KIANI-HARCHEGANI, M., KOUSELOU, M., KUMAR JHA, M., LASSABATERE, L., LI, X., LIEBIG, M. A., LICHNER, L., LÓPEZ, M. V., MACHIWAL, D., MALLANTS, D., MALLMANN, M. S., DE OLIVEIRA MARQUES, J. D., MARSHALL, M. R., MERTENS, J., MEUNIER, F., MOHAMMADI, M. H., MOHANTY, B. P., PULIDO-MONCADA, M., MONTENEGRO, S., MORBIDELLI, R., MORET-FERNÁNDEZ, D., MOOSAVI, A. A., MOSADDEGHI, M. R., MOUSAVI, S. B., MOZAFFARI, H., NABIOLLAHI, K., NEYSHABOURI, M. R., OTTONI, M. V., OTTONI FILHO, T. B., PAHLAVAN-RAD, M. R., PANAGOPOULOS, A., PETH, S., PEYNEAU, P.-E., PICCIAFUOCO, T., POESEN, J., PULIDO, M., REINERT, D. J., REINSCH, S., REZAEI, M., ROBERTS, F. P., ROBINSON, D., RODRIGO-COMINO, J., ROTUNNO FILHO, O. C., SAITO, T., SUGANUMA, H., SALTALIPPI, C., SÁNDOR, R., SCHÜTT, B., SEEGER, M., SEPEHRNIA, N., SHARIFI MOGHADDAM, E., SHUKLA, M., SHUTARO, S., SORANDO, R., STANLEY, A. A., STRAUSS, P., SU, Z., TAGHIZADEH-MEHRJARDI, R., TAGUAS, E., TEIXEIRA, W. G., VAEZI, A. R., VAFAKHAH, M., VOGEL, T., VOGELER, I., VOTRUBOVA, J., WERNER, S., WINARSKI, T., YILMAZ, D., YOUNG, M. H., ZACHARIAS, S., ZENG, Y., ZHAO, Y., ZHAO, H.; VEREECKEN, H.: Development and analysis of the Soil Water Infiltration Global database, **Earth Syst. Sci. Data**, 10, 1237–1263, <https://doi.org/10.5194/essd-10-1237-2018>, 2018.

RAHMATI, M.; WEIHERMÜLLER, L.; VEREECKEN, H.: Soil Water Infiltration Global (SWIG) Database. PANGAEA. **Earth System Science Data**. 2018. Doi <https://doi.org/10.1594/PANGAEA.885492>



- RAMOS, T. E. A evolução geológica do Brasil central. **Sociedade e Natureza**, v. 2, n. 3, 1990.
- RATZEL, F. O SOLO, A SOCIEDADE E O ESTADO. **Geography Department, University of Sao Paulo**, p. 93–101, 1983.
- REICHERT, J. M.; SUZUKI, L. E. A. S.; REINERT, D. J. Compactação do solo em sistemas agropecuários e florestais: identificação, efeitos, limites críticos e mitigação. *In: Tópicos em ciência do solo*. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. v. 5p. 49–134.
- REICHERT, J.M.; VEIGA, M.; CABEDA, M.S.V. Selamento superficial e infiltração de água em solos do Rio Grande do Sul. **R. Bras. Ci. Solo**, 16:289-298, 1992.
- REINERT, D. J.; REICHERT, J. M. Propriedades físicas do solo. **Departamento de Solos, UFSM**, p. 1–18, 2006.
- RESENDE M; CURRI N; REZENDE S; CORRÊA G; KER J. **Pedologia base para distinção de ambientes**. 6. ed. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2014.
- RESENDE, M.; CURRI, N.; REZENDE, S. B. DE; CORRÊA, G. F. **Pedologia: Base para Distinção de Ambientes**. 4. ed. Viçosa: : NEPUT, 2002.
- RESENDE, M.; CURRI, N.; REZENDE, S. B. **Pedologia: base para distinção de ambientes**. 5. ed. Lavras: Editora UFLA, 2007. 324p.
- RESENDE,; ARAÚJO; OLIVEIRA,; OLIVEIRA,; ÁVILA JÚNIOR,. A comunidade vegetal e as características abióticas de um campo de murundu em Uberlândia, MG. **Acta Botanica Brasilica**, [S. l.], v. 18, n. 1, p. 9–17, 2004. DOI: 10.1590/S0102-33062004000100002.
- REYNOLDS, W. D.; ELRICK, D. E.. Determination of Hydraulic Conductivity Using a Tension Infiltrometer. **Soil Science Society of America Journal**, 55(3), 633. (1991). doi:10.2136/sssaj1991.03615995005500030001x
- REZENDE, J. O. **Compactação e adensamento do solo, metodologia para avaliação e práticas agrícolas recomendadas** CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO. **Anais...** Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1997
- RIBAS, E. R. **Variação sazonal da temperatura corpórea no lagarto Teiú, Tupinambis merianae (Squamata, Lacertilia, Teiidae)**. São Paulo SP, 2005.
- RIBEIRO ANTÔNIO CARLOS; GUIMARÃES PAULO TÁCITO G.; ALVAREZ VICTOR HUGO. **5ª Aproximação - Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. Viçosa: SBCS, 1999.
- RIBEIRO, C.; PESSOA, F.; COSTA, C.; JESUS, D.; SALES, R. DETERMINAÇÃO DA VELOCIDADE DE INFILTRAÇÃO PELO MÉTODO DO INFILTRÔMETRO DE ANEL EM SOLO DA REGIÃO AMAZÔNICA. **Enciclopédia Biosfera**, v. 16, n. 29, p. 654–668, 30 jun. 2019.
- RIBEIRO, C; PESSOA, F; COSTA, C; JESSUS, D; SALES, R. Determinação da velocidade de infiltração pelo método do infiltrômetro de anel em solo da região amazônica. **Enciclopédia Biosfera**. (2019). Doi 16. 654-668. 10.18677/EnciBio\_2019A51.
- RIBEIRO, C; PESSOA, F; COSTA, C; JESUS, D; SALES, R. Determinação da velocidade de infiltração pelo método do infiltrômetro de anel em solo da região

amazônica. **enciclopédia biosfera**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.16 n.29; p.6 5 4 2019. DOI: 10.18677/EnciBio\_2019A51

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. **Fitofisionomias do Bioma Cerrado**. p. 89–166, 1998.

RIBEIRO, K. D.; MENEZES, S. M.; MESQUITA, M. DA G. B. DE F.; SAMPAIO, F. DE M. T. Propriedades físicas do solo, influenciadas pela distribuição de poros, de seis classes de solos da região de Lavras-MG. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 31, n. 4, p. 1167–1175, ago. 2007.

RICHTER, H. J. Separated two-phase flow model: application to critical two-phase flow. **International Journal of Multiphase Flow**, v. 9, n. 5, p. 511–530, out. 1983.

RIES, J. B. Methodologies for soil erosion and land degradation assessment in mediterranean-type ecosystems. **Land Degradation & Development**, v. 21, n. 2, p. 171–187, mar. 2010.

RIES, J. B.; SEEGER, M.; ISERLOH, T.; WISTORF, S.; FISTER, W. Calibration of simulated rainfall characteristics for the study of soil erosion on agricultural land. **Soil and Tillage Research**, v. 106, n. 1, p. 109–116, dez. 2009.

ROBINSON, D. A.; NAGHIZADEH, R. The impact of cultivation practice and wheelings on runoff generation and soil erosion on the South Downs: some experimental results using simulated rainfall. **Soil Use and Management**, v. 8, n. 4, p. 151–156, dez. 1992.

RODRIGUES, L.; NISHIYAMA, L. **Estudo dos fatores responsáveis pela erosão acelerada na bacia do córrego dos macacos - Uberlândia-MG**SIMPÓSIO NACIONAL DE CONTROLE DE EROSIÃO, Anais. **Anais...**Goiânia: 2001

ROMERO, R.; NAKAJIMA, J. N. Espécies endêmicas do Parque Nacional da Serra da Canastra, Minas Gerais. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 22, p. 259–265, jan. 1999.

ROMERO, R.; NAKAJIMA, J.; Espécies endêmicas do Parque Nacional da Serra da Canastra, Minas Gerais. **Braz. J. Bot.** 22 (suppl 2), Out 1999. <https://doi.org/10.1590/S0100-84041999000500006>

RONAYNE, M. J.; HOUGHTON, T. B.; STEDNICK, J. D. Field characterization of hydraulic conductivity in a heterogeneous alpine glacial till. **Journal of Hydrology**, v. 458–459, p. 103–109, ago. 2012.

ROSS, B. A.; TESTER, J. R.; BRECKENRIDGE, W. J. Ecology of Mima-Type Mounds in Northwestern Minnesota. **Ecology**, v. 49, n. 1, p. 172–177, jan. 1968.

ROSS, J. L. S. **Ecogeografia do Brasil: Subsídios para planejamento ambiental**. [s.l.] Oficina de Texto, 2006.

ROTH, C. H.; HELMING, K. Dynamics of surface sealing, runoff formation and interrill soil loss as related to rainfall intensity, microrelief and slope. **Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde**, v. 155, n. 3, p. 209–216, 12 jan. 1992.

ROTH, C. H.; HELMING, K. Dynamics of surface sealing, runoff formation and interrill soil loss as related to rainfall intensity, microrelief and slope. **Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde**, v. 155, n. 3, p. 209–216, 12 jan. 1992.

RUHE, R.; WALKER, P. Hillslope models and soil formation. **Int.Soil Sci.Soc.and Angus And Robertson Sydney**, v. 4, p. 551–560, 1968.

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

SALTON, J. C.; TOMAZI, M. **Sistema radicular de plantas e qualidade do solo**. Dourados, MS, 2014.

SANTI; AMADO; SILVA; BASSO; FLORA; CHERUBIN; EITELWEIN. Infiltração de água no solo, determinada por diferentes métodos, como indicador do potencial produtivo em dois latossolos manejados com agricultura de precisão. **Interciencia**, v. 27, n. 3, p. 204–208, 2012.

SANTOS CÉLIA SILVA DOS; SILVA PATRÍCIA FERREIRA DA; SANTOS DANIELLA PEREIRA DOS; SANTOS JANIA CLAUDIA C DOS; SANTOS MÁRCIO AURÉLIO LINS DOS. Avaliação da infiltração de água no solo pelo método de infiltrômetro de anel no agreste alagoano. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 8, n. 2, p. 161–165, 2013.

SANTOS JOSÉ YURE GOMES DOS; SANTOS CELSO AUGUSTO GUIMARÃES; SILVA RICARDE MARQUES DA. Perdas de Água e Solo Utilizando Chuva Simulada em Diferentes Coberturas Superficiais e Condições de Umidade no Semiárido Paraibano. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 17, n. 4, p. 217–228, 2012.

SANTOS, C.; SILVA, P.; SANTOS, D.; SANTOS, J.; SANTOS, M.. Avaliação da infiltração de água no solo pelo método de infiltrômetro de anel no agreste alagoano. **Revista Verde** (Mossoró –RN-BRASIL), v. 8, n. 2, p.161 -165, ,2013. ISSN 1981-8203

SANTOS, D. B. DOS; COELHO, E. F.; AZEVEDO, C. A. V. DE. Absorção de água pelas raízes do limoeiro sob distintas frequências de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 9, n. 3, p. 327–333, set. 2005.

SANTOS, D. P.; SANTOS, G. G.; SANTOS, I. L. DOS; SCHOSSLER, T. R.; NIVA, C. C.; MARCHÃO, R. L. Caracterização da macrofauna edáfica em sistemas de produção de grãos no Sudoeste do Piauí. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, n. 9, p. 1466–1475, set. 2016.

SANTOS, F.; CONFESSOR, J. Geoquímica e geocronologia em campos de murunduns no Chapadão do Diamante–Serra da Canastra-MG. *Caderno de Geografia*, v.30, Número Especial 1, 2020. DOI 10.5752/p.2318-2962.2020v30 nesp1p99

SANTOS, Humberto Gonçalves dos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5 ed. Brasília: EMBRAPA, 2018.

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. **Anais...UFRN**: 2007

SANTOS, T. E. M. DOS; MONTENEGRO, A. A. A. Erosividade e padrões hidrológicos de precipitação no Agreste Central pernambucano. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 6, n. 8, p. 871–880, 2012.

SATO, J. H.; FIGUEIREDO, C. C. DE; LEÃO, T. P.; RAMOS, M. L. G.; KATO, E. Matéria orgânica e infiltração da água em solo sob consórcio milho e forrageiras. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 2, p. 189–193, fev. 2012.

SAUVAGEOT, H.; KOFFI, M. Multimodal Raindrop Size Distributions. **Journal of the Atmospheric Sciences**, v. 57, n. 15, p. 2480–2492, ago. 2000.

- SCANLON, B. R.; LEVITT, D. G.; REEDY, R. C.; KEESE, K. E.; SULLY, M. J. Ecological controls on water-cycle response to climate variability in deserts. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 102, n. 17, p. 6033–6038, 26 abr. 2005.
- SCHAETZL, R. J.; FOLLMER, L. R. Longevity of treethrow microtopography: implications for mass wasting. **Geomorphology**, v. 3, n. 2, p. 113–123, jun. 1990.
- SEGAL, Y.; PINSKY, M.; KHAIN, A. The role of competition effect in the raindrop formation. **Atmospheric Research**, v. 83, n. 1, p. 106–118, jan. 2007.
- SELLEY, R. C. **Applied sedimentology**. 2. ed. San Diego: Academic Press, 2000.
- SHAKESBY, R. A.; DOERR, S. H. Wildfire as a hydrological and geomorphological agent. **Earth-Science Reviews**. 74, p. 269–307, 2006.
- SHAKESBY, R. A.; DOERR, S. H.; WALSH, R. P. D. The erosional impact of soil hydrophobicity: current problems and future research directions. *Journal of Hydrology*, 231:178-191, 2000.
- SIBCS. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Brasília, DF: EMBRAPA, 2006.
- SILVA MARX LEANDRO NAVES; CÂNDIDO BERNARDO MOREIRA; CURI NILTON; BATISTA PEDRO VELLOSO GOMES. **Erosão hídrica em talhões e estradas forestais: monitoramento, causas e controle** Anais da 49ª Reunião Técnico-Científica do Programa Cooperativo sobre Silvicultura e Manejo. **Anais...Série Técnica IPEF**, 2014
- SILVA, C.; CEZAR, T.; NÓBREGA, L. Porosidade de latossolos e práticas de manejo agrícola para a conservação do solo. **Revista Varia Scientia Agrárias** v. 02, n.02, p. 153-164, 2011.
- SILVA, D. D.; PRUSKI, F. F.; SCHAEFER, C. E. G. R.; AMORIM, R. S. S.; PAIVA, K. W. N. Efeito da cobertura nas perdas de solo em um argissolo vermelho-amarelo utilizando simulador de chuva. **Engenharia Agrícola**, v. 25, n. 2, p. 409–419, ago. 2005.
- SILVA, E.; AZEVEDO, J.; LIMA, J.. **Análise de desempenho da irrigação**. Embrapa Cerrados, Documentos 70, Planaltina, Distrito Federal. 2002.
- SILVA, G. A. DA. **Dinâmica hidrogeomorfológica e cenários sazonais em nascentes do rio São Francisco, na Serra da Canastra, Minas Gerais**, jan. 2019.
- SILVA, G.; SILVA, R.; RODRIGUES, S.. **Análise descritiva de nascentes do rio são francisco, no chapadão diamante, na Serra da Canastra-MG**. XVII Simpósio brasileiro de geografia física aplicada, instituto de geociências, UNICAMP, campinas - SP. 2017. DOI - 10.20396/sbgfa.v1i2017.1826
- SILVA, P. A. D.; GITIRANA JR., G. D. F. N. Avaliação física e numérica da formação e quebra de barreira capilar. **Águas Subterrâneas**, v. 31, n. 4, p. 393, 29 nov. 2017.
- SILVA, W. B.; PIETROBELLI, G.; TRATZ, E. B. Circulação e vazão de água em encosta com erosão em túneis na bacia do rio das pombas – Guarapuava – PR. **Terra Plural**, v. 7, n. 2, p. 269–286, 2013.
- SIMANTON, J. R.; RAWITZ, E.; SHIRLEY, E. D. Effects of rock fragments on erosion of semiarid rangeland soils. **SSSA Special Publication Soil Science Society of America**, v. 13, p. 65–72, 1984.

- SIMÕES, L. S. A. **Evolução tectonometamórfica da nappe de Passos, sudoeste de Minas Gerais**, jan. 1995.
- SMITH, J. A.; HUI, E.; STEINER, M.; BAECK, M. L.; KRAJEWSKI, W. F.; NTELEKOS, A. A. Variability of rainfall rate and raindrop size distributions in heavy rain. **Water Resources Research**, v. 45, n. 4, abr. 2009.
- SOPCHAKI, C.; SAMPAIO, T. Estudo de Metodologias para Identificação de Formas de Vertentes Na Bacia Do Rio Curralinho – Região Metropolitana De Curitiba/PR. **Revista Geografar**, v. 8, n. 1, p. 100–124, 2013.
- SOTCHAVA, V. B. Por uma teoria de classificação de geossistemas da vida terrestre. **Biogeografia. São Paulo, Instituto de Geografia USP.**, v. 14, p. 23, 1978.
- SOUZA FILHO, A. P. S.; VELOSO, C. A. C.; GAMA, J. R. N. Capacidade de absorção de nutrientes do capim-mMarandu (*Brachiaria brizantha*) e da planta daninha malva (*Urena lobata*) em função do pH. **Planta Daninha**, v. 18, n. 3, p. 443–450, 2000.
- SOUZA, D. A. DE; RODRIGUES, S. C. ASPECTOS MORFOESTRUTURAI E MORFOESCULTURAI DA SERRA DA CANASTRA E ENTORNO (MG). **Geography Department University of Sao Paulo**, v. 27, p. 47, jan. 2014.
- SOUZA, D. A.; RODRIGUES, S. C. Aspectos morfoestruturais e morfoesculturais da serra da canastra e entorno (MG). **Revista Do Departamento De Geografia**, 27, 47-66, (2014. <https://doi.org/10.11606/rdg.v27i0.472>
- SOUZA, H. J. DE; DELABIE, J. H. C.; SODRÉ, G. A. Termite participation in the soil-forming processes of “murundus” structures in the semi-arid region of Brazil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 44, 26 maio 2020.
- SOUZA, L. D.; REICHARDT, K. Estimativas da capacidade de campo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 20, n. 2, p. 183–189, 1996.
- SPOHR RENATO BEPPLER. Construção e validação de um simulador de chuvas pendular de pequeno porte. *In*: CAMARGO MARIZA; RODRIGUES PATRICIA; WASTOWSKI ARCI DIRCEU; RODRIGUES ALEXANDRE COUTO (Eds.). . **ENGENHARIAS NA EXTENSÃO UNIVERSITÁRIA**. 1. ed. Santa Maria: FACOS - UFSM,. v. 1p. 33–52. 2015.
- SPOHR, R. B.; CARLESSO, R.; GALLÁRRETA, C. G.; PRÉCHAC, F. G.; PETILLO, M. G. Modelagem do escoamento superficial a partir das características físicas de alguns solos do Uruguai. **Ciência Rural**, v. 39, n. 1, p. 74–81, fev. 2009.
- 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 JOÃO PEDRO. **A Questão Agrária no Brasil. O debate tradicional 1500-1960**. São Paulo: Expressão popular, [s.d.].
- SUGUIO, K. **Geologia Sedimentar**. 1. ed. São Paulo: Blücher, 2003.
- SUTTI, R. **Purificação e caracterização de hialuronidase da peçonha da caranguejeira *Vitalius dubius* (Araneae, Theraphosidae)**. Campinas SP, 2011.
- SWIFT M. J; BIGNELL D; MOREIRA F. M. DE S; HUISING J. O inventário da biodiversidade biológica do solo: conceitos e orientações gerais. *In*: MOREIRA, F. M. S.; HUISING, E. J.; BIGNELL, D. E. (Eds.). . **Manual de biologia dos solos tropicais**:

- amostragem e caracterização da biodiversidade.** Lavras: Editora da UFLA, 2010. p. 23–41.
- T. P. REGMI; A. L. THOMPSON. RAINFALL SIMULATOR FOR LABORATORY STUDIES. **Applied Engineering in Agriculture**, v. 16, n. 6, p. 641–647, 2000.
- TAN, K. H. **Principles of soil Chemistry.** New York, USA: Marcel Dekker, 1998.
- TANG, Q.; OKI, T. **Terrestrial Water Cycle and Climate Change: Natural and Human-Induced Impacts.** NJ, USA, 2016.
- TAVARE SUÉLEN VIDAL; KOENEMANN JOCELEIA GILMARA. OCORRÊNCIA DE *Tamandua tetradactyla* (LINNAEUS, 1758)( *XENARTHRA*, MYRMECOPHAGIDAE ) NO MUNICÍPIO DE ITAQUI,FRONTEIRA OESTE DO RIO GRANDE DO SUL, BRASIL. **BIODIVERSIDADE PAMPEANA**, v. 6, n. 2, 2008.
- TAYLOR, S. A.; ASHCROFT, G. L. **Physical edaphology.** San Francisco: W.H. Freeman, 1972.
- TEIXEIRA; SOUZA; MARIA DE; NAVES. **Calibração e uso de minissimulador de chuva para estudos de erosão e poluição do solo.** Lavras, 2018.
- 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, 1 mar. 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.
- TOGNON, A. A. **Propriedades físico-hídricas do Latossolo Roxo da região de Guairá-SP sob diferentes sistemas de cultivo.** Piracicaba, 2019.
- TOMAZZOLI, E. R. . A evolução geológica do Brasil central. **Sociedade & Natureza**, [S. l.], v. 2, n. 3, 2021. DOI: 10.14393/SN-v2-1990-60720.
- TOSSELL, R. W.; DICKINSON, W. T.; RUDRA, R. P.; WALL, G. J. A portable rainfall simulator. *Canadian Agricultural Engineering*, Guelph. **Canadian Agricultural Engineering**, v. 29, n. 2, p. 155–162, 1987.
- TRICART, J. **Ecodinâmica.** Rio de Janeiro: Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Superintendência de Recursos Naturais e Meio ambiente. Diretoria Técnica. , 1977.
- TROEH, F. R. Landform equations fitted to contour maps. **American Journal of Science**, v. 263, p. 616–627, 1965.
- TROEH, F.R.; THOMPSON, L.M. Solos e fertilidade do solo. 6. ed. São Paulo: Andrei, 2007. 718p.
- TROMBLE, J. M.; RENARD, K. G.; THATCHER, A. P. Infiltration for three rangeland soil-vegetation complexes. **Journal of Range Management**, v. 27, n. 4, 1974.
- TUNDISI, J. CICLO HIDROLÓGICO E GERENCIAMENTO INTEGRADO. **Ciencia e Cultura.**, v. 55, n. 4, 2003.
- Tundisi, Tundisi, 2011 TUNDISI, J. G.; MATSUMURA TUNDISI, T. Água no século 21. São Paulo: Oficina de textos, 2011.



- UHDE, L. T. **Sistema pedológico em um ambiente antropizado da depressão central do RS**. Santa Maria, RS, 2009.
- UMSAKUL, K.; DISSARA, Y.; SRIMUANG, N. Chemical, Physical and Microbiological Changes during Composting of the Water Hyacinth. **Pakistan Journal of Biological Sciences**, v. 13, n. 20, p. 985–992, 1 out. 2010.
- VALVASSORI, M.; BACK, A. Avaliação do potencial erosivo das chuvas em Urussanga, SC, no período de 1980 a 2012. Uso e Manejo do Solo. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, 38 (3), Jun 2014. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832014000300033>
- VASCONCELOS, V.; MARTINS, E.; CARVALHO JUNIOR, O.; MARQUES JUNIOR, J.; SIQUEIRA, S.; COUTO JUNIOR, A.; GUIMARÃES, R.; GOMES, R.; REATTO, A.. Modelo de evolução pedogeomorfológica da Serra da Canastra. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v.14, n.2, (Abr-Jun) p.197-212, 2013 <http://dx.doi.org/10.20502/rbg.v14i2.379>
- VELOSO, A. Importância do Estudo das Vertentes. **GEOgraphia**, v. 4, n. 8, p. 79, 21 set. 2009.
- VIANA, P.C., LIMA, J.G.A., ALVES, A.S., LIMA, R.M.S., MEDEIROS, J.F., PEREIRA, M.M.. Determinação da velocidade de infiltração de água no solo em sistemas de plantio direto e convencional. In: XXV CONIRD – Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem. São Cristóvão - SE. Anais. (2015).
- VIEIRA, A. F. G. **Desenvolvimento e distribuição de voçorocas em Manaus (AM): principais fatores controladores e impactos urbano-ambientais**. Florianópolis, 2008.
- VIEIRA, L. S. **Manual da Ciência do Solo: Com ênfase em Solos Tropicais**. 2. ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 1988.
- VISSOTTO, F. Z.; MONTENEGRO, F. M.; SANTOS, J. M. DOS; OLIVEIRA, S. J. R. DE. Avaliação da influência dos processos de lecitinação e de aglomeração nas propriedades físicas de achocolatado em pó. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 26, n. 3, p. 666–671, set. 2006.
- VITTE, A. C.; MELLO, J. P. DE. CONSIDERAÇÕES SOBRE A ERODIBILIDADE DOS SOLOS E A EROSIVIDADE DAS CHUVAS E SUAS CONSEQÜÊNCIAS NA MORFOGÊNESE DAS VERTENTES: UM BALANÇO BIBLIOGRÁFICO. **CLIMEP - Climatologia e Estudos da Paisagem**, v. 2, n. 2, p. 107–133, 2008.
- VZZOTTO, Vandro Rogério; MARCHEZAN, Enio; SEGABINAZZI, Tommi. Efeito do pisoteio bovino em algumas propriedades físicas do solo de várzea. **Ciência Rural**, [S. l.], v. 30, n. 6, p. 965–969, 2000. DOI: 10.1590/S0103-84782000000600007.
- WALLIS, M.G.; HORNE, D.J. Soil water repellency. *Advances in Soil Science*, 20:91-138, 1992.
- WHITFORD, W. G.; ELDRIDGE, D. J. 12.19 Effects of Ants and Termites on Soil and Geomorphological Processes. *In: Treatise on Geomorphology*. [s.l.] Elsevier, 2013a. p. 281–292.
- WILKINSON, M. T.; RICHARDS, P. J.; HUMPHREYS, G. S. Breaking ground: Pedological, geological, and ecological implications of soil bioturbation. **Earth-Science Reviews**, v. 97, n. 1–4, p. 257–272, dez. 2009.
- WINCANDER, R.; MONROE, J. S.; PETERS, K. **Fundamentos de Geologia**. 1. ed. São Paulo: Tradução e adaptação: CARNEIRO, M. A. - Cengage Learning, 2009.

- WISCHMEIER, W.H. Storms and soil conservation. *J. Soil Water Conservation.*, 17:55-59, 1962.
- 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.
- WOOD, W. W. Role of Ground Water in Geomorphology, Geology, and Paleoclimate of the Southern High Plains, USA. *Ground Water*, v. 40, n. 4, p. 438–447, jul. 2002.
- Wu, L., L. Pan, M. Roberson, and P.J. Shouse. 1997. Numerical evaluation of ring-infiltrimeters under various soil conditions. *Soil Sci.* 162:771–777.
- WU, L.; PAN, M.; P.J. S. Numerical evaluation of ring-infiltrimeters under various soil conditions. *Soil Sci.* 162:771–777, 1997.
- WU, X.; ZHANG, C.; GOLDBERG, P.; COHEN, D.; PAN, Y.; ARPIN, T.; BAR-YOSEF, O. Early Pottery at 20,000 Years Ago in Xianrendong Cave, China. *Science*, v. 336, n. 6089, p. 1696–1700, 29 jun. 2012.
- XU X; LEWIS C; LIU W.; ALBERTSON J.D.; KIELY G. Analysis of single-ring infiltrimeter data for soil hydraulic properties estimation: Comparison of BEST and Wu methods. *Agricultural Water Management*, v. 107, p. 34–41, 2012.
- YORK, R. A.; PATIL, C.; HULSEY, C. D.; STREELMAN, J. T.; FERNALD, R. D. Evolution of bower building in Lake Malawi cichlid fish: phylogeny, morphology, and behavior. *Frontiers in Ecology and Evolution*, v. 3, 27 fev. 2015.
- ZANETTI, R. et al. Manejo integrado de cupins. Lavras: Departamento de Entomologia, Universidade Federal de Lavras, 2010. (Notas de aula da disciplina Entomologia aplicada (ENT-109).
- ZHAO, C. X.; JIA, L. H.; WANG, Y. F.; WANG, M. L.; MCGIFFEN JR, M. E. Effects of Different Soil Texture on Peanut Growth and Development. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, v. 46, p. 2249-2257, 2015. <https://doi.org/10.1080/00103624.2015.1059845>
- ZIMMERMAN, R. W.; KUMAR, S.; BODVARSSON, G. S. Lubrication theory analysis of the permeability of rough-walled fractures. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences & Geomechanics Abstracts*, v. 28, n. 4, p. 325–331, jul. 1991.
- ZOTARELLI, L. A influência do sistema de plantio direto e convencional com rotação de culturas na agregação, acumulação de carbono e emissão de oxido nitroso, num latossolo vermelho distroférico. RJ, 2009.